REPRODUCIBILIDAD DEL TEST DE RECONOCIMIENTO ESPACIAL CON DEMORA (TRED) EN LA EVALUACIÓN DE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO VISO-ESPACIAL DE NIÑOS ESCOLARIZADOS

EDSON ALEXANDER GOMEZ GAMBOA

ESCUELA DE CIENCIAS SOCIALES
FACULTAD DE PSICOLOGIA
BUCARAMANGA
2008

REPRODUCIBILIDAD DEL TEST DE RECONOCIMIENTO ESPACIAL CON DEMORA (TRED) EN LA EVALUACIÓN DE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO VISO-ESPACIAL DE NIÑOS ESCOLARIZADOS

EDSON ALEXANDER GOMEZ GAMBOA

Trabajo de grado:

En la modalidad de proyecto de grado para optar al titulo de psicólogo

Directora:

LIA MARGARITA MARTINEZ GARRIDO

Asesor:

LUIS CARLOS OROZCO VARGAS

ESCUELA DE CIENCIAS SOCIALES
FACULTATAD DE PSICOLOGIA
BUCARAMANGA
2008

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco las condiciones de autonomía proporcionadas por los líderes del Grupo de Neurociencias y Comportamiento, autonomía que me permitió una vinculación más profunda y conceptual con la Neuropsicología Infantil.

Agradezco con vital aprecio al guía de comprensiones Luís Carlos Orozco, con quien pude hacer visibles nuevas y diversas formas de relación con el conocimiento, y establecí puntos de fuga en las intrincadas aguas del positivismo.

Agradezco al maestro Jorge Zarate y a la maestra Sonia Azuero, quienes diseñaron las condiciones pedagógicas para hacer visible, que la relación con el conocimiento es perdible, compleja, incierta, e intensa, y con quienes vivifiqué la importancia de la curiosidad, donde re-signifiqué el valor de la soledad, y donde desaprendí la linealidad de mi pensamiento.

Agradezco a mis compañeros y colegas con quienes entretejimos una y otra vez diversas reflexiones sobre el saber psicológico, y con quienes lento pero sin pausa continuamos dibujando una idea de ser humano.

Agradezco el vinculo de confianza establecido con mi familia, seres humanos con quienes atravesamos inviernos, y primaveras, con quienes aprecio morir a mis temores, a quienes día a día reconozco y acepto como legítimos otros, con quienes comparto el valor de vivir con otros.

Agradezco la compañía de Yesi, una mujer que permeó mi memoria, cobijó mis emociones, e hizo tibia mi estadía en este hermoso lugar nombrado tierra.

Agradezco mi disposición para conocer, para recibir confrontaciones y para diseñar preguntas.

Dedicado a la memoria de mi padre;
quien con su inagotable sensibilidad contracultural,
me mostró del mundo
su incertidumbre,
su vitalidad,
su cambio,
su libertad
y su paz.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN **9**

JUSTIFICACION **11**

OBJETIVOS **15**

- **GENERAL**
- **ESPECIFICOS**

MARCO CONCEPTUAL **16**

HIPOTESIS **47**

METODOLOGÍA **48**

- **TIPO DE INVESTIGACION**
- **DISEÑO**
- **PARTICIPANTES**
- **INSTRUMENTO**
- **PROCEDIMIENTO**

ANALISIS DE RESULTADOS **53**

RESULTADOS **54**

DISCUSIÓN **70**

CONCLUSIONES **84**

RECOMENDACIONES **86**

LISTA DE REFERENCIAS **87**

ANEXOS **101**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Ubicación de la corteza prefrontal dorso lateral……...**20**

Figura2. Modelo de los multicomponentes de la memoria de trabajo.....**31**

Figura3. Desempeño en los tiempos de reacción según el género.....**55**

Figura 4. Desempeño en los tiempos de reacción según el género.....**55**

Figura 5. Desempeño en los tiempos de reacción según la edad.....**57**

Figura 6. Desempeño en los tiempos de reacción según la edad.....**57**

Figura 7. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según el género.....**59**

Figura 8. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según el género.....**60**

Figura 9. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según la edad.....**61**

Figura 10. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según la edad.....**62**

Figura 11. Limites de acuerdo en los tiempos de reacción entre la segunda y tercera sesión.....**64**

Figura 12. Limites de acuerdo en los tiempos de reacción entre la segunda y cuarta sesión.....**65**

Figura 13. Limites de acuerdo en el almacenamiento temporal y control activo de la información espacial entre la tercera y cuarta sesión.....**67**

Figura 14. Limites de acuerdo en el almacenamiento temporal y control activo de la información espacial entre la primera y tercera sesión.....**68**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Desempeño en los tiempos de reacción durante las cinco sesiones según el género ……..**56**

Tabla 2. Desempeño en los tiempos de reacción durante las cinco sesiones según la edad …….....**58**

Tabla 3. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante las cinco sesiones según el género.....**60**

Tabla 4. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante las cinco sesiones según la edad.....**63**

Tabla 5. Intervalos de confianza en las cinco sesiones según los tiempos de reacción (TR).....**65**

Tabla 6. Límites de acuerdo (LA) en las cinco sesiones, según los tiempos de reacción (TR).....**66**

Tabla 7. Límites de acuerdo (LA) en las cinco sesiones según la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial. **69**

Tabla 8. Intervalos de confianza en las cinco sesiones según la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial.....**69**

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO. 1 CONSENTIMIENTO INFORMADO……...…..101

ANEXO. 2 REPORTE DE HISTORIA CLINICA……...104

ANEXO. 3 GRAFICAS DE RESULTADOS CINCO SESIONES.....106

REPRODUCIBILIDAD DEL TEST DE RECONOCIMIENTO ESPACIAL CON DEMORA (TRED) EN LA EVALUACIÓN DE TAREAS DE MEMORIA DE TRABAJO VISO-ESPACIAL DE NIÑOS ESCOLARIZADOS

Edson Alexander Gómez Gamboa, Lía Margarita Martínez Garrido
Bucaramanga/Colombia

RESUMEN

El presente trabajo buscó evaluar la reproducibilidad del Test de Reconocimiento Espacial con Demora en una muestra de niños escolarizados a través del análisis de los tiempos de reacción, los cuales están vinculados a la velocidad de procesamiento cognitivo, y a través del número máximo de estímulos independientes que los niños pueden reconocer y retener en una tarea viso-espacial de lugar con demora en el tiempo. Para esto se trabajó con una muestra de 100 niños entre los 7 y 12 años de edad de un colegio de Floridablanca. Los niños fueron expuestos a la tarea utilizando un programa por computador denominado TREA creado por Chiba (2004), en la tarea se requiere que el sujeto identifique un nuevo estimulo en un conjunto familiar creciente de estímulos presentados seriadamente, evaluando la memoria para el reconocimiento de imágenes que son presentadas en diferentes posiciones en el espacio de la pantalla de un computador. Los resultados del estudio muestran que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la variable género tanto para los tiempos de reacción como para la capacidad de almacenamiento temporal y mantenimiento activo de la información en ninguna de las cinco sesiones de evaluación. Adicionalmente, en la variable edad se encontró diferencia estadísticamente significativa en el grupo de niños de 7 años para todas las sesiones tanto en tiempos de reacción como en capacidad de almacenamiento temporal y mantenimiento activo de la información. Finalmente, los datos asociados con la reproducibilidad del Test permitieron establecer unos límites de acuerdo entre las diferentes sesiones de evaluación, tanto para los tiempos de reacción como para la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información, lo cual muestra que el TRED es reproducible en niños escolarizados.

Palabras clave: Reproducibilidad, Test de Reconocimiento Espacial con Demora, (TRED), memoria de trabajo viso-espacial, edad, género, niños escolarizados.

REPRODUCIBILITY TEST OF SPATIAL RECOGNITION WITH DELAYED (TRED) IN THE EVALUATION OF VISUO-SPATIAL WORKING MEMORY IN SCHOOL-HOOD CHILD

Edson Alexander Gomez Gamboa, Lia Margarita Martinez Garrido
Bucaramanga/Colombia

ABSTRACT

The object of the present study is to evaluate the reproducibility of the test of spatial recognition with delay (TRED) in the evaluation of visuo-spatial working memory in school children through the analysis of response times, which are linked to the speed of cognitive processing, and through the maximum number of independent stimuli children can recognize and retain in a visuo-spatial task of place with a delayed time. For this we worked with a sample of 100 children between 7 and 12 years old, from a Floridablanca school. The children were exposed to the task using a computer program called TREA created by Chiba (2004), the task requires the child to identify a new stimulus inside of a familiar group of stimuli that had been presented in a serial way, evaluating the memory for recognizing images that are presented at different positions within the space of a computer screen. The study results showed that there were no statistically significant differences in terms of both gender (male /female) or in the variable reaction times for the temporary storage and active maintenance of the information in each of the five evaluation sessions. Additionally, in the variable age was found a statistically significant difference in the group of children aged 7 years for all sessions in the variables reaction times and ability to temporary storage and active maintenance of the information. Finally, the data associated with the reproducibility of the test allowed to establish limits of agreement between the different evaluation sessions for both response times and for the temporary storage capacity and active control of the information.

Keywords: Reproducibility, Recognition Test Space with Delayed, (TRED), visuo-spatial working memory, age, gender, school hood children.

JUSTIFICACION

La memoria es uno de los secretos más celosamente guardados de la naturaleza, su estudio ha experimentado uno de sus mayores cambios en los últimos 30 años y ha propiciado una eclosión terminológica, conceptual y metodológica, que no es independiente de su propia historia, ni es independiente de las diferentes disciplinas que han contribuido a su desarrollo (neurobiología, biología molecular y neurociencias en general) (Llorente-Vizcaíno & Cejudo, 2001), dicha eclosión terminológica y metodológica ha dado como uno de sus resultados el concepto de *memoria espacial*, el cual refiere a un proceso básico asociado con la supervivencia y que no sólo es aplicable a los humanos, sino también a los animales no humanos, aportando ventajas de tipo evolutivo. Con respecto a esto, Santín & Rubio (2000) exponen que la mayoría de los animales necesitan disponer de un buen sistema de *orientación espacial* para organizar sus conductas en el entorno que habitan. En el caso de los animales no humanos, numerosas conductas, como las alimenticias y reproductivas, dependen de este conocimiento del entorno. Estos mismos autores explican, por ejemplo, que en condiciones naturales las ratas encuentran habitualmente el alimento y el agua en determinados lugares del espacio y, por ello, han de emplear algún tipo de estrategia de navegación que les permita localizar y recordar el lugar donde se encuentra la comida.

Por otro lado, Ballesteros, (1999) plantea que la memoria se ha ido desarrollando a lo largo de la historia de la especie para responder a las necesidades de adaptación al medio y de la selección natural. La identificación del individuo peligroso, el recuerdo del lugar que constituye un refugio seguro donde resguardarse de las inclemencias y el recuerdo del lugar donde se encuentran los alimentos, han debido ser fundamentales para la supervivencia del individuo y para la adaptación de las especies. Pero si existe un tipo de memoria espacial en las aves, reptiles, humanos, que les permite orientarse en el entorno, y responder a las exigencias del ecosistema ¿cómo identificar las condiciones bajo la cuales se utiliza este tipo de memoria? Es así como diversos grupos de investigación se han dado a la tarea de responder a esta pregunta, encontrando como

respuesta, la creación de múltiples pruebas para evaluar la memoria, entre estos grupos de investigación se encuentra el Grupo de Neurociencias y Comportamiento de la Universidad de Brasilia, donde se creó un test computacional, denominado Test de Reconocimiento Espacial con Demora (TRED), para evaluar la memoria espacial en estudios con primates humanos y no humanos (Rabello, 2006). Pero ¿se puede reproducir con otras muestras poblacionales y en contextos diferentes al brasileño, ¿especialmente en la población infantil? Tomando como referencia el trabajo de Rabello, (2006) el Grupo de Neurociencias y Comportamiento de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) a través del presente estudio, buscó determinar dicha reproducibilidad con el fin de investigar y aportar herramientas para evaluar la memoria en niños. Ahora, ¿qué sentido tiene evaluar la memoria en la población infantil? Frente a esto, Soprano, (2003) plantea que la importancia de evaluar la memoria en los niños y adolescentes se evidencia cuando se piensa en la cantidad de trastornos que afectan a la población pediátrica y en los cuales la memoria parece estar involucrada.

Es por lo anterior que la presente investigación, está sustentada en dos criterios fundamentales. Primero, en la importancia que tiene para el saber neuropsicológico, contar con nuevos instrumentos que aporten a la evaluación de procesos cognitivos como la memoria y la atención, y a su vez, a la identificación de las alteraciones de dichos procesos, ya que el establecimiento de criterios descriptivos y la consolidación de protocolos de evaluación, son un aporte al desarrollo de la neuropsicología clínica. En relación a esto Rosselli-Cock, (2004) exponen que existe poca información sobre el desarrollo cognitivo y la evaluación neuropsicológica en niños y adolescentes hispanohablantes. La gran mayoría de las baterías neuropsicológicas infantiles se han diseñado en otros ambientes culturales y en otros idiomas, y, al traducirse y aplicarse en países hispanohablantes, es inapropiado utilizar las normas y los índices originales de confiabilidad y validez, ya que, por un lado, se necesitan datos normativos recolectados propios de la población a la que pertenece el sujeto evaluado y, por otro, las variables tales como el sexo, el nivel socioeconómico y las características de la escolarización pueden tener un impacto diferente en distintos medios culturales. En lo que refiere a la variable género, Gilmartin & Patton, (1984) argumenta que dentro de la gama de variaciones normales en la capacidad espacial, una generalización que emerge de los

diseños de investigación es que los hombres son más hábiles que las mujeres en tareas espaciales, esto se ha aceptado extensamente y se ha aplicado a una variedad de actividades viso-espaciales. Sin embargo, la misma autora sugiere que los factores educativos o experienciales pueden influir sobre el desempeño en tareas de este tipo, llevando por ejemplo a que las mujeres superen cualquier desventaja temprana en el desempeño en tareas donde se utilicen mapas.

Adicionalmente a esto, Soprano, (2003) afirma que un buen rendimiento mnemónico en tests neuropsicológicos depende de capacidades innatas, pero también de todo un conjunto de factores que interactúan con esa base biológica y entre sí. Dentro de estos factores, adquieren gran relevancia los conocimientos previos y las estrategias, además de los intereses, motivaciones y aspectos afectivo-emocionales y socioculturales del niño. Segundo, en la relevancia científica, al complementar los protocolos de evaluación neuropsicológica a nivel investigativo y clínico, específicamente en lo referente a la evaluación del desempeño en tareas de memoria espacial, aportando al mejoramiento de las condiciones para la recolección de los datos. Adicionalmente, contar con un test que cumpla con el criterio de reproducibilidad, como lo plantea Soprano, (2003) presenta innegables ventajas, permitiendo una estimación más objetiva, fuertemente estructurada, cuantitativa y sensible a la identificación del cambio y de los déficit. Por esto, es vital para la neuropsicología infantil, tener las condiciones para evaluar la memoria espacial en niños escolarizados, ya que de esta manera se busca describir y correlacionar variables como la edad y el género con tareas de memoria espacial y complementar los protocolos de evaluación que en la actualidad se están manejando.

De igual forma, es importante resaltar que resultados asociados a la utilidad del TRED para la evolución de tareas asociados a la memoria viso-espacial en una población de niños escolarizados, permitirá a mediano plazo en otras investigaciones vinculadas a la línea de investigación de Desarrollo en Neuropsicología Clínica, trabajada al interior del Grupo de Neurociencias y Comportamiento de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), comparar los resultados con los obtenidos de la aplicación del TRED en un grupo de niños con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH); permitiendo construir nuevas condiciones para la evaluación

que propendan a la objetividad y a nuevas comprensiones en torno a este trastorno en el contexto educativo y clínico, con la finalidad de brindar más y mejores herramientas de evaluación y de esta manera tener la posibilidad de diseñar intervenciones, al igual que aportar posteriores estudios que se realicen en la misma línea de investigación o en otras disciplinas que estudien el TDAH, ya que como lo expone Soprano, (2003) si bien en esta última década se han producido interesantes avances, en el futuro seria deseable poder contar con nuevos tests clínicos basados en datos normativos actualizados, tanto de grupos de sujetos en condiciones de escolarización, como de grupos con patología cerebral conocida. Se requieren instrumentos que tengan una base teórica más sólida y además un mayor conocimiento de la relación de los tests de memoria con los de inteligencia y demás funciones cognitivas desde la perspectiva del neurodesarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿Es reproducible el Test de Reconocimiento Espacial con Demora en la evaluación de tareas de memoria de trabajo viso-espacial de niños escolarizados?

¿Cuál es el desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial de niños escolarizados, a partir de la aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora?

¿Existe correlación entre el desempeño de tareas de memoria de trabajo viso-espacial y las variables género y edad de niños escolarizados, a partir de la aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora?

OBJETIVOS

General

Establecer la reproducibilidad del Test de Reconocimiento Espacial con Demora en la evaluación de tareas de memoria de trabajo viso-espacial de niños escolarizados.

Específicos

1. Evaluar el desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial de niños escolarizados, a partir de la aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora.

2. Correlacionar el desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial con los variables género y edad de niños escolarizados, a partir de la aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora.

MARCO CONCEPTUAL

La capacidad de manipular la información en la memoria por cortos períodos de tiempo se ha llamado memoria de trabajo y constituye un elemento crucial para las funciones cognoscitivas más altas

Compte, & Constantinidis, (2003)

En el siguiente marco conceptual se presenta una descripción teórica general sobre el concepto de memoria. Adicionalmente, teniendo en cuenta que la memoria de trabajo viso-espacial es el concepto central de la presente investigación, se expone su definición y descripción neurobiológica. Por otro lado, se aborda el paradigma sobre tareas de respuesta con demora en el tiempo, el cual es el utilizado en el TRED y, finalmente se describen algunos tests que se han diseñado y que son utilizados en la evaluación neuropsicológica de la memoria.

Uno de los principales objetivos en el campo de las Neurociencias es entender los mecanismos neuronales involucrados en la codificación de la memoria. Los neurofisiólogos aceptan que el aprendizaje es el proceso por medio del cual se adquieren nuevos conocimientos acerca de los eventos del mundo, y la memoria se refiere a los procesos mediante los cuales se retienen y evocan dichos conocimientos (Balderas & Bermudez, 2004). El estudio de las bases anatómicas de la memoria constituye un aspecto central y fundamental para las neurociencias, debido a que en la actualidad, se conciben los procesos de memoria como una función de la actividad del cerebro, la cual se representa como un todo. Sin embargo, no significa que la memoria sea considerada una entidad unitaria e indivisible, de tal forma que dependiendo de las características temporales y del contenido almacenado, diversos subsistemas de la memoria han sido descritos, y cada uno de ellos estaría representado por diferentes estructuras neurales, las que a su vez interactúan entre sí, permitiendo el funcionamiento integral del sistema (Passig, 1995).

Es por lo anterior, que para conceptuar la memoria se hace adecuado reconocer las construcciones conceptuales que investigadores y grupos de investigación han hecho al respecto. En este sentido Estévez, Sánchez & Bordas, (1997) explican que en gran

medida el hombre es el resultado de sus recuerdos, gracias a una función cerebral denominada memoria, que al recordar el pasado también guía y fundamenta la conducta futura. Dichos autores plantean que la memoria es un proceso neurocognitivo que permite registrar, almacenar, consolidar y recuperar la información; su principal papel posiblemente radica en proporcionar información del pasado, ya que en ella persiste la información en el tiempo. De ahí que la medida de 'tiempo' sea uno de los parámetros adecuados a la hora de desmenuzar los procesos mnémicos.

Al documentar una función neuropsicológica como la memoria, es importante tomar la comprensión que de ésta hacen Carrillo & Casanova, (2004) al plantear que ha quedado atrás el concepto en donde la memoria era una simple impresión de huellas que se conservaban y se reanimaban o reproducían de acuerdo con la necesidad; en la actualidad, resultado de las investigaciones realizadas desde el saber neuropsicológico se ha encontrado que ya no se habla de memoria sino por el contrario de memorias, pues como lo describe Ballesteros, (1999) el hecho de hablar normalmente de *memoria* en singular, podría hacer pensar que la memoria humana es un sistema único. Sin embargo, la psicología experimental de la memoria ha mostrado la existencia de distintas memorias, cada una con características, funciones y procesos propios; recientemente Carrillo & Casanova, (2004) han planteando que la memoria es un sistema funcional complejo, activo por su carácter, que se despliega en el tiempo en una serie de escalones sucesivos y que se organiza en diferentes niveles.

En este sentido la memoria se refiere a las experiencias y a la información que se evoca, entendiéndose como un proceso de retención de las experiencias aprendidas, puesto que está involucrada en todas las actividades mentales. Frente a esto, Baddeley citado por Soprano, (2003) argumenta que la memoria no es un sistema unitario, sino una red de sistemas interactivos, cada uno capaz de registrar y almacenar información y hacerla disponible para su recuperación, es por esto que sin esta capacidad de almacenamiento de la información no se podría percibir adecuadamente, aprender del pasado, comprender el presente o planificar para el futuro, ya que la memoria no sólo almacena y recupera información, sino que en ésta también se imbrican procesos que construyen y reconstruyen parte de esa información y que a pesar de su gran poder para almacenar prácticamente todo, la memoria humana es muy vulnerable a variables

internas y externas, responsables que en ocasiones, se alteren o distorsionen o incluso se pierdan los recuerdos. Adicionalmente a lo anteriormente expuesto, Etchepareborda, & Abad–Mas, (2005) plantean que la memoria es la capacidad de retener y de evocar eventos del pasado, mediante procesos neurobiológicos de almacenamiento y de recuperación de la información básica en el aprendizaje y en el pensamiento.

Es así como a partir de la identificación de la vulnerabilidad de la memoria, se hace relevante mencionar los aspectos relacionados con su neurobiología, y las estructuras neuroanatómicas involucradas, específicamente en la memoria de trabajo viso-espacial, que es el interés de la presente investigación. Goldman-Rakic, (1987) llevó a cabo una serie de experimentos para poner a prueba la memoria de trabajo espacial de primates no humanos. En estos experimentos se puso de manifiesto la comprensión de los procesos que subyacen a la memoria de trabajo, como lo es la existencia en la corteza prefrontal de neuronas que poseen campos de memoria. Éstas son neuronas que pasan a un estado de activación durante el periodo de demora de presentación de un estímulo, iniciando su actividad cuando el estímulo desaparece, siendo capaces de mantener la representación mental del estímulo con el que está relacionada la respuesta. Estos hallazgos han sido también corroborados por estudios de lesión en primates no humanos. El objetivo de esta autora fue estudiar las bases anatómicas de la memoria de trabajo y una vez que determinó que la corteza prefrontal es el área responsable de este tipo de memoria, trató de localizar más concretamente la zona, por lo que se dirigió a una parte específica de la corteza prefrontal, la corteza próxima al surco principal, una cisura profunda que presenta una compleja red de conexiones y, de la que distintas referencias señalan su participación en las funciones visuales y espaciales que se hallan implicadas en la memoria de trabajo. Apoyando estas investigaciones Nelson, (2000) analiza cómo la corteza frontal inferior izquierda demostró más actividad sostenida durante la memoria de trabajo necesaria para identificar rostros que durante la utilización de la memoria de trabajo espacial. Así, en adultos no humanos y en primates humanos, las estructuras dorsales de la corteza frontal pueden estar implicadas de manera importante en la memoria de trabajo espacial, y las estructuras ventrales pueden estar más implicadas en la memoria de trabajo para la información no espacial. Además del funcionamiento de la corteza prefrontal, la región

parietal y la corteza anterior del giro del cíngulo, también exhiben actividad durante tareas espaciales de la memoria de trabajo. Capilla et al., (2004) exponen que estudiando el cerebro del niño, se tiene la oportunidad de ver, de manera resumida, cómo se ha construido la cognición humana y su máximo avance filogenético, explican estos autores que la corteza prefrontal, es importante para muchas y muy diversas funciones cognitivas y para todo aquello que hace estar orgullosos de ser humanos. Al respecto Wang, Johnson & Zhang, (2001) explican que aunque se ha convenido que la cognición espacial es mediada por el cerebro, sólo en estos últimos años se han obtenido los detalles de la mediación del cerebro en la cognición espacial, llegando a ser cada vez más claros, gracias a los avances en neurología, neuropatología, y en la proyección de la imagen del cerebro. Un detalle importante se refiere al reconocimiento del aumento que existe en relación a las múltiples separaciones de los sistemas interdependientes del cerebro que son especialmente cruciales para el tratamiento de la información espacial, y cada uno de ellos adopta el esquema distintivo de manera representacional y lleva a cabo así diversas vistas del espacio. Uno de estos "centros del espacio" es la corteza parietal. Siguiendo en ésta línea se ha encontrado que la corteza parietal, particularmente la corteza parietal posterior, tiene una de las funciones espaciales más significativas, subyacentes de los substratos neurales importantes en seres humanos y primates.

Neuroanatómicamente, la corteza parietal posterior dorsal es responsable de establecer las coordenadas espaciales de un lugar ("dónde"), además, recibe proyecciones de modalidades sensoriales múltiples, incluyendo la representación visual, somatosensorial y auditiva; también recibe entradas del circuito colicular subcortical, que consiste en el *coliculo superior y el pulvinar* y se piensa está relacionado con el control de la orientación espacial y del movimiento del ojo. Así mismo Carpenter, Just, Keller, & Eddy, (1999) explican que otra región frontal, en la cual se demostraron cantidades pequeñas de activación, es la corteza prefrontal dorsolateral, región que se asocia a menudo al sistema ejecutivo central que procesa las tareas complejas. Una cierta activación en esta región, conjuntamente con la activación en la región temporal parietal inferior, puede representar la activación de las redes que ayudan a mantener y a

procesar la información viso-espacial y, por lo tanto, algunos de los componentes que constituyen el sistema de la memoria de trabajo viso-espacial.

Por otro lado, las investigaciones realizadas por Kwont, Reiss & Menon, (2002) evidenciaron, a través de un análisis de regresión múltiple, las contribuciones relativas de la edad y del funcionamiento de la activación. Éstos resultados proporcionan la evidencia más fuerte hasta la fecha sobre la especialización funcional de las regiones específicas del cerebro implicadas en memoria de trabajo viso-espacial, independiente de los cambios del funcionamiento. El patrón de desarrollo funcional prolongado de la corteza prefrontal (CPF) y de la corteza parietal posterior (CPP) durante la memoria de trabajo es constante con la maduración morfológica en estas regiones. Esta maduración funcional se extiende más allá de la corteza prefrontal dorso lateral (CPFDL) a otras regiones de la corteza prefrontal (CPF) así como a la corteza parietal posterior (CPP).

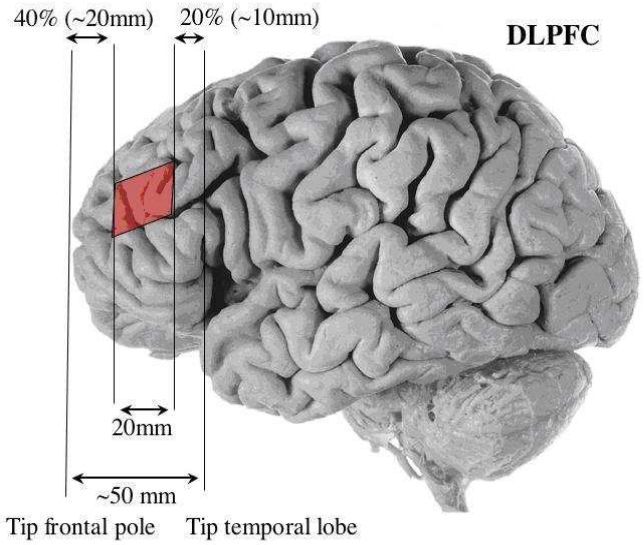


Figura 1. Área topográfica de ubicación de la Corteza Prefrontal Dorso Lateral (CPFDL). Tomado de Al-Hakim, R., Fallon, J., Nain, D., Melonakos, J., & Tannenbaum, A. (2006) *A Dorsolateral Prefrontal Cortex Semi-Automatic Segmenter.* ***SPIE Medical Imaging.***

De igual forma Ungerleider, Courtney & Haxby, (1998) explican que los resultados obtenidos a través de la proyección de la imagen funcional del cerebro, han demostrado la existencia de áreas en la corteza cerebral humana con características de respuesta similares a las descritas en monos: (I) áreas visuales tempranas en la corteza

occipital con respuestas relativamente no selectivas a los estímulos complejos o significativos; (II) áreas visuales más posteriores en la corteza temporal con respuestas selectivas a los estímulos significativos, tales como caras, (III) áreas en cortezas temporales y prefrontales con actividad sostenida durante la demora. Estos resultados sugieren que las células prefrontales puedan ser las autoras principales durante el periodo de demora. En este aspecto Koechlin, Corrado, Pietrini & Grafman, (2000) argumentan que la corteza prefrontal en seres humanos favorece funciones ejecutivas tales como, gerencia y planeamiento de tareas, dichos autores han divulgado que los pacientes con lesiones a nivel prefrontal tienen deterioro para las situaciones de manejo de múltiples tareas. En sus experimentos han encontrado activaciones de la corteza prefrontal anterior durante la solución de problemas con tareas que requieren realizar secuencias de movimientos. La corteza prefrontal anterior, en asociación con la corteza premotora, permiten procesos ejecutivos básicos incluyendo el mantenimiento de la información en la mente en un cierto plazo (memoria de trabajo) y la asignación del recurso atencional entre las tareas sucesivas (cambio de tarea).

Así mismo Leung, Oh, Ferri & Yi, (2006) argumentan que sus estudios recientes han demostrado que las porciones de la corteza premotora dorsal, están activadas en tareas cognoscitivas y que ésta manifiesta especialización funcional a lo largo del eje rostro-caudal, donde funciones cognoscitivas como la atención implican operaciones de la porción rostral, de la corteza motora (programación), y de la porción caudal. Estos autores exponen que la activación de la corteza premotora dorsal se asoció a la memoria de trabajo espacial la cual está cerca del surco frontal superior (SFS) y del surco precentral (Áreas de Brodman 6/8), que es generalmente rostral y dorsal a los campos frontales del ojo funcionalmente definidos (OFF).

Por otro lado, Vuontela, Steenari, Carlson, Koivisto, Fjällberg & Aronen, (2003) explican que el desarrollo fisiológico y la organización de la corteza prefrontal que continúa a través de la niñez y la adolescencia están acompañados por el desarrollo de capacidades cognoscitivas como la memoria y la atención de trabajo. De igual forma Funahashi, (2006) expone que la memoria de trabajo se ha considerado como un sistema neuronal que proporciona el mantenimiento temporal y activo de la información necesaria, que a su vez permite un proceso dinámico, integrativo, y la evocación de la

información temporalmente mantenida para realizar una variedad de tareas cognoscitivas. Este investigador argumenta que la Corteza Prefrontal Dorsolateral (CPFDL) se activa durante el período de demora utilizado en tareas de memoria de trabajo.

De manera más específica Van der Velde & De Kamps, (2003) explican que los estudios de neuroimagen funcional han demostrado particularmente que la corteza prefrontal ventral (CPFV) está implicada en el mantenimiento de la información para la memoria de trabajo visual. Al contrario de los estudios con animales, estos estudios de neuroimagen no revelaron una distinción entre la información espacial y la información de las características del objeto en el momento de la activación de la corteza prefrontal. Sin embargo, se encontró una distinción entre la corteza prefrontal ventral (CPFV) y la corteza prefrontal dorsal (CPFD), mientras que la CPFV estuvo implicada principalmente en el mantenimiento de la información, la CPFD aparecía implicada en las operaciones que manipulan la información que se mantiene en el funcionamiento de la memoria visual. De esta forma Rizzuto, Mamelak, Sutherling, Fineman, & Andersen, (2005) manifiestan que la corteza prefrontal (CPF) proporciona la base fisiológica para la integración y el ejecutivo multimodal que procesan el comportamiento meta-dirigido subyacente. Imágenes de resonancia magnética funcional humana (fMRI) sobre la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral con respecto a los movimientos del ojo, demuestran la activación creciente en esta área cuando la memoria de trabajo espacial está en uso. Al respecto Slotnick, (2005) usando la técnica de registro extracelular de única célula (*Single-cell recording*)[1] en primates no humanos, argumenta que la corteza frontal dorsal se ha asociado a la memoria de trabajo para la localización espacial, y la corteza frontal ventral se ha asociado a la memoria de trabajo para la identidad del objeto. Este mismo autor, usando un procedimiento similar con neuroimagen funcional en seres humanos, encontró que la actividad relacionada con la memoria de trabajo espacial y de las características del estímulo se halla en la corteza frontal dorsal y ventral, y especialmente en el surco frontal superior (SFS). Paralelamente en otras

[1] Es un método utilizado en la investigación neuropsicológica cognitiva para observar los cambios de voltaje o corriente en una célula. Un electrodo se inserta dentro del cerebro del animal para registrar los cambios eléctricos de la neurona.

investigaciones (Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002) se argumenta que los movimientos del ojo relacionados con la memoria de trabajo están referidos a las actividades de la intersección del surco frontal superior y del surco precentral. Sin embargo, en esta investigación se encontró que la actividad relacionada con el movimiento del ojo se extiende adelante del surco precentral, mientras que la actividad relacionada con la memoria de trabajo se extiende a lo largo del surco frontal superior, siendo constante con la localización de la actividad relacionada con la memoria de trabajo y con la actividad relacionada con el movimiento del ojo.

Por otro lado, Awh, Jonides, & Reuter-Lorenz,, (1998) proponen que la corteza frontal y parietal poseen mecanismos que participan en la atención, de esta manera, la atención espacial durante el intervalo de retención facilita la activación prolongada de representaciones espaciales específicas en la memoria de trabajo. Adicionalmente, dichos autores plantean que la memoria de trabajo espacial y la atención selectiva espacial se dan por una imbricación considerable en los sitios corticales que participan en estas tareas.

Lebedev, Messinger, Kralik, & Wise, (2004) replicaron la idea de que la corteza prefrontal (CPF) funciona predominante en la memoria para el mantenimiento temporal de un estímulo y que la actividad durante el periodo de demora (tiempo durante el cual se retiene la representación mental del estímulo), en dicha corteza, tiene a menudo interpretaciones que lo definen como un rastro en la memoria. La actividad durante el periodo de demora se aplica a la actividad neuronal que sigue después de la presentación transitoria de un estímulo, de una instrucción y de su persistencia hasta el siguiente estímulo.

A si mismo McCarthy et al., (1994) expresan que la memoria de trabajo proporciona el almacenamiento temporal de la información para las capacidades cognoscitivas incluyendo la comprensión y razonamiento. En un estudio con primates no humanos (macacos de la India) realizado por estos autores, se estableció que las tareas de memoria de trabajo espacial requieren un breve almacenaje de la información espacial a través del campo visual, por tal razón se vinculan las neuronas del surco principal en la corteza prefrontal medial dorsolateral. Este trabajo sugiere que las áreas de la corteza prefrontal dorsolateral, en virtud de sus conexiones extrínsecas y de sus

características fisiológicas, se especializa para procesar la información espacial en la memoria de trabajo. En los macacos, una cierta activación también fue observada en el giro del cíngulo anterior y a la izquierda de las áreas frontales medias interconectadas con el área 46. De igual forma Oliveri et al., (2001) sugieren la existencia de una segregación anatómica, en las regiones corticales posteriores del cerebro, implicadas en la retención de la información visual y de localización espacial de objetos. La corteza parietal posterior dorsal, implicada en la percepción espacial, actúa como almacenador intermediario de la información espacial; la corteza infero-temporal, implicada en ofrecer la percepción de las características del estímulo, también desempeñaría un papel en el almacenamiento de la información de dicho estímulo. Así mismo, Teixeira, Pomedli, Maei, Kee, & Frankland, (2006) explican, que la corteza prefrontal medial (CPFM) desempeña un papel dominante en la expresión de la memoria a largo plazo; argumentando que esta corteza está conformada por varias regiones altamente interconectadas, incluyendo la corteza anterior del cíngulo (CAC), y las cortezas pre-limbicas e infra-limbicas; además plantean que estas regiones están conectadas de manera recíproca con las regiones sensorial, motora, y la corteza límbica y ellas por lo tanto se sitúan para integrar y sintetizar idealmente la información de una gran cantidad de diversas fuentes. Los resultados de los estudios realizados por los anteriores autores, muestran que al afectar la actividad en la corteza parahipocampal dorsal (CPHD) o en la corteza anterior del cíngulo (CAC), a través de técnicas farmacológicas, se interrumpe totalmente la expresión de la memoria espacial a largo plazo. Por ejemplo, lesiones del área dorsolateral de la corteza *entorhinal* interrumpen la expresión de la memoria espacial previamente adquirida.

Tsujimoto, Kuwajima, & Sawaguchi, (2007) explican a través de un estudio centrado en la memoria de trabajo y en la respuesta inhibitoria (RI), que las áreas laterales de la corteza prefrontal (CPFL) desempeñan un papel crítico en la ejecución de tareas que implican dichas funciones. Estos estudios de la morfología del cerebro han demostrado que la CPFL, en seres humanos, experimenta una maduración considerable durante la niñez temprana (entre las edades de 2 y 7 años), incluyendo una reducción dramática en la densidad neuronal, una extensión marcada en los árboles dendríticos de las células piramidales, y un aumento en el volumen de la materia gris y blanca. Por lo

tanto, el período de la niñez temprana es la edad para enseñar, por que es importante en el desarrollo de la función de la CPFL.

Miyashita, Tabuchi & Tanaka, (2003) exponen que los circuitos corticales prefrontales están vinculados en tareas de memoria de trabajo. Estos investigadores han sugerido que este circuito puede realizar operaciones cognoscitivas fundamentales incluso con múltiples estímulos. Además agregan que otras áreas corticales y estructuras subcorticales pueden estar implicadas en el proceso de memoria de trabajo. Integrado a este análisis pero estudiando la participación del hipocampo en los procesos nemónicos de ratas, O'keefe, & Dostrovsky, (1971), dos de los pioneros en la investigación de la neurobiología de la memoria, al hablar de células de lugar en el hipocampo, manifiestan que la evidencia preliminar de la actividad en ratas con daño hipocampal, revela hiperactividad en diferentes ambientes, "perseveración" y resistencia a la extinción de las tareas que han aprendido, haciendo caso omiso de los cambios drásticos en su ambiente, y desempeños pobres en tareas espaciales tales como laberintos y tareas que requieren la alteración de respuestas en ensayos sucesivos; este déficit podría ser debido a una lesión del sistema neural que proveen al animal su cognición, o mapa espacial de su ambiente. Estos resultados sugieren que el hipocampo provee al resto del cerebro un mapa espacial de referencia y que la actividad de células en tal mapa especificaría la dirección en la cual la rata señala marcas ambientales en relación con modalidades táctiles y particularmente visuales.

De igual forma Broadbent, Squire, & Clark, (2004) describen que la región hipocampal (campos del CA, circunvolución del cerebro dentado, y el complejo subicular) es parte de un sistema anatómico relacionado con las estructuras del lóbulo temporal intermedio, el cual es importante en la memoria de los mamíferos. También explican que en seres humanos, monos, y roedores, el daño de esta región deteriora el funcionamiento de una variedad de tareas de aprendizaje y de memoria. En este sentido, tales autores argumentan, en relación a la memoria espacial y la memoria de reconocimiento, que el desempeño de la memoria espacial requiere más tejido hipocampal que el desempeño de la memoria de reconocimiento, aportando a la comprensión de las estructuras involucradas en la memoria espacial.

Como complemento, con su estudio sobre la participación del hipocampo en la memoria, Kumaran, & Maguire, (2005) explican que existen muchas visiones referentes a la naturaleza de la contribución hipocampal a la memoria. Sin embargo, la opinión de que el hipocampo humano actúa sobre todo para crear las representaciones del ambiente físico se debe interpretar dentro del contexto de una abundancia de evidencias de los análisis neuropsicológicos de pacientes amnésicos y de estudios de neuroimagen en personas sanas, sugiriendo que el hipocampo del ser humano desempeña un papel no sólo en memoria espacial sino en muchos otros aspectos de la memoria. De manera similar Gilbert, Kesner, & DeCoteau, (1998) manifiestan que el hipocampo se ha asumido para favorecer un número de procesos incluyendo, la separación espacial y temporal de los acontecimientos asociados a las representaciones temporales de la memoria y las representaciones de la nueva información espacial de la memoria a corto plazo o de la memoria de trabajo, es decir, de la consolidación de la nueva información.

Good, (2002) argumenta que hay un cuerpo teórico cada vez mayor que evidencia, que la formación hipocampal en seres humanos contribuye a la codificación y a la recuperación de la información espacial (topográfica). Los resultados de su estudio con neuroimagen en seres humanos se relacionan con los realizados en ratas y primates, demostrando que un déficit en el proceso de navegación espacial, resulta del daño hipocampal.

Por otro lado, Yan, et al., (2002) a través de su estudio sobre los sustratos neuroanatómicos, explican que el hipocampo se ha identificado como la estructura del cerebro necesaria para procesar ciertas clases de aprendizaje y de memoria. Estos autores plantean que en seres humanos el retiro del lóbulo temporal medial, incluyendo el hipocampo, da lugar a un déficit para recordar la información adquirida recientemente. Déficit similar se encontró en pacientes con lesiones más restrictas del área hipocampal CA1. Este estudio del comportamiento indica que los animales con lesiones hipocampales también demuestran funcionamiento deteriorado en una variedad de tareas de aprendizaje espacial, por lo tanto, se piensa que el hipocampo desempeña un papel evolutivo para la conservación del aprendizaje espacial y la memoria. Esto es explicado por Lee & Kesner, (2003) quienes exponen que el hipocampo dorsal llega a ser esencial una vez que la tarea de memoria de trabajo espacial exige periodos de

tiempo que excede el sistema de memoria a corto plazo. Lo anterior se explica porque la corteza prefrontal medial (CPFM) puede no tener una arquitectura neural conveniente para retener coordenadas espaciales por varios segundos, entonces, las redes recurrentes dentro del hipocampo dorsal (ejemplo, CA3), con la ayuda de la circuito celular parahipocampal del hipocampo, pueden mantener la información espacial por un período más largo, comparado con el CPFM.

Ya en otras investigaciones orientadas a determinar la especificidad de las áreas implicadas en la memoria de trabajo espacial, Lee & Kesner, (2003) explican basados en los resultados de su estudio, que la debilitación en la adquisición de la memoria de trabajo espacial se presenta siempre que las lesiones son producidas en las subregiones hipocampales que contienen redes recurrentes, es decir, el giro dentado (GD) y el área CA3, pero no el área CA1, donde no se ha observado una red tan recurrente. Un patrón similar del déficit observado en el GD y el área CA3 sugiere que ambas redes recurrentes pueden hacer contribuciones conjuntas críticas al desarrollo inicial de la memoria de trabajo espacial.

Meilandt, Barea-Rodríguez, Harvey, & Martínez, (2004) han demostrado que los receptores opioides en la región dorsal CA3 del hipocampo desempeñan un papel importante en la adquisición y la recuperación de la memoria espacial. El bloqueo de estos receptores opioides deteriora perceptiblemente la adquisición del aprendizaje espacial en animales inexpertos y pre-entrenados, pero, sin causar déficit sensoriomotor, también se deteriora perceptiblemente el índice de la memoria espacial y se genera déficit en la recuperación de la memoria después de un intervalo de retención de 6 días, según lo evaluado por el desempeño durante la prueba de ensayo. Sin embargo, los animales pueden aprender una nueva tarea una vez que los niveles del receptor se restablezcan.

Overman, Pate, Moore, & Peuster, (1996) agregan otro nivel de complejidad a esta situación, argumentado que el sistema hipocampal no es el único intermediario del comportamiento espacial. Daños en la corteza parietal y frontal pueden dar lugar a una variedad de déficit en el funcionamiento espacial, de hecho, el desempeño en tareas de navegación (ejemplo, la tarea de Morris) es afectado por lesiones en el hipocampo o en la corteza frontal intermedia. Recientemente otra investigación (Diamond, Briand,

Fosella, & Gehlbach, 2004) se ha orientado a las implicaciones que los neurotransmisores vinculados a estas estructuras neuroanatómicas y regiones corticales tienen en el desempeño animal en tareas de localización viso-espacial. Se investigó cómo la dopamina es críticamente importante para las funciones de la corteza prefrontal dorsolateral, los resultados explican que la reducción o el bloqueo de la dopamina en la corteza prefrontal dorsolateral (áreas de Brodmann 9, 46) produce déficit en las tareas que son dependientes de esta región y que requieren memoria e inhibición de trabajo, tal como la tarea de respuesta con demora en el tiempo, dicho déficit es comparable al producido lesionando la corteza prefrontal dorsolateral en conjunto. La inyección local de los antagonistas selectivos de la dopamina (D1) en la corteza prefrontal dorsolateral deteriora el funcionamiento en tales tareas de memoria espacial.

Lo anterior es complementado por Chadderdon & Sporns, (2006) quienes argumentan que los experimentos farmacológicos han proporcionado evidencia de que el funcionamiento de las tareas de memoria de trabajo es dependiente de lo niveles de Dopamina (DA) en la corteza prefrontal. De manera complementaria Luciana, Collins, & Depue, (1998) examinando el papel modulatorio de la dopamina (DA) y la serotonina monoaminergica (5HT), con respecto a las funciones de la memoria de trabajo orquestadas por la corteza prefrontal humana, argumentan que la DA parece generalmente inhibir la actividad de las células *post-sinápticas* para facilitar los procesos del comportamiento mediados por las estructuras del cerebro que son inervadas por ésta. Los comportamientos facilitados por la actividad de la DA incluyen: incentivo-recompensa, motivación, iniciación locomotora y facilitación emocional de la respuesta, estos investigadores explican de esta manera que el papel de la DA es facilitar las funciones cognoscitivas, particularmente las que están dirigidas por la corteza prefrontal.

Por otro lado**,** Mehta, & Gumaste, Montgomery, McTavish & Grasby, (2005) demostraron por primera vez en seres humanos, la modulación de los niveles centrales de DA después del agotamiento de la fenilalanina y de la tiroxina, relacionándose con cambios en la memoria de trabajo espacial y con dificultades en la función de planeación.

En un estudio con monos (Muller, Von Cramon & Pollman, 1998) se ha demostrado que la dopamina del cerebro medio o mesencéfalo y de la corteza prefrontal dorsolateral se activa de manera preferencial a causa de estímulos atractivos, sugiriendo un acoplamiento de la dopamina y de la memoria de trabajo con los mecanismos subcorticales de recompensa. En dicho estudio, la técnica de registro extracelular con única célula dentro del sistema mesocortical ascendente reveló más actividad dopaminergica durante la fase de aprendizaje de la tarea de respuesta con demora en el tiempo que con el aprendizaje ya establecido.

Glickstein, Hof & Schmauss, (2002) también expresan que el encontrar déficit de la memoria de trabajo espacial en ratones con deficiencias para los receptores D2 y D3 es constante con los resultados donde el tratamiento crónico de monos con neurolépticos (el bloqueo de los receptores D2) deteriora el funcionamiento en las pruebas de memoria de trabajo. Adicionalmente, estos autores explican que el funcionamiento deteriorado por el tratamiento con neurolépticos D2 y D3 es también sensible a los períodos de demora, es decir, un funcionamiento gradualmente disminuido es detectado en el aumento del periodo de demora; la evidencia actual por lo tanto sugiere que el déficit en la memoria de trabajo espacial es atribuible a la actividad disminuida del receptor D1 en la corteza prefrontal.

En esta perspectiva Orozco, Pons, Meersmans, Verdejo & Pérez-García, (2005) exponen que la neuropsicología ha perfilado de modo sistemático la relación entre las estructuras de la memoria y sus bases anatómicas, en este proceso, la investigación iniciada por Brenda Milner a raíz de un caso de amnesia global tras una lobectomía bitemporal se considera un hito histórico, que da comienzo a toda una serie de trabajos que han asociado las funciones de la memoria a los lóbulos temporales mediales y, concretamente, a la formación del hipocampo, no obstante, esto no quiere decir que el hipocampo sea la única estructura neuroanatómica responsable del funcionamiento de la memoria, las investigaciones muestran que existen nuevas disociaciones anatómicas que incluyen otras áreas, como el diencéfalo y la corteza prefrontal.

De este modo, a partir de los trabajos realizados con pacientes sometidos a lobectomías temporales, se ha desarrollado un modelo que postula una especialización del hipocampo izquierdo para el material verbal y del derecho para el material viso-

espacial. De igual forma en otras investigaciones (Goldman-Rakic citada por Tirapu, 2005) se propone una nueva comprensión de la memoria que se basa en las implicaciones de la arquitectura funcional de la corteza prefrontal, esta región cerebral desempeñaría un papel preponderante en la memoria de trabajo y debería entenderse como una red de integración de áreas, cada una de las cuales estarían especializadas en un dominio especifico. Así, cada subsistema de la memoria de trabajo se encontraría interconectado con diferentes áreas corticales de dominio específico, en este caso, las áreas prefrontales relacionadas con la agenda viso-espacial se conectarían con el lóbulo parietal posterior y el bucle fonológico con áreas temporales relacionadas con el lenguaje. Ahora bien, Baddeley (1999), plantea en relación a la agenda viso-espacial que su importancia radica en que el sistema espacial es importante para la orientación geográfica y para la planificación de tareas espaciales, idea que complementan Tirapu, Muñoz, Pelegrín, & Albéniz, (2005) al exponer que la memoria de trabajo se define como un sistema que mantiene y manipula la información de manera temporal, por lo que interviene en importantes procesos cognitivos como la comprensión del lenguaje, la lectura y el razonamiento.

El concepto de memoria desarrollado inicialmente por Baddeley & Hitc, (1974), citado por Baddeley, (2000) propone los siguientes componentes: el *ejecutivo central* que se ocuparía de los aspectos atencionales y estratégicos y su misión sería controlar, coordinar y supervisar las actividades realizadas por el sistema cognitivo, el *bucle fonológico* y la *agenda viso-espacial* se consideran como subsistemas auxiliares específicos de la modalidad. El primero estaría encargado de la conservación transitoria del material que se codifica verbalmente, mientras que la *agenda visoespacial* sería responsable del mantenimiento y manipulación de las imágenes visoespaciales y de la información verbal codificada en forma icónica. Este antiguo modelo ha sufrido una reformulación (Baddeley, 2000), fragmentando la memoria de trabajo en los componentes ya mencionados y adicionando al nuevo modelo el *buffer episódico*. Éste representa un sistema de almacenamiento de capacidad limitada. Usando un código multi-modal. Es episódica en virtud de que la información que integra es de una serie de sistemas incluidos los otros componentes de la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo relacionada con escenas o episodios.

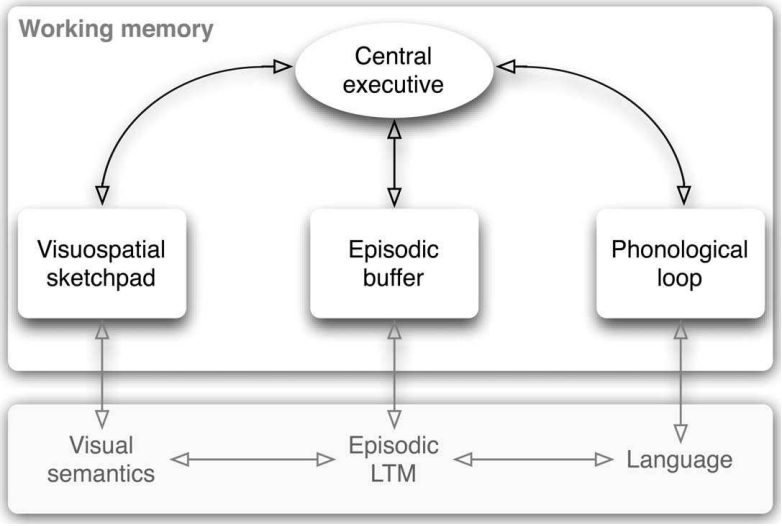


Figura 2. Este modelo de los multicomponentes de la memoria de trabajo representa las capacidades "fluidas" (atención y almacenamiento temporal) que no cambian por el aprendizaje y por la relación con el sistema cognitivo "cristalizado" (lenguaje, memoria a largo plazo episódica e información visual semántica), el cual está encargado de acumular conocimiento a largo plazo. Tomado de: Repovš, G. & Baddeley, A. (2006) *The Multi-Component Model of Working Memory: Explorations in Experimental Cognitive Psychology.* ***Neuroscience.*** 139 5–21.

En un estudio realizado por Almaguer & Bergado-Rosado, (2002) relacionado con las interacciones entre el hipocampo y la amígdala en procesos de plasticidad sináptica, con el fin de entender las relaciones entre motivación y memoria, se plantea que el hipocampo es una estructura límbica cortical, que desde los años cincuenta se sabe que está implicada en algunas formas de memoria, y aunque no parece ser el almacén definitivo de contenidos de memoria bien establecidos, las evidencias clínicas y experimentales indican que el hipocampo cumple funciones importantes en la consolidación de la memoria; teniendo en cuenta que no se excluye su participación en otras formas de memoria, se conoce que se involucra tanto en la memoria espacial como en la memoria explícita en humanos y animales, esta idea la sustenta Moser & Witter (2005) basado en los estudios realizados por O'Keefe & Dostrovsky (1971), quienes descubrieron que ciertas células del hipocampo, silenciosas la mayor parte del tiempo, presentaban dosis de descarga eléctrica repentinas cuando el animal se encontraba en ciertos emplazamientos de su entorno, éstas son las "células de lugar", cuya actividad eléctrica está relacionada con la posición del animal en el espacio. Posteriormente en otras investigaciones estos mismos autores descubrieron, en varias regiones conectadas

al hipocampo, las “células de orientación” que responden a la orientación de la cabeza del animal, constatando que una red que vincule células de lugar y células de orientación podría ser el soporte de cierta forma de memoria espacial, este estudio lo complementa López, (2000) al exponer la idea en la que el hipocampo es importante para la memoria espacial, este autor describe cómo estudios en muchas especies, además de la humana, ya habían mostrado con anterioridad que una de sus funciones principales es la de construir y archivar una representación interna del espacio.

Passig, (1995) explica que es posible que el rol meramente espacial otorgado al hipocampo por algunos autores se relacione, en parte, con el hecho de que las tareas espaciales son precisamente las más usadas en animales de experimentación, por otro lado, este autor afirma que esta supuesta controversia funcional puede subsanarse fácilmente si se considera al hipocampo como una estructura que contribuye a la formación de las nuevas interrelaciones, por ejemplo, la asociación de un estímulo con su contexto espacial o temporal representa un nuevo episodio, y la asociación de un evento con el contexto semántico al cual pertenece representa un nuevo concepto, de esta forma lo explica Vicens & Redolat, (2003) al plantear que una de las características más importantes del ser humano es su capacidad de aprender y recordar, el hombre puede reconocer estímulos que ha visto antes, realizar asociaciones entre ellos e incluso orientarse de acuerdo con las relaciones que establece entre los estímulos; la mayoría de los animales también se orientan en el espacio para organizar sus conductas en relación con el entorno en el que se encuentran en cada momento. La navegación espacial es importante para muchos de los repertorios conductuales de los animales: búsqueda de comida, conducta parental y reproductiva, regreso al nido o huida a un lugar seguro, de ahí que el aprendizaje y la memoria espacial se relacionen con la capacidad de adquirir y retener asociaciones de las características del ambiente, lo que permite al organismo desenvolverse en el espacio.

Goldman-Rakic, (1996) expone que comparada con los tipos bien reconocidos y designados procesos de la memoria sociable, declarativa o episódica, la memoria de trabajo es relativamente concepto nuevo en neurología, aunque tiene una tradición más larga en el ser humano desde la psicología cognoscitiva y su antecedente más familiar es el fenómeno de la memoria a corto plazo. Según esta autora, la memoria de trabajo es

la capacidad de almacenar la información de manera transitoria en la mente al servicio de la comprensión, el pensamiento y la planeación. La memoria de trabajo abarca funciones de almacenamiento y procesamiento de la información; en su forma más simple, como cuando mantenemos en la mente un número de teléfono suficientemente largo para marcarlo, la memoria de trabajo puede decaer de manera pasiva y/o instantáneamente; en su forma más elevada, la memoria de trabajo funciona como espacio para sostener la información en la mente, recordar, manipular y/o asociar a otras ideas e información entrante. Al respecto Baddeley & Logie, (1999) plantean que la memoria de trabajo abarca componentes funcionales de la cognición que permiten que los seres humanos comprendan y representen mentalmente su ambiente inmediato, para conservar la información sobre su experiencia previa inmediata, para apoyar la adquisición del nuevo conocimiento, para solucionar problemas y para formularlos, se relaciona, y actúa con metas actuales.

Así mismo Baddeley, (1996) argumenta que el termino memoria de trabajo se toma para aplicarse a un sistema limitado que es capaz de almacenar y de manipular la información y que se asume para ser una parte integral del sistema de memoria de los seres humanos, esta interpretación del concepto ha sido extensamente aplicable a una amplia gama de grupos de personas.

En lo que refiere a la memoria espacial, Vicens & Redolat, (2003) exponen que ésta consiste en múltiples mecanismos especializados en codificar, almacenar y recuperar información acerca de rutas, configuraciones y localizaciones espaciales. Por otro lado, Tapus, Battaglia & Siegwart,, (2001) plantean que en todos nuestros comportamientos diarios, el espacio juega un papel importante.

El modelo de Tolman, citado por Tapus, Battaglia & Siegwart, (2001) el cual explica que la información almacenada se puede organizar como modelo cognoscitivo, explica que los animales no aprenden el espacio como secuencia de movimientos; sino que las capacidades espaciales del animal se basan sobre la construcción de mapas, que representan las relaciones espaciales entre las características del ambiente.

De igual forma en otros estudios (Tsujimoto, Kuwajima & Sawaguchi, 2007) se han analizado los procesos mnemónicos de las estructuras independientes en niños, particularmente con respecto a diversos sistemas de memoria de trabajo, bajo el modelo

en el cual hay sistemas fraccionados con dominios específicos para el análisis ejecutivo espacial y oral. En este estudio se explica que los niños de 8 y 9 años ya tienen tales sistemas fraccionados para la memoria de trabajo. Los actuales resultados también explican que el sistema de respuesta inhibitoria (RI) es independiente de los sistemas de memoria de trabajo (MT) en niños de 8 y 9 años. Además este mismo estudio, basado en los resultados de correlaciones significativas entre diversas modalidades de memoria de trabajo (MT) y entre ésta y respuesta inhibitoria (RI), en niños de 5 y 6 años, sugiere que los sistemas neuronales, especialmente en la corteza prefrontal lateral (CPFL), para la memoria de trabajo (MT) viso-espacial, auditiva y la respuesta inhibitoria (RI), se fraccionan durante la niñez, de tal modo que permiten un proceso más eficiente de estas funciones cognoscitivas críticas.

Shaw, Helmes & Mitchell, (2006) definen la memoria de trabajo como un sistema que permite el almacenamiento temporal y el procesamiento simultáneo de la información, estos autores argumentan que las funciones de almacenamiento y procesamiento de la memoria de trabajo son importantes para el funcionamiento en gran número de tareas cognoscitivas, incluyendo la comprensión, el aprendizaje y el razonamiento. Adicionalmente, plantean que el bloc de bocetos viso-espacial, se ha asumido originalmente para ser el responsable de la generación y de la manipulación viso-espacial de las imágenes y que ahora se piensa, para ser un sistema multifacético, con ambas dimensiones (visuales y espaciales). Es este sentido Puglisi, Park, Smith, & Hill, (1985) explican que la memoria para la localización espacial es un fenómeno complejo. Diversos componentes de la memoria espacial se pueden afectar diferentemente por variaciones en las características del estímulo o del diseño experimental, y estos componentes pueden o no obrar recíprocamente dependiendo de las demandas de tareas específicas.

De igual forma Smith, (1998) explica que la memoria de trabajo (MT) permite que los seres humanos (y las otras especies) mantengan una cantidad de información limitada en un estado activo por un breve período de tiempo y manipular esa información. Su investigación se ha referido al uso de la neuroimagen para determinar la arquitectura básica de la memoria de trabajo verbal y espacial. Este autor sugiere que cada sistema posee tres diversos componentes funcionales: (1) un componente puro para

el almacenamiento, donde el contenido decae rápidamente; (2) un componente de ensayo que puede reactivar el contenido rápidamente cuando decae el componente de almacenamiento y, (3) un componente ejecutivo que regula el proceso del contenido de la memoria de trabajo.

Investigaciones realizadas con monos (Funahashi, Bruce & Goldman-Rakic, 1989 citados por Smith, 2000), utilizando neuroimagen funcional, incluyendo tomografía y resonancia magnética funcional, han permitido determinar qué regiones cerebrales se activan cuando los participantes ejecutan tareas cognitivas. Los resultados con humanos (Smith, 1998) revelaron activación aumentada en la corteza parietal y frontal y otros resultados en primates humanos (Smith, 2000), muestran que la memoria espacial parece estar mediada por una región específica en la corteza prefrontal dorsolateral.

Cowan, Saults & Morey, (2006) conceptúan la memoria de trabajo como el sistema de procesos mentales que permite que una cantidad de información limitada sea temporalmente accesible para terminar las tareas cognoscitivas que se están ejecutando en un momento determinado. De igual forma Carpenter, Just, Keller, & Eddy, (1999) sugieren la reconstrucción de la teoría del sistema de memoria de trabajo viso-espacial de una manera en la que la capacidad de mantener la información viso-espacial en el sistema sea activa y no apenas pasiva. Esta visión considera el sistema viso-espacial como una configuración dinámica y flexible de varios sistemas neuronales y que éstos a su vez tienen diferentes especialidades, incluyendo la de orientación con respecto a marcas de referencia, la identificación del estímulo o partes de éste y el mantenimiento de la información. Al respecto Brandwein & Reznick, (1999) explican que el desarrollo de la memoria de trabajo es importante porque proporciona un mecanismo por el cual los niños se hacen una opinión simple del mundo asociada con información del pasado y del presente, información que media la ejecución de una tarea futura. Esta es la clase de mecanismo psicológico que se ha postulado para apoyar los cambios subsecuentes de las capacidades cognoscitivas, del análisis perceptivo y de la redescripción de la información.

Geier, Garver & Luna, (2007) explican que la memoria de trabajo espacial y visual permite el mantenimiento interno activo de la información en ausencia del

estímulo y que el funcionamiento de las tareas de memoria de trabajo viso-espacial hace necesario la codificación, el mantenimiento, la manipulación (cuando es necesario), la planeación de la respuesta y los procesos coordinados para la ejecución motora.

En relación a la memoria Baddeley, (1996) manifiesta que dentro de la psicología cognoscitiva, el concepto de memoria de trabajo representa una modificación y una extensión del concepto de memoria a corto plazo, una memoria temporal con capacidad de almacenamiento limitada. Para este autor, el concepto de memoria de trabajo difiere del de memoria a corto plazo en dos aspectos: (1) implica un número de subsistemas, más que un sistema unitario y, (2) tiene un papel considerable en el desempeño de tareas cognoscitivas tales como aprendizaje, razonamiento y comprensión.

Bell, (2002) indica que hay una relación entre la actividad eléctrica de la corteza frontal y el desempeño en la tarea de A-no-B con retraso. Los resultados de su estudio mostraron que niños entre 7 y 12 meses de edad exhibieron una capacidad de aumento para tolerar los cambios en las demoras de los intervalos de retención, esto se exhibe en la tarea de A-no-B y en la actividad frontal reflejada en el EEG. Por otro lado, niños con las mismas características en edad, incapaces de tolerar demoras en la tarea de A-no-B demostraron pequeños cambios en la actividad frontal reflejada en el EEG.

Ives, (1980) explica que el desarrollo de la perspectiva espacial en niños parece estar caracterizado por un proceso gradual de adquisición de la capacidad para describir correctamente de manera lingüística las características que distinguen el espacio (por ejemplo adelante, atrás). Este desarrollo de la perspectiva espacial a partir de categorías lingüísticas, explica el autor, es utilizado para resolver problemas con más facilidad que a través de descripciones pictóricas; explicación concuerda con las teorías al respecto del uso de descripciones organizativas del espacio.

Battaglia, Jacobs & Aslin, (2003) explican que la actividad de las neuronas en la corteza visual del observador forman un código en el cual se representa una estimación de la localización del objeto basada en una señal visual. Jones & Wilson, (2005) plantean que un papel importante de la memoria de trabajo es su carácter dinámico y la incorporación selectiva de información relevante de las tareas en los procedimientos de toma de decisión. La memoria de trabajo por lo tanto ejemplifica las condiciones

durante las cuales las múltiples estructuras del cerebro deben obrar recíprocamente de manera transitoria como un todo coherente. El centro de estas interacciones se presume se encuentra en la corteza prefrontal, donde las funciones de la memoria de trabajo tienen su papel más amplio, integrando información sobre el contexto y guiando los comportamientos apropiadamente. De igual forma, pero argumentando la importancia de ver para la ubicación en el espacio, Coello, (2005) plantea que la complejidad del sistema visual resulta principalmente de la unicidad evidente de la experiencia perceptiva, que es de hecho la consecuencia de la integración de una gran cantidad de información accesible en diversas regiones del cerebro. Una de las funciones de la visión es proporcionar la información sobre objetos distantes de modo que el organismo vivo dotado con las células sensibles a la luz pueda evaluar (posición y velocidad) las características intrínsecas (tamaño, color y textura) y extrínsecas de objetos próximos y lejanos sin la necesidad de entrar en contacto directo con ellos.

Battaglia, Jacobs & Aslin, (2003) exponen que en la mayoría de las circunstancias, los acontecimientos en el ambiente proporcionan señales constantes sobre la localización espacial. Por otro lado, Byrne & Becker, (2004) explican que el razonamiento espacial es de suprema importancia en casi todos los aspectos del comportamiento humano como la planeación y la navegación en rutas complejas a través de un cierto ambiente y para alcanzar una meta como simplemente tomar un objeto próximo. De manera complementaria Bryant, (1997) argumenta que todos los animales encaran el desafío de navegar por el mundo, y muchos emplean mapas cognoscitivos detallados y que a diferencia de otros animales, los seres humanos han desarrollado las habilidades de comunicar información espacial a través de discursos y esquemas.

Kwont, Reiss & Menon, (2002) argumentan que la capacidad de representar y de manipular la información viso-espacial es un requisito dominante de la cognición diaria y que la memoria de trabajo viso-espacial (MTVE) es la capacidad de mantener brevemente y manipular la información espacial.

Hitch, Halliday, Hulme, Le Voi, Routh, & Conway, (1983) a partir de un estudio con niños preescolares explican que los niños de menor edad no utilizan el lazo articulatorio para almacenar nombres, por el contrario utilizan el almacenamiento visual,

lo que es constante con las teorías generales del desarrollo cognoscitivo que son fiables al proponer formas visuales-icónicas de representación mental en los años preescolares con un cambio subsecuente al uso de representaciones verbales-simbólicas en la niñez tardía, o un dominio del conocimiento operativo figurado en el mismo período de desarrollo. Estos autores proponen que dentro del marco de la memoria de trabajo un candidato plausible del almacenamiento visual es el bloc de bocetos viso-espacial, ya que los experimentos en adultos sugieren que éste es utilizado en las tareas que implican imágenes viso-espaciales activas e interrumpido por una actividad espacial concurrente o por movimientos voluntarios del ojo.

Blázquez, Lapedriza & Muñoz, (2004) exponen que las funciones viso-espaciales engloban toda capacidad relacionada con la ubicación en el espacio, la capacidad para utilizar las referencias del medio y desenvolverse en él y la capacidad de orientación intrapsíquica, además del conjunto de procesos relacionados con la percepción (capacidades gnósicas) y la acción (capacidades práxicas). De modo similar Santín & Rubio, (2000) en estudios relacionados con el aprendizaje espacial y la memoria, plantean que los diferentes mecanismos psicológicos implicados en estas formas de navegación justifican la existencia de distintos sistemas neurobiológicos relacionados con la navegación espacial, pues como exponen estos autores, la navegación cartográfica se ha asociado reiteradamente con un sistema cerebral en el que el hipocampo es una región crítica; no obstante, aún se desconoce con precisión si esta región en roedores restringe su papel al procesamiento del espacio o si, por el contrario, participa en funciones más globales, como la memoria relacional. En otras palabras, bajo el modelo de la memoria relacional puede explicarse la función que el hipocampo desempeña en la memoria espacial y posiblemente no sólo en el desarrollo de la navegación cartográfica, sino también en la navegación basada en la integración de la ruta, sin embargo estos autores explican que aún no se dispone de suficientes estudios que demuestren esta hipótesis de trabajo, por lo que investigaciones futuras deberán ser las que aclaren estas cuestiones.

Respecto a esto Weir, Cleary, Parks, Barrie, Hammer & Murdoch, (2001) mencionan que la capacidad de localizar la posición de objetos en el mundo visual circundante (localización espacial) es un aspecto importante de la función visual

normal. Para que esto ocurra con precisión, el cerebro debe saber la dirección en la cual una persona está mirando, y depende en gran parte de la representación visual (es decir, retiniana) que entra de esta información. De igual modo Ramos, (2002) en sus investigaciones relacionadas con la importancia del hipocampo en los aprendizajes de tipo espacial, argumenta que un número considerable de estudios han demostrado que el hipocampo es necesario para la adquisición de tareas de orientación espacial, pero explica que no es absolutamente necesario para el aprendizaje de un lugar, debido a que los resultados expuestos en sus investigaciones sugieren que la aparición de un 'síndrome hipocampal', incluye, tanto déficit espacial como no espacial.

En lo que refiere al paradigma de respuesta con demora en el tiempo, Arteaga & Pimienta, (2006) explican que los estudios que utilizaron el registro de la actividad de neuronas individuales, desarrollados por el grupo de neurobiología de la Universidad de Yale, en los cuales se han utilizado diversas variantes del paradigma de respuesta con demora (RD), permitieron la caracterización de al menos tres grupos de neuronas de la corteza prefrontal, cuya actividad se encuentra acoplada con las tres fases características en las tareas de respuesta con demora. La fase de presentación de los estímulos (cueing), la fase correspondiente al intervalo mismo (delay), durante el cual la actividad se mantiene hasta por 20 segundos y finalmente la fase de "disparo" (response), durante la cual se realiza la acción específica. Camchong, Dyckman, Chapman, Yanasak & McDowell, (2006) explican que los paradigmas de respuesta oculomotora con demora se utilizan para poner en funcionamiento la memoria de trabajo espacial y la inhibición, con la ventaja de tener relativamente pocas demandas cognoscitivas adicionales. Durante las tareas de respuestas oculomotoras con demora se solicita a los participantes recordar la localización periférica del estimulo visual presente en ese momento, con un periodo de demora (componente de memoria de trabajo espacial).

Goldman-Rakic, (1987) mediante la técnica de autoradiografía para visualizar el marcaje radiactivo de la 2-desoxiglucosa, comprobó que, durante la realización de las pruebas de respuesta con demora, la actividad metabólica en el hipocampo y en la corteza parietal se incrementaba notablemente y, además, las pautas de actividad parecen correlacionarse con el tipo de memoria que se evoque, ya sea de localización o de atributos de los objetos. En este sentido Moody, Wise, Pellegrino & Zipser, (1998)

exponen que las tareas de emparejamiento con demora a la muestra (EDM) han sido importantes dentro del estudio de las bases neuronales de la memoria a corto plazo. Particularmente, las áreas neuronales (bancos) del surco principal llegan a activarse durante la tarea de respuesta selectiva con demora.

Sawaguchi & Yamane, (1999) demostraron que un subconjunto de neuronas en monos se activaba en la corteza prefrontal dorsolateral durante el periodo de demora, esta actividad representa de manera independiente la memoria viso-espacial de los componentes sensorio-motores. La hipótesis sobre la activación acentúa el papel de las neuronas de la corteza prefrontal dorsolateral en la memoria viso-espacial. Complementando estas investigaciones, Schultz, Apicella & Ljungberg, (1993) encontraron que las depleciones locales de la dopamina o la administración local de los antagonistas del receptor de DA en la corteza prefrontal de monos dan lugar al funcionamiento deteriorado de las tareas de respuesta con demora, explican que durante el funcionamiento de las tareas de respuesta con demora las neuronas prefrontales responden a las claves espaciales que se están memorizando y a los estímulos que inducen a utilizar la información almacenada en la memoria para generar una respuesta comportamental.

En otras investigaciones (Phillips, Ahn & Floresco, 2004) se ha demostrado que la dopamina se eleva en la corteza prefrontal medial de la rata después de un extendido periodo de demora de 30 minutos, al igual que en una situación en la cual la memoria espacial es utilizada para la correcta localización del alimento y a su vez para recordar e incorporar una planeación exacta de búsqueda en los brazos del laberinto. Cuando el periodo de demora entre la adquisición y la recuperación de la información fue ampliado a un período por arriba de 6 horas, los animales tendieron a olvidar el lugar donde el alimento fue situado en el laberinto y a presentar más errores. Así mismo Turner & Levine, (2006) explican que en numerosos informes de neuroimagen funcional han empleado las variantes de las tareas con demora, diseñadas para disociar varios componentes de la memoria de trabajo, en el ser humano sano. Estos autores encontraron actividad en la corteza prefrontal ventral y, más específicamente, en las áreas pre-suplementarias motoras asociadas con la adquisición de reglas.

Con las investigaciones de Partiot, Verin, Pillon, Teixeira-Ferreira, Agid & Dubois, (1996) se ha demostrado que existe un patrón específico de funcionamiento en las tareas de respuesta con demora en pacientes con lesiones isquémicas prefrontales unilaterales, caracterizadas por un déficit de memoria de trabajo viso-espacial (tarea de respuesta con demora). El objetivo de dicho estudio era determinar la contribución de las estructuras básicas de los ganglios basales en la adaptación del comportamiento, aplicando el paradigma de respuesta con demora a pacientes con enfermedades neurodegenerativas que afectan las funciones del estriado, tales como enfermedad de Parkinson y parálisis supranuclear progresiva (PSP). Este estudio demostró que la corteza prefrontal desempeña un papel en la adaptación del comportamiento a las nuevas situaciones inhibiendo no sólo información poco relevante para la tarea, sino también la aparición de esquemas de respuesta automáticos.

Okada, & Salenius, (1998) utilizando magnetoencefalografia realizó una prueba con el paradigma de respuesta con demora para determinar si las áreas corticales que se activan durante una tarea de memoria de trabajo espacial en primates no humanos son también activadas en seres humanos, encontrando como interpretación que la atención y la memoria tienen un sustrato neuroanatómico similar al de primates no humanos y esto se puede observar a partir de las señales de la magnetoencefalografia, donde se evidencia actividad en la corteza parietal, corteza occipital dorsolateral [Área Brodmann (BA) 19] áreas prefrontales, motoras y el suco frontal superior (BA 6/8).

De manera complementaria Partiot, Verin, Pillon, Teixeira-Ferreira, Agid & Dubois, (1996) plantean que el paradigma de respuesta con demora permite la cuantificación de procesos individuales tales como la memoria espacial a corto plazo, la capacidad de encontrar la regla, aptitudes de mantenimiento y cambio de lugar y la contribución de áreas de asociación de la corteza prefrontal y de los ganglios basales en la organización del comportamiento. Añaden que daños de la región dorsolateral de la corteza prefrontal o de los ganglios basales induce el déficit a corto plazo de la memoria y del aprendizaje de las reglas espaciales. De igual forma Goldberg, Berman, Randolph, Gold & Weinberger, (1996) argumentan que a primera vista puede ser que sorprenda que las subregiones de la corteza prefrontal en seres humanos sigan siendo, por lo menos parcialmente, dedicadas a una función al parecer trivial tal como es el mantener

la información espacial durante el período de demora, pero sin embargo, esta misma conservación puede hablar de la importancia de la tarea.

Otras investigaciones como las realizadas por Funahashi, Charles, Bruce & Goldman-Rakic, (1989) utilizaron la tarea oculomotora de respuesta con demora para evaluar la memoria espacial y la activación de las neuronas de la corteza prefrontal en primates. Encontrándose que es altamente relevante que las áreas prefrontales caudales alrededor del surco principal y la corteza del prearcuado se interconecten especialmente con la corteza parietal posterior (áreas de Brodmann 2, 9, 35, 36, 55, 59) que es un centro importante para procesar la visión espacial (áreas de Brodmann 1, 49). Estos autores observaron actividad neuronal dentro de varias estructuras corticales o subcorticales durante la ejecución de tareas de respuesta con demora o atraso, es así como se concluye que la tarea de respuesta con demora puede ser una herramienta de gran alcance para analizar el funcionamiento de procesos cognitivos superiores.

En lo referente a las pruebas utilizadas para evaluar memoria, Benedet, (1996) argumenta que hoy en día se dispone de numerosas pruebas puntuales destinadas a evaluar cada uno de los componentes de la memoria (recuerdo a corto vs. largo plazo vs. reconocimiento; memoria implícita vs. explícita; memoria procedimental vs. declarativa; memoria semántica vs. episódica; aprendizaje incidental vs. intencional; interferencia vs. desvanecimiento; interferencia retroactiva vs. proactiva; supresión de la interferencia proactiva, etc.). Además, existen hoy una serie de baterías de memoria como la escala de memoria de Wechsler revisada (WMS-R) entre otras, pero todas estas baterías constan, por lo general, de tests desiguales en cuanto a su validez de constructo y a su validez empírica, a causa de eso, hemos de diferenciar las pruebas encaminadas a determinarlas habilidades de memoria especiales en individuos normales, de las encaminadas a determinar posibles déficit de memoria en pacientes.

Pero ¿que test existen en la actualidad para evaluar la memoria de los niños? pregunta que se responde con lo expuesto por Soprano, (2003) al describir técnicas para evaluar la memoria del niño, a partir de los siguientes tests: RBMTC (Test conductual de memoria Rivermead para niños); lista de 15 palabras de Rey; CAVLT-2 (Test de aprendizaje auditivo-verbal para niños) del inglés, children's auditory verbal learning Test-2); VADS elaborado por Koppitz para evaluar memoria auditiva y visual de dígitos

(del inglés, visual aural digit span Test); figura compleja de Rey, esta prueba consiste en la copia y posterior reproducción de memoria de una figura geométrica compleja; MEVECI (memoria verbal ciclo inicial) y MEVICI (memoria visual ciclo inicial), este test de Peralta y Narbona consta de dos pruebas, una de memoria verbal de un enunciado (MEVECI) y otra de memoria visual de imágenes significativas (MEVICI) y; los tests de memoria MY. Por otra parte, Etchepareborda, (1999) propone dos herramientas de evaluación neuropsicológica: el STIM-Neuropsychological Test Battery by Neuroscan'90, que es una Batería neuropsicológica computarizada para niños y adultos, y; la MCC-monitorización cognitiva computarizada dirigida a la evaluación de las funciones cerebrales superiores.

Tirapu, (2005) plantea para evaluar la agenda visoespacial: la localización espacial de la escala de memoria de Wechsler, específicamente el subtest de span visual, el cual aporta una medida de la memoria visual inmediata.

Pero, desde lo expuesto por Etchepareborda, (1999) frente a los test computarizados es importante preguntar ¿qué se puede plantear en torno a la aplicación de dichos Test? Aman, (1991) citado por Etchepareborda, (1999) distingue específicamente cuatro aplicaciones principales de los test computarizados en la evaluación neuropsicológica: evaluación de los mecanismos básicos, documentación del perfil cognitivo, control evolutivo del entrenamiento cognitivo y monitorización de fármacos psicoactivos.

Diversos estudios realizados con animales (López, 2000; 2004) utilizando tareas de memoria espacial muestran que las tortugas resuelven tareas espaciales con base en estrategias de aprendizaje y memoria que muestran una estrecha semejanza a las descritas en mamíferos y en aves entrenados en procedimientos similares y que al igual que en otros vertebrados, podrían coexistir en tortugas al menos dos sistemas diferentes de aprendizaje y memoria espacial, puesto que las tortugas pueden aprender a localizar lugares en el espacio teniendo en cuenta su relación con un conjunto de claves visuales periféricas.

De manera similar, Goldman-Rakic, (1992) citada por Passig, (1995) considera que, en el ser humano, esta memoria de trabajo es fundamental para procesos cognitivos que permiten la comprensión del lenguaje, el aprendizaje y el razonamiento. Esta

autora, usando tests de respuestas con demora en primates, ha determinado que la corteza prefrontal es una región anatómica esencial para la memoria de trabajo, sumado a estos estudios Balderas, & Bermudez, (2004) trabajan con uno de los instrumentos para evaluar memoria espacial, el cual es denominado laberinto acuático de Morris, aquí se ejecuta una tarea de memoria espacial que consiste en una piscina llena de agua fría, en la que se coloca al animal y éste tiene que aprender a llegar a una plataforma de escape que no está visible y que permanece en una posición constante, en este tipo de tarea el animal tiene que memorizar las claves espaciales que circundan la piscina para llegar a la plataforma y escapar del agua fría; es decir, el animal se orienta por su posición relativa a los estímulos externos que lo rodean, y para identificar esto, se realiza una sesión de prueba de memoria varios días después del entrenamiento, que consiste en introducir al animal en la misma piscina, pero sin que la plataforma esté presente; en todas las sesiones se registra el tiempo que el animal tarda en llegar a la plataforma (latencia) y en la prueba de memoria, además, se registra el número de veces que el animal cruza por el lugar donde estaba la plataforma, es importante saber que estos datos se utilizan como parámetros de memoria.

Finalmente, las investigaciones realizadas por el Grupo de Neurociencias y Comportamiento de la Universidad de Brasilia (Rabello, 2006), han utilizando el Test de Reconocimiento Espacia con Retardo (TRER) en monos y humanos en la evaluación de tareas de memoria espacial, encontrando, en lo referente a los humanos, diferencias de género, donde el género masculino presenta mejor desempeño que el género femenino, expone la autora que inclusive cuando se compararon los géneros en función de las sesiones experimentales, los hombres fueron mejores en seis de las diez sesiones realizadas, estos resultados corroboraron el estudio de Galea & Kimura (1993), quienes observaron que los hombres se desempeñaban en aprendizajes de rutas en un mapa y recordaban sus propiedades métricas mejor que las mujeres. Sin embargo, las mujeres tendían a recordar más pistas visuales visibles en el mapa que los hombres.

En este sentido, es importante mencionar que si bien existen investigaciones sobre la memoria espacial, la mayoría se han realizado en animales y en humanos adultos, pero al hacer un análisis de las observaciones dispersas en la bibliografía se permite constatar que en la edad infantil y juvenil se da toda la variedad de trastornos de

memoria explicita a largo plazo descritos en el adulto, con los matices propios del desarrollo.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, surge la pregunta ¿cuál es la función de la evaluación neuropsicológica de la memoria?, en este sentido Soprano, (2003) argumenta que la evaluación neuropsicológica se centra en la comprensión del modo en que las funciones psicológicas se ven afectadas por enfermedades neurológicas y en la identificación del nivel y calidad de las funciones preservadas. El objetivo es poder establecer una base para el desarrollo de estrategias de compensación, gestión o reentrenamiento que permitan al sujeto un funcionamiento cotidiano más eficaz. Pero esto no es posible sin instrumentos de evaluación eficaces no sólo en su aplicación, sino también en los resultados arrojados en torno a la reproducibilidad de los mismos.

En este sentido Mandeville, (2007) argumenta que en cualquier validación de un ensayo (assay) o proceso de validación de un instrumento, la reproducibilidad de mediciones es de interés. Además, cuando un nuevo ensayo o instrumento está desarrollado, es importante evaluar si otro nuevo puede reproducir los mismos resultados que el tradicional o estándar de oro. Tales procesos de validación frecuentemente se evalúan utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, la prueba de *t* pareada, el análisis por cuadrados mínimos con pendiente igual a 1 y el intercepto igual a 0, el coeficiente de variación o el coeficiente de correlación intraclase. Explica dicho autor que existen desventajas en el uso de todas estas estadísticas, ya que no se puede evaluar la reproducibilidad utilizando solamente una de éstas. La correlación y regresión lineal son suficientes para evaluar el acuerdo entre dos métodos, pero existe la necesidad de un índice de resumen para evaluar la reproducibilidad de las mediciones. Este índice fue desarrollado por Lin, (1989) y se denomina Coeficiente de Correlación de Concordancia.

Lo expuesto anteriormente, permite entender como lo explican Martín y Luna Del Castillo, (2004) que las Ciencias de la Salud son experimentales y se basan en el método inductivo, siendo el único modo de validar tales inducciones el Método Estadístico. De igual forma para comprender los fenómenos humanos desde las Ciencias de la Salud es importante recurrir a procedimientos estadísticos como el análisis de varianza o los coeficientes de correlación de concordancia, con el ánimo de establecer

acercamientos cada vez más objetivos y precisos sobre los procesos neuropsicológicos, pero a su vez es importante también reconocer que esta objetividad que se alcanza a través de los procedimientos estadísticos no determina en su totalidad la dinámica cognitiva y biológica de los individuos, puesto que esta dinámica tiene el carácter de ser interpretada por los psicólogos, médicos o neurocientíficos. La decisión sobre qué es un límite de acuerdo aceptable es exclusivamente clínica, la estadística por sí sola no puede responder a esta pregunta. (Buyer, 2001).

Argumentando la utilización de los procedimientos estadísticos en la evaluación de los test o instrumentos utilizados en las Ciencias de la Salud, Martín y Luna Del Castillo, (2004) plantean que existen cuatro aspectos que sustentan la importancia de la estadística en las ciencias de la salud: a) la variabilidad biológica de los individuos hace que sus datos sean impredecibles y que el modo de controlarlos sea a través del Método Estadístico, b) la naturaleza cada vez más cuantitativa de las Ciencias de la Salud requiere del Método Estadístico para analizar y poner en orden los datos, c) la investigación en el campo de las Ciencias de la Salud requiere de la Estadística en sus etapas de diseño, recopilación de datos y análisis de los resultados, d) la naturaleza del trabajo clínico es en esencia de tipo probabilístico o estadístico, disciplinas que dan rigor y objetividad a los clásicos procesos subjetivos de diagnóstico, pronóstico y tratamiento y, e) la perspectiva comunitaria de las Ciencias de la Salud requiere del uso de la estadística para poder extrapolar las conclusiones desde la parte estudiada de la población a su Globalidad.

HIPÓTESIS

1. El Test de Reconocimiento Espacial con Demora es reproducible en la evaluación de tareas de memoria de trabajo viso-espacial de niños escolarizados.

2. El Test de Reconocimiento Espacial con Demora permite describir el desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial de niños escolarizados.

3. Existe correlación entre el desempeño de tareas de memoria de trabajo viso-espacial y las variables género y edad de niños escolarizados, a partir de la aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora.

METODOLOGÍA

Método

El enfoque bajo el cual se sustenta esta investigación es cuantitativo, ya que brinda la posibilidad de generalizar y replicar los resultados, así mismo facilita la comparación entre estudios similares (Hernández, Fernández, Baptista, 2003). El tipo de estudio es de Reproducibilidad, dado que determina la utilización de un instrumento de evaluación como herramienta eficaz, a partir de la concordancia de los resultados entre los diferentes participantes (Lin, 1989).

Muestra

Para la presente investigación se trabajó con una muestra de 100 niños, con edades comprendidas entre los 7 y 12 años, de ambos géneros (52 mujeres y 48 hombres), pertenecientes al Instituto Santa Teresita de Floridablanca.

Criterios de inclusión:

- Tener edad comprendida entre los 7 y 12 años.
- No presentar antecedentes de problemas prenatales, perinatales o postnatales.
- No presentar antecedentes de enfermedades neurológicas importantes.
- No presentar diagnostico de dificultades de aprendizaje o déficit cognitivo.

Criterios de exclusión:

- Tener edad menor de 7 años o mayor de 12 años.
- Presentar antecedentes de problemas prenatales, perinatales o postnatales.
- Presentar antecedentes de enfermedades neurológicas importantes.
- Presentar diagnóstico de dificultades de aprendizaje o déficit cognitivo.

Instrumentos

Consentimiento informado (Ver Anexo 1): a través de éste se explicaron los objetivos, procedimiento, beneficios y riesgos del proyecto; también se informó acerca

de la participación voluntaria y de la posibilidad de retirarse del estudio en cualquier momento sin dar justificaciones. Adicionalmente el instrumento contó con un espacio en el cual se autorizó voluntariamente, por medio de la firma, la participación en el estudio. Teniendo en cuenta que en el presente proyecto la muestra estuvo conformada por menores de edad, fueron los padres de familia quienes firmaron el consentimiento informado.

Historia clínica (Ver Anexo 2): a través de ésta se recopiló información de los participantes como: datos demográficos, historia del desarrollo, antecedentes médicos e historia escolar; con el fin de identificar cualquier aspecto importante que pudiera interferir con los resultados del estudio.

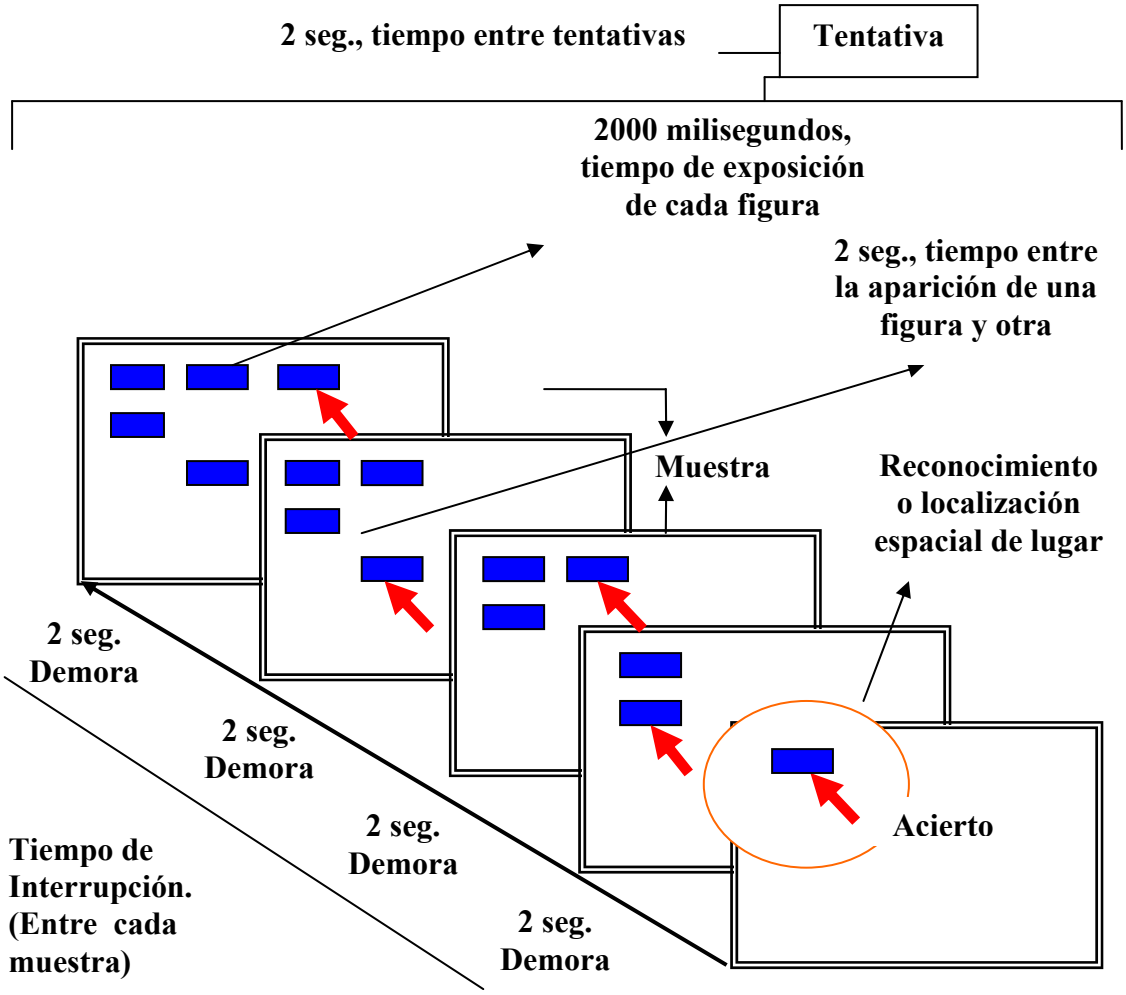
Test de reconocimiento espacial con demora (TRED): éste fue desarrollado en un programa computacional denominado TREA (Chiba, 2004); está programado en lenguaje Delphi compatible con el sistema Microsoft Windows 98 o XP®.

Este test evalúa la memoria espacial, requiriendo que el sujeto identifique un nuevo estimulo en un conjunto familiar creciente de estímulos presentados seriadamente, en diferentes posiciones en el espacio de la pantalla de un computador. Al iniciar el programa, el experimentador introduce los datos de identificación del sujeto, el número de sesión a trabajar, selecciona diversos parámetros del test como el color del fondo de la pantalla, el número de tentativas, el tiempo del intervalo entre las tentativas (IET), el número de elementos por tentativa, la presentación aleatoria, o programada de los estímulos de cada tentativa, y el intervalo entre las configuraciones (IC). Al final de cada sesión, el programa ofrece al evaluador un relato referente a los datos de cada sesión realizada con el test; este relato contiene la hora de inicio y fin de la sesión, el número de tentativas realizadas por el sujeto, el desempeño de éste, y el tiempo de respuesta para ejecutar cada tentativa, la posición en la cual fue presentado el estimulo durante la tentativa, y la codificación de cada estímulo. Adicionalmente, el programa permite ir presentando los resultados de cada sesión en forma de grafico de barras para cada sujeto e imprimir los resultados con las gráficas.

Cada tentativa del test consiste en la presentación de un estimulo (por ejemplo, un circulo amarillo) en una posición especifica en la pantalla del monitor, aleatoriamente determinada por el programa, seguida de un tono auditivo. La figura (estimulo) puede

ser presentada en 16 posiciones posibles, siguiendo una matriz 4x4. El sujeto para dar la respuesta debe tocar encima del estimulo presentado. Después de emitida la respuesta por el individuo, una demora de 2 segundos (intervalo entre configuraciones) es interpuesta entre ésta y la próxima configuración. Transcurrido el tiempo, el mismo estimulo aparece, simultáneamente, no en el primer lugar presentado anteriormente, sino en una nueva posición dentro de la matriz, configurando la presentación de dos elementos en la pantalla. En esta ocasión el sujeto debe tocar el estimulo que antes fue presentado en su nueva posición. Cada vez que la respuesta es correcta es seguida de un nuevo intervalo de 2 segundos (IC) y nuevamente el mismo estimulo es presentado en una de las posiciones anteriores, o en una nueva. El número de elementos aumenta de acuerdo con el desempeño correcto del sujeto, hasta que aparece una configuración con ocho elementos en la pantalla (Rabello, 2006).

Test de Reconocimiento Espacial de con Demora (TRED)



Modelo de aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora. Se observa una tentativa; en la prueba son presentadas 10 tentativas como ésta, en cada una de las cuales son presentados 10 estímulos posibles (geométricos o co-específicos), en la imagen sólo aparecen representados 5 estímulos de los 10 trabajados en la aplicación.

Procedimiento

Contacto con la institución y selección de la muestra: se estableció contacto con el colegio y se realizó aleatoriamente la selección de la muestra de niños, teniendo en cuenta el criterio de inclusión de edad comprendida entre 7 y 12 años.

Firma del consentimiento informado y aplicación de la historia clínica: a través de una carta enviada a los padres de familia de los niños seleccionados, se invitó a participar del estudio y se solicitó autorización firmada que constó en el formato de consentimiento informado. Una vez se tenían las autorizaciones de los padres, se recopilaron los datos referentes a la historia clínica de cada uno de los niños, en este momento se conformó la muestra final teniendo en cuenta los criterios de inclusión restantes: no presentar antecedentes de problemas en el desarrollo, no presentar enfermedades neurológicas importantes y no presentar dificultades de aprendizaje o déficit cognitivo.

Evaluación: se llevó a cabo la evaluación de los niños, a través de la aplicación del TRED. Cada niño fue evaluado en cinco sesiones grupales (10 niños por grupo), empleando para esto la sala de cómputo del colegio donde se asignaba, por niño, un computador que tenía instalado el TRED. Una vez los niños estaban ubicados frente al computador, se procedió a dar las instrucciones necesarias para el desarrollo del test. La duración aproximada de la sesión fue de 9 minutos.

Análisis y discusión de los resultados: se llevó a cabo la tabulación de los datos para su posterior análisis y discusión. Para llevar a cabo el análisis de los resultados fue utilizado el programa estadístico STATA 9.2, a través de dicho programa se estableció la reproducibilidad del TRED utilizando el coeficiente de correlación de concordancia de Lin ρ (ro) (similar al coeficiente de correlación intraclase) y el límite de acuerdo de Bland y Altman (1986); las mediciones se consideraron reproducibles entre las pruebas si el *r* era mayor de 0.8. El análisis del desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial comparando grupos de género y grupos de edad se hizo utilizando el análisis de varianza (ANOVA) de una vía con comparaciones múltiples de Bonferroni, para los tiempos de reacción o el análisis de varianza *Kruskal-Wallis* para el número de aciertos de lugar; el nivel de significancia establecido fue de $p<0.05$.

ANALISIS DE RESULTADOS

En los resultados de la presente investigación se analizó primero el desempeño en la tarea de reconocimiento viso-espacial, teniendo en cuenta el tiempo de reacción (en milisegundos) para ejecutar una respuesta o reconocer el lugar de presentación del estímulo y, segundo la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial, teniendo en cuenta el número de aciertos de lugares en que se presentaba el estímulo. Adicionalmente, estos dos análisis fueron comparados con las variables género y edad.

Para llevar a cabo el análisis de los resultados fue utilizado el programa estadístico STATA 9.2, a través de dicho programa se estableció la reproducibilidad del TRED utilizando el coeficiente de correlación de concordancia de Lin ρ (ro) (similar al coeficiente de correlación intraclase) y el límite de acuerdo de Bland y Altman (1986); las mediciones se consideraron reproducibles entre las pruebas si el *r* era mayor de 0.8. El análisis del desempeño en tareas de memoria de trabajo viso-espacial comparando grupos de género y grupos de edad se hizo utilizando el análisis de varianza (ANOVA) de una vía con comparaciones múltiples de Bonferroni, para los tiempos de reacción o el análisis de varianza *Kruskal-Wallis* para el número de aciertos de lugar; el nivel de significancia establecido fue de $p<0.05$.

RESULTADOS

1. Descripción del desempeño de los participantes en el Test de Reconocimiento Espacial con Demora

Desempeño en los tiempos de reacción (TR) en la tarea de reconocimiento viso-espacial según el género.

Al hacer comparaciones entre el género de los participantes (Figura 1), el ANOVA de una vía no encontró una diferencia estadísticamente significativa ($F_{[1,97]}$=1.22, p=0.27) entre el desempeño en los tiempos de reacción del grupo de niñas (1365.53 ± 156.87) y del grupo de niños (1333.53 ± 130.79) al ser evaluados con la tarea viso-espacial. Durante las cinco sesiones se presentó una media constante (entre 1000 y 1600 milisegundos) en los dos grupos de género, en la Figura 2 se ilustra la quinta sesión, pero es un ejemplo de dicha constante identificada durante las cinco sesiones. El ANOVA de una vía no mostró una diferencia estadísticamente significativa ($F_{[1\ 94]}$=0.09, p=0.76) en la quinta sesión al comparar el grupo de niñas (1283.15±136.00) y el grupo de niños (1274.75±139.14).

Desempeño en los tiempos de reacción durante la primera sesión según el género

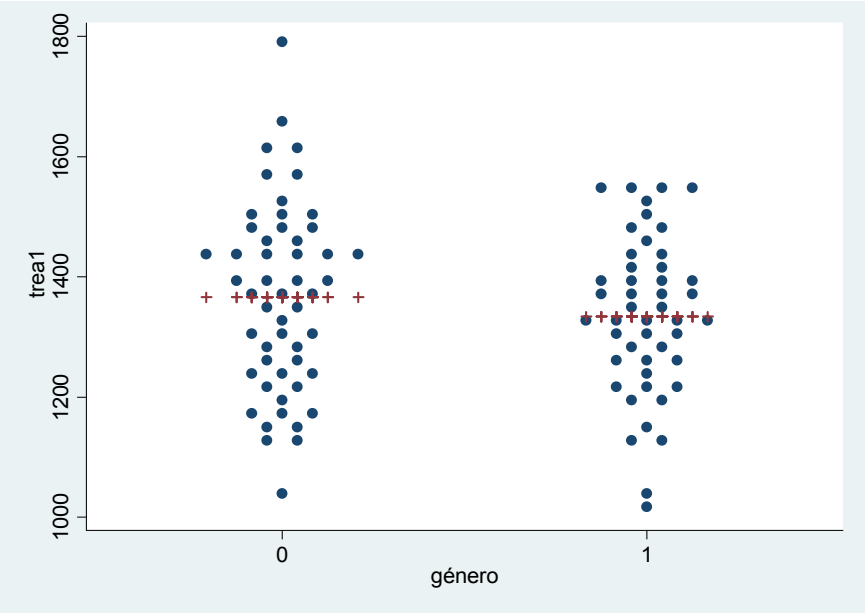


Figura 3. Desempeño en los tiempos de reacción en la primera sesión (trea1) (media), según el género de los participantes (niñas=0 y niños=1), al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (ANOVA de una vía, p>0.05).

Desempeño en los tiempos de reacción durante la quinta sesión según el género

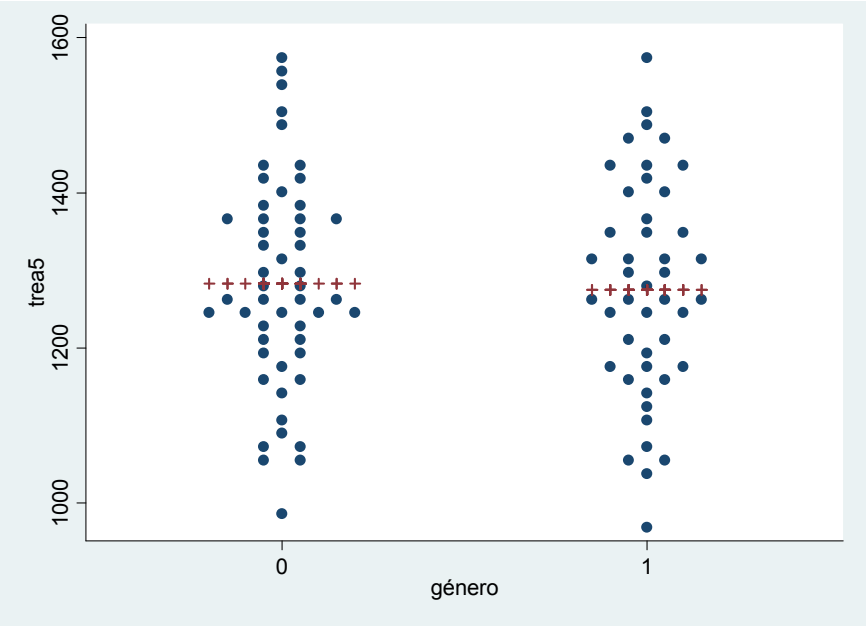


Figura 4. Desempeño en los tiempos de reacción en la quinta sesión (trea5) (media) según el género de los participantes (niñas=0 y niños=1), al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (ANOVA de una vía, p>0.05).

Desempeño en los tiempos de reacción durante las cinco sesiones según el género

Resultados por Género	Niñas (0)				Niños (1)			
	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	F	P <	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	F	P <
Sesión 1	1365.7851	156.87181	1.22	0.2722	1333.538	130.79642	1.22	0.2722
Sesión 2	1327.7056	135.69339	0.06	0.8027	1334.594	134.31624	0.06	0.8027
Sesión 3	1315.6572	124.60748	0.43	0.5144	1332.192	126.54543	0.43	0.5144
Sesión 4	1299.3914	108.49776	2.34	0.1292	1258.735	153.95734	2.34	0.1292
Sesión 5	1283.1534	136.00169	0.09	0.7660	1274.760	139.14293	0.09	0.7660

Tabla 1. Desempeño en los tiempos de reacción obtenidos según el género de los participantes durante las cinco sesiones, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial.

Desempeño en los tiempos de reacción (TR) en la tarea de reconocimiento viso-espacial según la edad.

Al analizar el desempeño en los tiempos de reacción obtenidos en la tarea de reconocimiento viso-espacial según la edad (Figura 3), el ANOVA de una vía arrojó una diferencia estadísticamente significativa en la primera ($F_{[3, 95]}$=5.89, p<0.001) y en la segunda ($F_{[3,93]}$=3.92, p<0.01) sesión entre los grupos de 7 años (1425.65 ± 191.60), 8 años (1376.39 ± 122.38), 9 años (1329.30 ± 86.89), y 10 años (1271.58 ± 118.43). El test de Bonferroni reveló que en la primera sesión el grupo de edad de 7 años (p<0.001) y el grupo de 8 años (p<0.048) presentaron un tiempo de reacción más largo que el grupo de 10 años. De la misma manera, el test de Bonferroni mostró que en la segunda sesión el grupo de edad de 7 años presentó un tiempo de reacción más largo que el grupo de 10 años (p<0.012). Finalmente, el test de Bonferroni encontró que en la quinta sesión el grupo de edad de 8 años presentó un tiempo de reacción más largo que el grupo de 10 años (p<0.005). Durante las cinco sesiones se presentó una media constante (entre 1300 y 1600 milisegundos) para los grupos de edades de 8, 9 y 10 años, en la Figura 4 se ilustra la segunda sesión, pero es un ejemplo de dicha constante identificada en los tres grupos de edades durante las cinco sesiones.

Desempeño en los tiempos de reacción durante la primera sesión

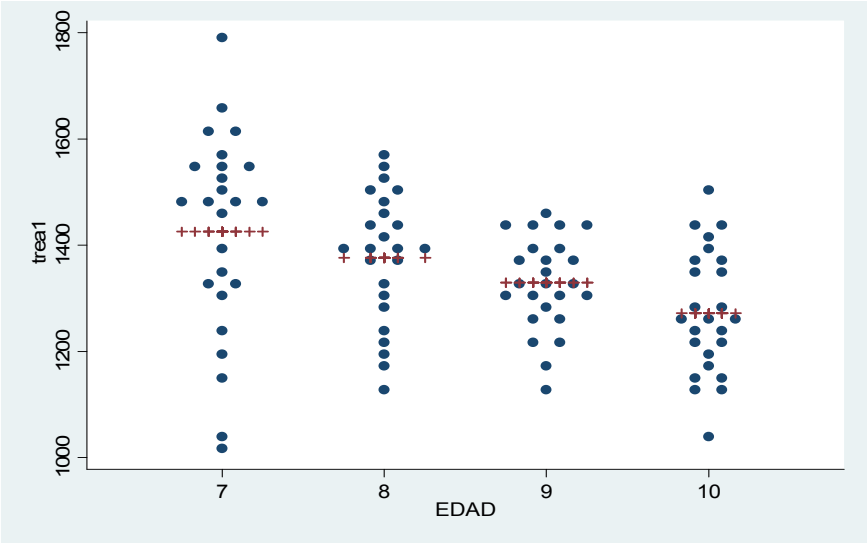


Figura 5. Desempeño en los tiempos de reacción en la primera sesión (trea1) (media), según la edad de los participantes (7, 8, 9 y 10 años), al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (ANOVA de una vía, $p<0.05$).

Desempeño en los tiempos de reacción durante la segunda sesión

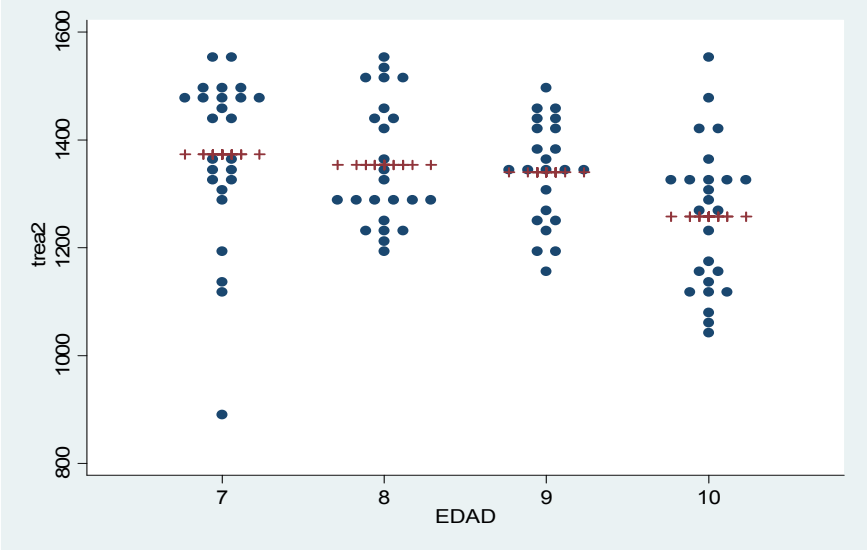


Figura 6. Desempeño en los tiempos de reacción en la segunda sesión (trea2) (media), según la edad de los participantes (7, 8, 9 y 10 años), al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (ANOVA de una vía, $p<0.05$).

Desempeño en los tiempos de reacción durante las cinco sesiones según la edad

Resultados por Edad	7 años				8 años			
	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	F	P <	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	F	P <
Sesión 1	1425.653	191.60699	5.89	0.0010	1376.393	122.38253	5.89	0.0010
Sesión 2	1373.6166	155.29164	3.92	0.0110	1354.127	116.64934	3.92	0.0110
Sesión 3	1349.8353	149.79115	1.66	0.1816	1337.283	119.29073	1.66	0.1816
Sesión 4	1257.6568	145.95149	1.24	0.2983	111.6615	1303.7342	1.24	0.2983
Sesión 5	1283.7224	154.79032	4.24	0.0075	1335.092	126.30056	4.24	0.0075

Resultados por Edad	9 años				10 años			
	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	F	P <	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	F	P <
Sesión 1	1329.3093	86.890641	5.89	0.0010	1271.584	118.43875	5.89	0.0010
Sesión 2	1339.9215	96.162946	3.92	0.0110	1257.590	136.01759	3.92	0.0110
Sesión 3	1330.1419	107.64054	1.66	0.1816	1277.318	114.57725	1.66	0.1816
Sesión 4	1308.0406	116.17654	1.24	0.2983	1251.873	150.57141	1.24	0.2983
Sesión 5	1296.3403	119.24434	4.24	0.0075	1206.01	115.82573	4.24	0.0075

Tabla 2. Desempeño en los tiempos de reacción obtenidos según el grupo de edad de los participantes durante las cinco sesiones, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial.

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según el género.

Por medio del análisis de varianza de una vía (*Kruskal-Wallis)* se evidenció que en lo que refiere a la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de niñas y el grupo de niños participantes (Figura 5 y Figura 6) donde se identifico una mediana de 10 de los 10 lugares posibles en las cinco sesiones; en la sesión uno (p=0.23); sesión dos (p=0.94); sesión tres (p=0.26); sesión cuatro (p=0.26) y sesión cinco (p=0.11).

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante la primera sesión según el género

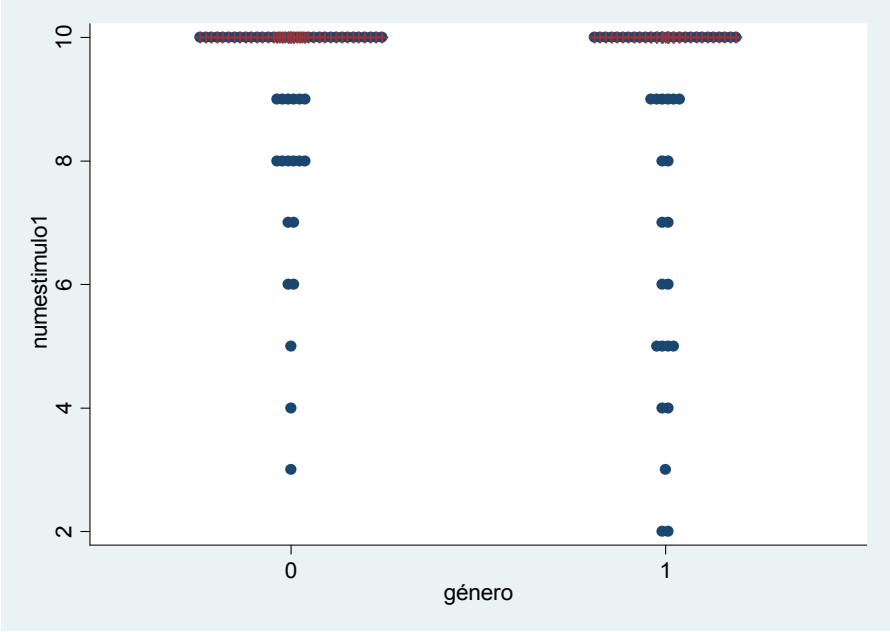


Figura 7. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial en la primera sesión según el género de los participantes (niñas=0 y niños= 1). Numestimulo1=numero de lugares almacenados durante la primera sesión, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (*Kruskal-Wallis*, $p<0.05$).

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante la segunda sesión según el género

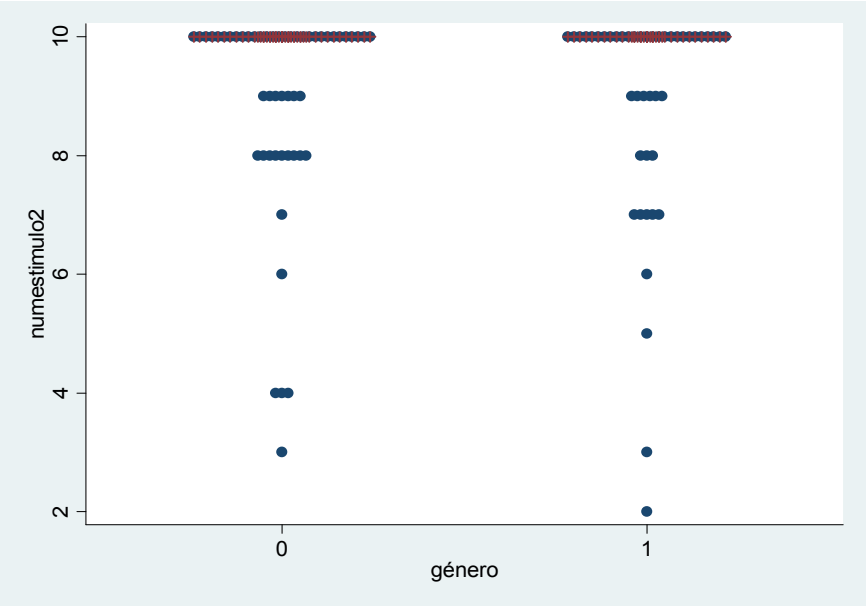


Figura 8. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial en la segunda sesión según el género de los participantes (niñas=0 y niños=1). Numestimulo2=número de lugares almacenados durante la segunda sesión, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (*Kruskal-Wallis*, $p<0.05$).

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante las cinco sesiones según el género

Resultados por Género	Niñas (0)				Niños (1)			
	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	Varianza	Mediana	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	Varianza	Mediana
Sesión 1	9.038462	1.668174	2.782805	10	8.319149	2.468113	6.091582	10
Sesión 2	8.903846	1.785119	3.186652	10	8.866667	1.902152	3.618182	10
Sesión 3	8.692308	2.183166	4.766214	10	8.148936	2.52792	6.390379	10
Sesión 4	8.807692	1.86861	3.491704	10	8.042553	2.750158	7.563367	10
Sesión 5	7.960784	2.727349	7.438431	10	8.511111	2.685163	7.210101	10

Tabla 3. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según el género de los participantes durante las cinco sesiones, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. **Mediana =** Numero de lugares almacenados por el 50% de los participantes.

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según la edad.

El análisis de varianza de una vía *(Kruskal-Wallis)*, mostró presencia de diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes grupos de edades con respecto a la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante las cinco sesiones (Figura 7 y Figura 8) ($p<0.0001$). El grupo de participantes de 7 años arrojó una capacidad de almacenamiento de los lugares de presencia del estímulo inferior (Mediana= 8 lugares) a los participantes de los grupos de edades de 8, 9, y 10 años (Mediana= 10 lugares).

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial en la primera sesión según la edad

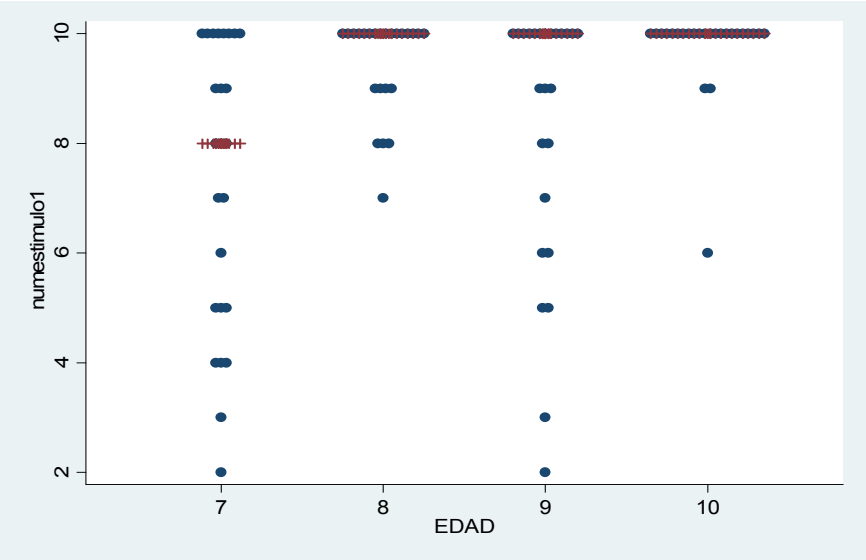


Figura 9. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial en la primera sesión según la edad de los participantes (7, 8, 9 y 10 años). Numestimulo1=número de lugares almacenados durante la primera sesión, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (*Kruskal-Wallis*, $p<0.05$).

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información durante la segunda sesión según la edad

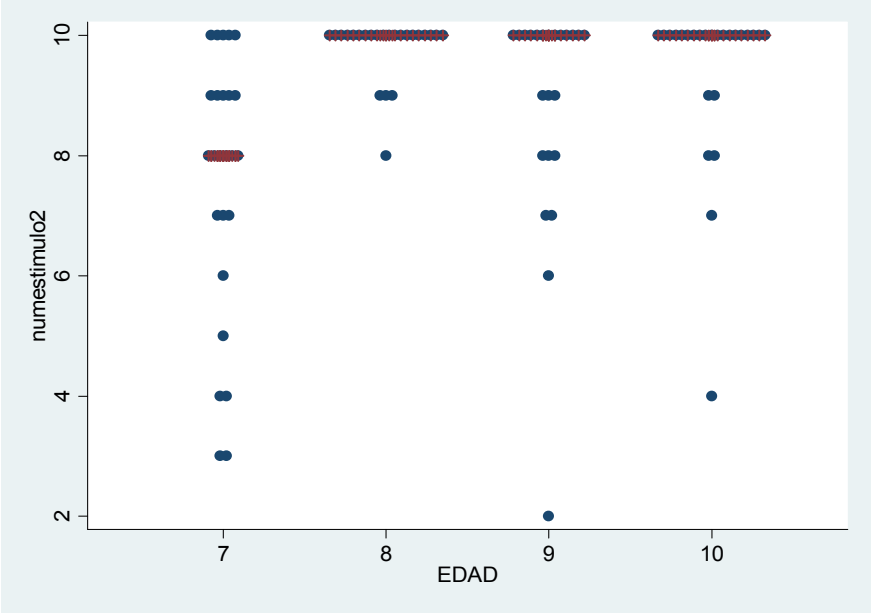


Figura 8. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial en la segunda sesión según la edad de los participantes (7, 8, 9 y 10 años). Numestimulo1=número de lugares almacenados durante la segunda sesión, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. (*Kruskal-Wallis*, $p<0.05$).

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial durante las cinco sesiones según la edad

Resultados por Edad	7 años				8 años			
	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	Varianza	Mediana	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	Varianza	Mediana
Sesión 1	7.32	2.625516	6.893333	8	9.458333	.8836272	.7807971	10
Sesión 2	7.56	2.218859	4.923333	8	9.791667	.5089774	.259058	10
Sesión 3	6.6	3	9	6	8.75	1.823756	3.326087	9.5
Sesión 4	6.44	2.73983	7.506667	6	8.666667	2.315668	5.362319	10
Sesión 5	5.8	3.21455	10.33333	6	8.708333	1.944427	3.780797	10

Resultados por Edad	9 años				10 años			
	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	Varianza	Mediana	Media (M)	Desviación Estándar (DE)	Varianza	Mediana
Sesión 1	8.28	2.424184	5.876667	10	9.76	.8306624	.69	10
Sesión 2	8.826087	1.922408	3.695652	10	9.4	1.384437	1.916667	10
Sesión 3	8.64	2.118962	4.49	10	9.76	.7234178	.5233333	10
Sesión 4	8.72	1.768238	3.126667	10	9.96	.2	.04	10
Sesión 5	8.454545	2.501947	6.25974	10	9.96	.2	.04	10

Tabla 4. Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según la edad de los participantes durante las cinco sesiones, al aplicar la tarea de reconocimiento viso-espacial. **Mediana=** Numero de lugares almacenados por el 50% de los participantes.

2. Descripción de los resultados asociados a la reproducibilidad del Test de Reconocimiento Espacial con Demora

Límites de acuerdo en los tiempos de reacción (TR) para evaluar la reproducibilidad del TRED durante la tarea de reconocimiento viso-espacial.

Al hacer el análisis de la reproducibilidad del TRED en cuanto a los límites de acuerdo en los tiempos de reacción, el Coeficiente de Correlación de Concordancia de Lin (ρ (ro) arrojó una concordancia entre los participantes en la segunda y tercera sesión (Figura 9) (Lin ρ (ro)=0.212), con un Error Estándar (EE)=0.098 y un intervalo de confianza de [IC95%]: 0.020 - 0.403, entre las dos sesiones, con un límite de acuerdo de -312.17 milisegundos para el límite inferior y 329.27 milisegundos para el límite superior, identificando que el 95% de los tiempos de reacción de las dos sesiones se encuentran al interior de los límites de acuerdo según Bland y Altman, (1986).

Por otro lado, el CCC de Lin (ρ (ro) también mostró concordancia entre los participantes en la sesión dos y cuatro (Figura 10) (Lin ρ (ro)= 0.081, con un Error Estándar (EE)=0.095 y un intervalo de confianza de [IC95%]: -0.105 - 0.266, entre las dos sesiones, con un límite de acuerdo de -302.476 milisegundos para el limite inferior y 407.42 milisegundos para el limite superior, identificando que el 95% de los tiempos de reacción de las dos sesiones se encuentran al interior de los límites de acuerdo de Bland y Altman.(1986)

Limites de acuerdo en los tiempos de reacción entre la segunda y tercera sesión

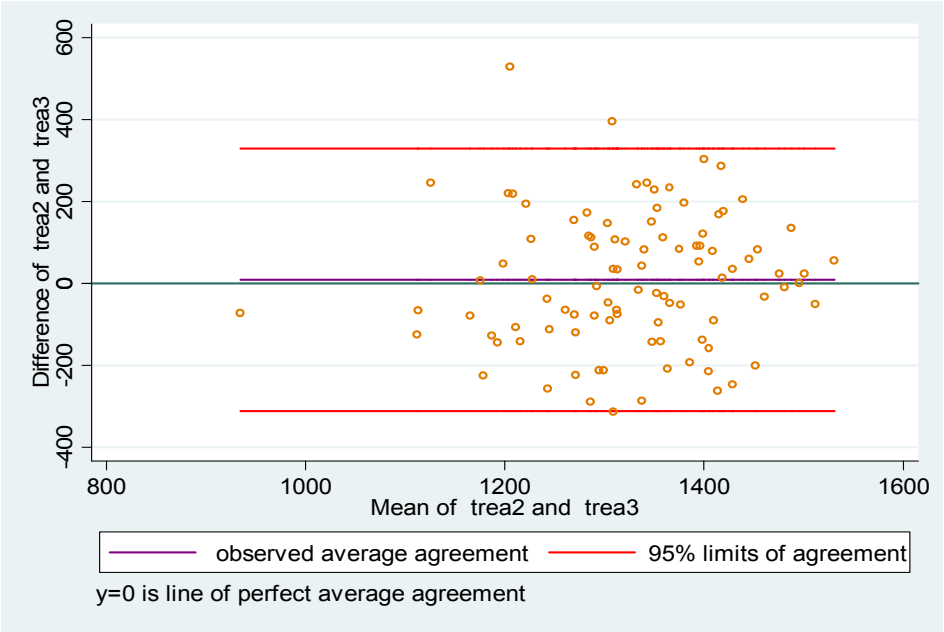


Figura 11. Límites de acuerdo para los tiempos de reacción entre la segunda y tercera sesión. Mean of trea1 and trea2=media de los tiempos de reacción (miliseg) de la segunda (trea2) y tercera (trea3) sesión. Diference of trea2 and trea3=diferencia entre los tiempos de reacción de la segunda y tercera sesión. Limits of agreement=limites de acuerdo al 95%. Observed average agreement=promedio de acuerdo observado. 0= línea de acuerdo promedio perfecto. (Análisis Bland-Altman).

Limites de acuerdo en los tiempos de reacción entre la segunda y cuarta sesión

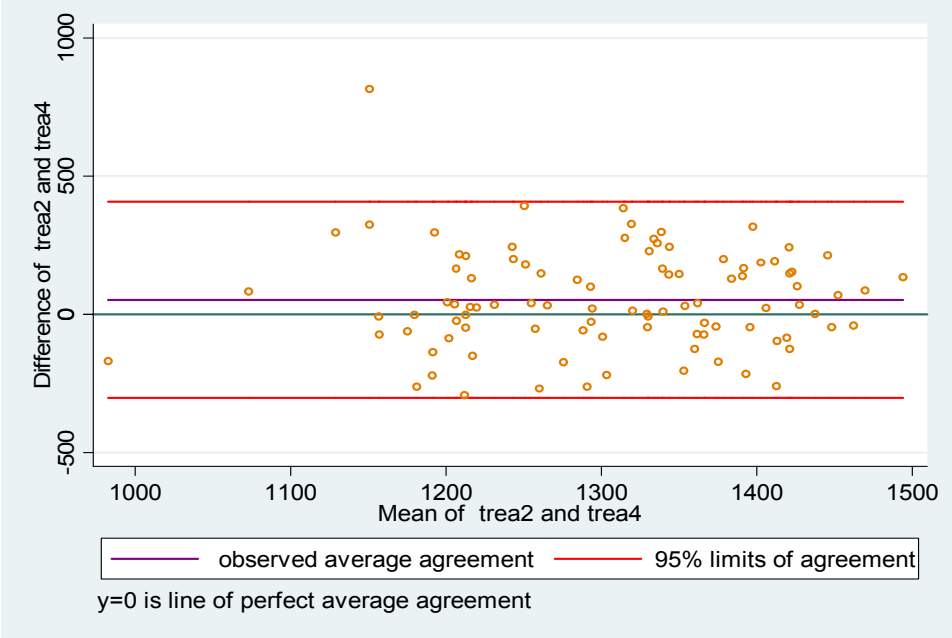


Figura 12. Límites de acuerdo para los tiempos de reacción entre la segunda y cuarta sesión. Mean of trea2 and trea4=media de los tiempos de reacción (miliseg) de la segunda (trea2) y cuarta (trea4) sesión. Diference of trea2 and trea4=diferencia entre los tiempos de reacción de la segunda y cuarta sesión. Limits of agreement=limites de acuerdo al 95%. Observed average agreement=promedio de acuerdo observado. 0= línea de acuerdo promedio perfecto. (Análisis Bland-Altman).

Intervalos de confianza en las cinco sesiones según los tiempos de reacción (TR)

Numero de la Sesión	Trea1		Trea2		Trea3		Trea4	
	rho_c	[95% CI]	rho_c	[95% CI]	rho_c	[95% CI]	rho_c	[95% CI]
Trea2	0.157	-0.037 0.350						
Trea3	0.360	0.192 0.528	0.212	0.020 0.403				
Trea4	0.336	0.180 0.493	0.081	-0.105 0.266	0.320	0.150 0.489		
Trea5	0.170	-0.005 0.345	0.325	0.155 0.495	0.300	0.125 0.474	0.142	-0.056 0.340

Tabla 5. Intervalos de confianza de las cinco sesiones correlacionadas entre si. (rho_c)=Coeficiente de Correlación de Concordancia. [95% CI]=Intervalos de Confianza al 95%.

Límites de acuerdo (LA) en las cinco sesiones, según los tiempos de reacción (TR)

Numero de la Sesión	Trea1											
	(Dp)	(LA) al 95%										
Trea2	18.209	376	-340	Trea2								
				(Dp)	(LA) al 95%							
Trea3	26.969	326	-272	8.548	329	-312	Trea3					
							(Dp)	(LA) al 95%				
Trea4	70.386	374	-234	52.475	407	-302	43.417	335	-248	Trea4		
										(Dp)	(LA) al 95%	
Trea5	69.569	424	-285	49.929	353	-253	43.043	345	-259	-1.505	346	-349

Tabla 6. Límites de Acuerdo de las cinco sesiones correlacionadas entre si y su diferencia promedio (DP), los valores negativos expresan el límite inferior del acuerdo y los valores positivos expresan los límites superiores del acuerdo. Los Límites de Acuerdo se presentan en milisegundos. (LA) al 95%=Límites de Acuerdo al 95%.

Limites de acuerdo en el almacenamiento temporal y control activo de la información espacial para evaluar la reproducibilidad del TRED durante la tarea de reconocimiento viso-espacial.

El Coeficiente de Correlación de Concordancia de Lin (ρ (ro) mostró que en lo relacionado con la reproducibilidad del TRED a partir del almacenamiento temporal y control activo de la información espacial se halló una concordancia entre los participantes en la tercera y la cuarta sesión (Figura 11) (Lin, ρ (ro)= 0.560), con un Error Estándar (EE)=0.070 y un intervalo de confianza de [IC95%]: 0.424 - 0.697, entre las dos sesiones, con un límite de acuerdo de -4.334 lugares para el limite inferior y 4.314 lugares para el limite superior, identificando que el 95% de los lugares almacenados temporalmente y controlados activamente por los participantes de las dos sesiones se encuentran dentro de los limites de acuerdo según Bland y Altman. (1986)

A su vez, el CCC de Lin (ρ (ro) también encontró concordancia entre la primera y tercera sesión (Figura 12) (Lin, ρ (ro)=0.420, con un Error Estándar (EE)= 0.082 y un intervalo de confianza de [IC95%]: 0.258 - 0.582, entre las dos sesiones, con un límite de acuerdo de -4.444 lugares para el limite inferior y 4.969 lugares para el limite superior, identificando que el 95% de los lugares almacenados temporalmente y

controlados activamente por los participantes de las dos sesiones se encuentran dentro de los limites de acuerdo según Bland y Altman. (1986)

Limites de acuerdo en el almacenamiento temporal y control activo de la información espacial entre la tercera y cuarta sesión

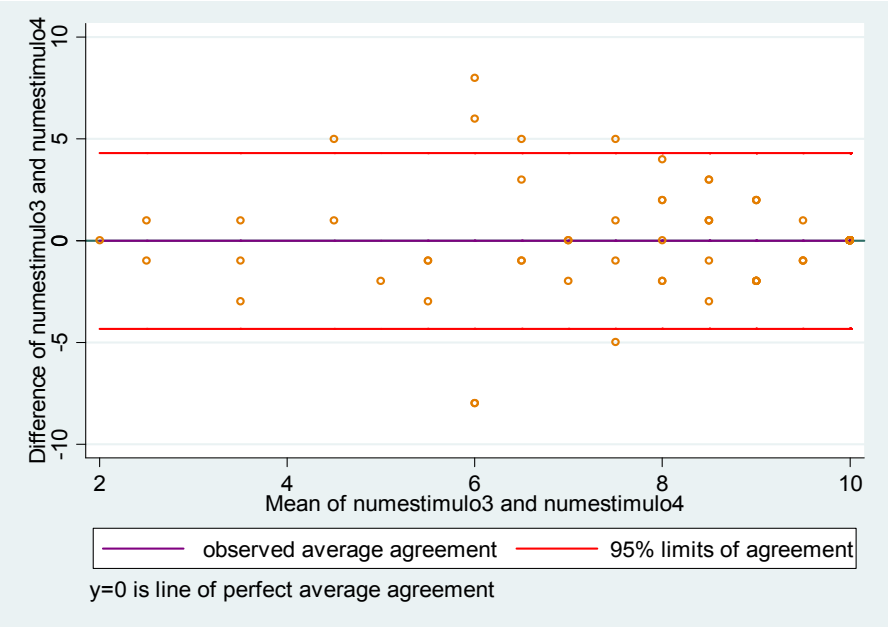


Figura 13. Límites de acuerdo para la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial de los lugares entre la tercera y la cuarta sesión. Mean of numestimulo3 and numestimulo4= media de los lugares almacenados y controlados temporalmente de la tercera y la cuarta sesión. Diference of numestimulo3 and numestimulo4=diferencia entre el número de lugares almacenados y controlados temporalmente por los participantes de la tercera sesión y la cuarta sesión. Limits of agreement=limites de acuerdo al 95%. Observed average agreement=promedio de acuerdo observado. 0=línea de acuerdo promedio perfecto. (Análisis Bland-Altman).

Limites de acuerdo en el almacenamiento temporal y control activo de la información espacial entre la primera y tercera sesión

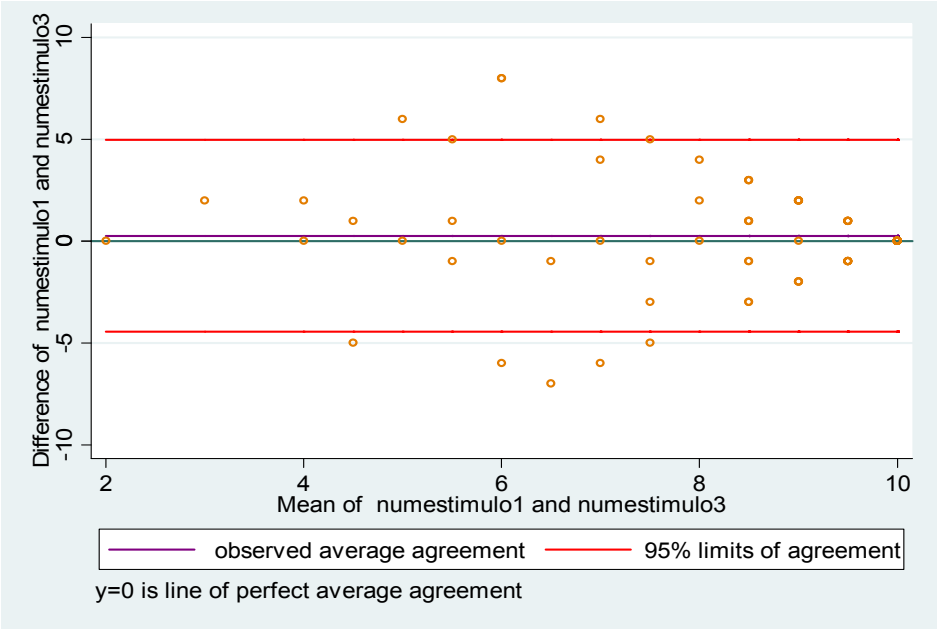


Figura 14. Límites de acuerdo para la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial de los lugares entre la primera y la tercera sesión. Mean of numestimulo1 and numestimulo3=media de los lugares almacenados y controlados temporalmente de la primera y la tercera sesión. Diference of numestimulo1 and numestimulo3=diferencia entre el número de lugares almacenados y controlados temporalmente por los participantes de la primera y la tercera sesión. Limits of agreement=limites de acuerdo al 95%. Observed average agreement=promedio de acuerdo observado. 0=línea de acuerdo promedio perfecto. (Análisis Bland-Altman).

Límites de acuerdo (LA) en las cinco sesiones según la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial.

Numero de la Sesión	Numestimulo1			Numestimulo2			Numestimulo3			Numestimulo4		
	(Dp)	(LA) al 95%		(Dp)	(LA) al 95%		(Dp)	(LA) al 95%		(Dp)	(LA) al 95%	
Numestimulo2	-0.155	-5.025	4.715									
Numestimulo3	0.263	-4.444	4.969	0.443	-4.424	5.310						
Numestimulo4	0.253	-3.856	4.361	0.433	-4.334	5.200	-0.010	-4.334	4.314			
Numestimulo5	0.500	-5.058	6.058	0.667	-4.882	6.215	0.208	-5.164	5.581	0.219	-4.700	5.138

Tabla 7. Límites de Acuerdo de las cinco sesiones correlacionadas entre si y su diferencia promedio (DP), los valores negativos expresan el límite inferior del acuerdo y los valores positivos expresan los límites superiores del acuerdo. Los Límites de Acuerdo se presentan en milisegundos. (LA) al 95%=Límites de Acuerdo al 95%.

Intervalos de confianza en las cinco sesiones según la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial

Numero de la Sesión	Numestimulo1			Numestimulo2			Numestimulo3			Numestimulo4		
	rho_c	[95% CI]		Rho_c	[95% CI]		rho_c	[95% CI]		rho_c	[95% CI]	
Numestimulo2	0.208	0.018	0.398									
Numestimulo3	0.420	0.258	0.582	0.303	0.130	0.476						
Numestimulo4	0.555	0.258	0.582	0.334	0.165	0.503	0.560	0.424	0.697			
Numestimulo5	0.312	0.419	0.691	0.242	0.073	0.411	0.418	0.254	0.583	0.513	0.366	0.660

Tabla 8. Intervalos de confianza de las cinco sesiones correlacionadas entre si. (rho_c)= Coeficiente de Correlación de Concordancia. [95% CI]=Intervalos de Confianza al 95%.

DISCUSION

La presente investigación, buscó aportar al conocimiento de la memoria de trabajo asociada a información viso-espacial, a través de la evaluación de un grupo de niños escolarizados entre los 7 y 12 años de edad, utilizando como herramienta de evaluación el Test de Reconocimiento Espacial con Demora (TRED).

Teniendo en cuenta lo anterior, inicialmente la discusión se dará alrededor del criterio de reproducibilidad que posee el TRED, posteriormente se discutirá el desempeño en la tarea de memoria viso-espacial que tuvieron los participantes del estudio y finalmente la correlación entre dicho desempeño y las variables género y edad.

1) ¿Cumple con el criterio de reproducibilidad el Test de Reconocimiento Espacial con Demora en la evaluación de tareas de memoria espacial en una muestra de niños escolarizados?

La presente investigación evaluó la reproducibilidad del Test de Reconocimiento Espacial con Demora (TRED) como un instrumento que puede ser utilizado para la descripción del desempeño en una tarea que implica la participación de la memoria de trabajo viso-espacial de niños en condiciones escolares; esto se realizó a partir de dos ejes de análisis, el primero de ellos el tiempo de reacción (TR) y el segundo la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial, con un tiempo de demora constante de dos segundos (intervalo de retención) para las cinco sesiones.

Para establecer la reproducibilidad se utilizaron los métodos estadísticos Bland y Altman (1986) y el Coeficiente de Correlación de Concordancia de Lin, (1989) pero ¿por qué utilizar estos métodos para evaluar la reproducibilidad del TRED?, Mandeville, (2007) argumenta que en cualquier validación de un ensayo (assay) o proceso de validación de un instrumento, la reproducibilidad de mediciones es de interés. Además, cuando un nuevo ensayo o instrumento está desarrollado, es importante evaluar si otro nuevo puede reproducir los mismos resultados que el tradicional o estándar de oro. Tales procesos de validación frecuentemente se evalúan utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, la prueba de *t* pareada, el análisis por cuadrados mínimos con pendiente igual a 1 y el intercepto igual a 0, el coeficiente de variación o el coeficiente

de correlación intraclase. Explica dicho autor que existen desventajas en el uso de todas estas estadísticas, ya que no se puede evaluar la reproducibilidad utilizando solamente una de éstas. La correlación y regresión lineal son suficientes para evaluar el acuerdo entre dos métodos, pero existe la necesidad de un índice de resumen para evaluar la reproducibilidad de las mediciones. Este índice fue desarrollado por Lin, (1989) y se denomina Coeficiente de Correlación de Concordancia.

Lo expuesto anteriormente, permite entender como lo explican Martín y Luna Del Castillo, (2004) que las Ciencias de la Salud son experimentales y se basan en el método inductivo, siendo el único modo de validar tales inducciones el Método Estadístico. De igual forma para comprender los fenómenos humanos desde las Ciencias de la Salud es importante recurrir a procedimientos estadísticos como el análisis de varianza o los coeficientes de correlación de concordancia, con el ánimo de establecer acercamientos cada vez más objetivos y precisos sobre los procesos neuropsicológicos, pero a su vez es importante también reconocer que esta objetividad que se alcanza a través de los procedimientos estadísticos no determina en su totalidad la dinámica cognitiva y biológica de los individuos, puesto que esta dinámica tiene el carácter de ser interpretada por los psicólogos, médicos o neurocientíficos. La decisión sobre qué es un límite de acuerdo aceptable es exclusivamente clínica; la estadística por sí sola no puede responder a esta pregunta (Buyer, 2001).

Argumentando la utilización de los procedimientos estadísticos en la evaluación de los test o instrumentos utilizados en las Ciencias de la Salud, Martín y Luna Del Castillo, (2004) plantean que existen cuatro aspectos que sustentan la importancia de la estadística en las ciencias de la salud: a) la variabilidad biológica de los individuos hace que sus datos sean impredecibles y que el modo de controlarlos sea a través del Método Estadístico, b) la naturaleza cada vez más cuantitativa de las Ciencias de la Salud requiere del Método Estadístico para analizar y poner en orden los datos, c) la investigación en el campo de las Ciencias de la Salud requiere de la Estadística en sus etapas de diseño, recopilación de datos y análisis de los resultados, d) la naturaleza del trabajo clínico es en esencia de tipo probabilístico o estadístico, disciplinas que dan rigor y objetividad a los clásicos procesos subjetivos de diagnóstico, pronóstico y tratamiento y, e) la perspectiva comunitaria de las Ciencias de la Salud requiere del uso de la

estadística para poder extrapolar las conclusiones desde la parte estudiada de la población a su Globalidad.

En el caso del presente estudio, la utilización de los métodos estadísticos permitió identificar primero una concordancia para la Capacidad de Almacenamiento Temporal (CAT) y Control Activo de la Información Espacial (CAIE), encontrándose un coeficiente de correlación de concordancia de Lin de ρ(ro)=0.560, con intervalos de confianza [IC95 %] entre: 0.424 - 0.697, al correlacionar las cinco sesiones, identificando que el 95% de los lugares almacenados temporalmente y controlados activamente por esta muestra de niños en condiciones de escolarización se encuentran entre los limites de acuerdo (Bland y Altman, 1986). Siendo esto un acercamiento al comportamiento de la CAT y la CAI en niños sometidos al TRED.

De la misma forma, se encontró una concordancia, en los tiempos de reacción (TR), de ρ(ro)=0.212 con intervalos de confianza [IC95%] entre: 0.020 - 0.403, identificando que el 95% de los tiempos de reacción correlacionados se encuentran al interior de los límites de acuerdo. De esto, se puede proponer que los datos encontrados aportan a la comprensión de esta variable neurofisiológica (TR) en niños utilizando una tarea de reconocimiento espacial computarizada que involucra la memoria de trabajo viso-espacial.

Buyer, (2001) explica que son numerosas las razones para realizar amplias evaluaciones que lleven a estudios de reproducibilidad. Ante todo, mientras continúa debatiéndose el papel que desempeñan las pruebas estandarizadas, éstas proporcionan un método completo y ***relativamente objetivo*** para comparar a un individuo en una variedad de actividades (probablemente que indican aspectos de su funcionamiento cognitivo, motor, lingüístico y perceptivo) con sus contemporáneos. Estas evaluaciones están intrínsecamente relacionadas con su desarrollo, pero sólo cuando se mide el desempeño de un niño y adolescente en comparación con los demás niños y adolescentes de su misma edad. Tradicionalmente, se investigan mucho estas pruebas y el grado de dificultad de un niño con relación a su grupo de la misma edad es indudablemente cierto.

Estos argumentos proporcionaron el marco de comprensión a través del cual el TRED se establece como una herramienta útil dentro de la evaluación neuropsicológica de la memoria de trabajo viso-espacial en niños.

En consecuencia lo que se busca es establecer parámetros descriptivos a través de procedimientos estadísticos de utilidad clínica a partir de la obtención y análisis de los datos, esto concuerda con lo expuesto por Muñiz, Prieto, Almeida & Bartram, (1999) quienes plantean que las pruebas constituyen una excelente herramienta para los psicólogos, ya que al ser utilizadas correctamente y junto con otros datos son de gran utilidad para la práctica de la disciplina y de gran beneficio para la sociedad. Esta utilidad que se estableció a través del TRED concuerda con lo planteado en la evaluación neuropsicológica infantil por Aman, (1991) citado por Etchepareborda, (1999) quien frente a la pregunta ¿qué se puede plantear en torno a la aplicación de los test computarizados?, distingue específicamente cuatro aplicaciones principales: evaluación de los mecanismos básicos, documentación del perfil cognitivo, control evolutivo del entrenamiento cognitivo, y monitorización de fármacos psicoactivos. En el caso de la presente investigación, con la utilización del TRED, se logra la evaluación de mecanismos neuropsicológicos básicos, y a su vez promover la condiciones para evaluar basados en evidencias tal y como lo proponen Hunsley & Mash, (2007) dando un papel central a la evaluación de pruebas basadas en la práctica, siendo de urgente necesidad la ejecución de investigaciones clínicamente relevantes que puedan informar sobre evaluaciones basadas en la evidencia.

2) ¿Cuál es el desempeño en tareas de memoria viso-espacial en una muestra de niños escolarizados a partir de la aplicación del Test de Reconocimiento Espacial con Demora?, ¿existe correlación entre dicho desempeño y las variables edad y género?

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial y tiempos de reacción según edad.

Los resultados encontrados sobre el desempeño de los niños en la investigación aplicando el Test de Reconocimiento Espacial con Demora (TRED), develan que el total de los participantes lograron de manera adecuada representar y almacenar temporalmente la información sobre las coordenadas espaciales de cinco lugares. Pero al comparar las ejecuciones entre los diferentes grupos de edades, fue evidente que a

medida que el número de lugares aumentó hasta diez se presentaron diferencias entre dichos grupos, donde el grupo de niños de menor edad (7 años) logró retener en promedio ocho lugares, mientras que los niños de mayor edad (8, 9 y 10 años) retuvieron en promedio diez lugares. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Vuontela, Steenari, Carlson, Koivisto, Fjällberg, & Aronen, (2003) quienes encontraron mejoras relativas a la edad en una tarea cognitiva, en sus estudios niños más jóvenes obtuvieron un menor desempeño que los niños de mayor edad, quienes sin embargo no alcanzaron el nivel de desempeño de un adulto. Según estos autores, esto apoya la idea de que el desarrollo y la organización fisiológica de la corteza prefrontal, continúan a través de la niñez y de la adolescencia, y está acompañado por el desarrollo de capacidades cognoscitivas tales como la memoria de trabajo y la atención, las cuales se atribuyen a la actividad sináptica de la corteza prefrontal.

De igual forma Romine & Reynolds, (2005) explican que el desarrollo progresivo en el desempeño de tareas cognitivas, se ha demostrado a partir de varios procesos, con maduración de diferentes funciones, y en diferentes momentos. Argumentan estas investigadoras que el periodo de mayor desarrollo parece ocurrir entre los 6 y 8 años de edad, con aumentos moderados entre las edades de 9 y 12 años, y que el desempeño se aproxima al nivel de los adultos en los primeros años de la adolescencia. Sumado a esto, Korkman, (2001) argumenta que el desempeño en tareas cognitivas cambia con la edad, y que el periodo crítico de desempeño más importante se da antes de los 9 y 10 años, con cambios menos evidentes durante la adolescencia. Esto puede comprenderse a partir de dos planteamientos, primero Courtney, Ungerleider, Keil, & Haxby, (1996) explican que han investigado la organización funcional de la corteza frontal humana usando la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP), para medir cambios en el Flujo Sanguíneo Cerebral regional (FSCr) asociados a la memoria de trabajo de caras y localizaciones espaciales. Los estímulos para las tareas de memoria de trabajo de caras y de la localización eran idénticos, de modo que las diferencias en el cambio de los patrones del (FSCr) se pudieron atribuir a la diferencia entre la retención selectiva de la identidad de la cara o la localización de la cara y no a las diferencias del estímulo. Los resultados anteriores sugieren que la memoria de trabajo que está vinculada con la actividad neuronal de los lóbulos frontales tanto en seres humanos,

como en monos, está segregada funcionalmente, de la siguiente manera: una región dorsal para la localización espacial y regiones más ventrales para la identidad del objeto. Esta ubicación anatómica de la memoria de trabajo para la localización se da por la activación profunda del surco frontal superior al cual se asigna el nombre de corteza prefrontal. Lo que es claro es que esta misma área se ha considerado en diversos estudios de la memoria de trabajo espacial y de otras tareas viso-espaciales. Y, segundo Rosselli, (2002) expone que el proceso de mielinización cerebral se inicia unos tres meses después de la fertilización, sin embargo, en el momento del nacimiento sólo unas pocas áreas del cerebro están completamente mielinizadas, como los centros del tallo cerebral que controlan los reflejos, porque de ellos depende la supervivencia. Una vez mielinizados sus axones, las neuronas pueden alcanzar su funcionamiento completo y pueden presentar una conducción rápida y eficiente. Los axones de las neuronas de los hemisferios cerebrales presentan una mielinización particularmente tardía, a pesar de que este proceso de mielinización se inicia en un período postnatal temprano. Las fibras comisurales, de proyección y de asociación son fibras que alcanzan su completa mielinización en una época más tardía. Las distintas regiones de la corteza cerebral se mielinizan en etapas diferentes. Las áreas primarias sensoriales y motrices inician su proceso de mielinización antes que las áreas de asociación frontal y parietal; estas últimas solamente alcanzan un desarrollo completo hacia los 15 años, Se supone que este proceso de mielinización es paralelo al desarrollo cognoscitivo en el niño.

Este planteamiento acerca de los procesos de mielinización permite comprender que las áreas que participan en la memoria de trabajo viso-espacial tienen un desarrollo completo posterior a la edad de los niños que participaron en la presente investigación, esto se sustenta a través de las investigaciones que establecen que la corteza prefrontal dorso-lateral y la corteza parietal posterior son las áreas activadas en la memoria de trabajo viso-espacial (Goldman-Rakic, 1987; Mccarthy, et al., 1994; Carpenter, Just, Keller, & Eddy, 1999; Nelson, 2000; Wang, Johnson & Zhang, 2001; Oliveri et al., 2001; Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002; Kwont, Reiss, & Menon 2002; Miyashita, Tabuchi & Tanaka, 2003; Van der Velde, De Kamps, 2003; Vuontela, Steenari, Carlson, Koivisto, Fjällberg. & Aronen, 2003; Rizzuto, Mamelak, Sutherling,

Fineman & Andersen 2005; Leung, Oh, Ferri & Yi, 2006; Teixeira, Pomedli, Maei, Kee & Frankland, 2006; Tsujimoto, Kuwajima & Sawaguchi 2007).

Ornstein & Haden, (2001) plantean dos aspectos fundamentales en la comprensión de los cambios en el desempeño en memoria de trabajo según la edad. En primer lugar explican que, una medida considerable, de los cambios dramáticos en la memoria puede entenderse en términos de diferencias relacionadas con la edad, en los procesos básicos que están implicados en la codificación, almacenamiento, la recuperación, y la presentación de la información. En segundo lugar, es el conocimiento sobre los materiales o eventos que se recuerdan, la mayor influencia en el flujo de información en el sistema de memoria de los niños.

En la presente investigación se estableció como limite máximo de almacenamiento, diez lugares, a través de la utilización del TRED y se encontró a través de las sesiones una diferencia en el proceso de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial según la edad de los participantes, diferencia que se manifestó en el almacenamiento promedio de los diferentes grupos de edad, por que mientras los grupos de niños en edades de 8, 9 y 10 años lograban almacenar temporalmente en promedio diez lugares de los diez posibles, el grupo de niños de 7 años alcanzó a lo largo de las cinco sesiones un promedio de 8 lugares de los diez posibles, estos resultados son similares a los encontrados por Van Leijenhorst, Crone & Van der Molen, (2007) quienes investigando la memoria de trabajo emplearon una tarea que requirió de dicha memoria utilizando un componente espacial, en esa investigación se demostró que todos los grupos de una misma edad, realizaron la tarea exactamente igual cuando la longitud de la serie era corta (es decir, cuatro artículos). Estos investigadores argumentan que usando una carga en memoria de trabajo de solamente cuatro artículos el funcionamiento de todos los grupos de una misma edad igualó el funcionamiento en la tarea espacial del grupo control (es decir, tarifa de error >10%). Sin embargo, en todos los grupos de la misma edad, el funcionamiento declinó cuando la carga en memoria de trabajo (MT) aumentó, lo interesante de esta declinación es que era más pronunciada en los grupos de edad más jóvenes.

Una explicación a este fenómeno es aportado por Tsujimoto, Kuwajima & Sawaguchi, (2007) quienes explican que sus estudios han establecido que las áreas

laterales de la corteza prefrontal (CPFL) desempeñan un papel crítico en la ejecución de las tareas de la memoria de trabajo y de la respuesta de inhibición (RI), el estudio se centró en el desarrollo de la memoria de trabajo y de RI. Estos estudios de la morfología del cerebro han demostrado que la CPFL en seres humanos experimenta una maduración considerable durante la niñez temprana (entre las edades de cerca de 2 y 7 años), incluyendo una reducción dramática en la densidad neuronal, una extensión marcada en los árboles dendríticos de las células piramidales, y un aumento en el volumen de la materia gris y blanca. Por lo tanto, el período de la niñez temprana es la edad para enseñar, por que es un periodo importante en el desarrollo de la función de CPFL.

De igual forma Vuontela, Carlson, Koivisto, Fjällberg & Aronen, (2003) complementa esta explicación con los resultados de su investigación, donde se demostró que el funcionamiento auditivo y visual de la memoria de trabajo mejora con la edad, argumentando que esto es debido a una maduración funcional de los procesos cognoscitivos y de áreas subyacentes del cerebro. En una investigación sobre el desarrollo neuronal, su influencia en la memoria de trabajo, y la edad en la que aparecen los mayores índices de desarrollo neuronal, Nelson, (2000) encontró que la memoria de trabajo surge en la infancia intermedia con un considerable margen de mejora a través de la adolescencia. Los resultados de dicho estudio reflejan que los niños prepúberes muestran un patrón de activación cerebral en una tarea de memoria de trabajo espacial notablemente similar a la de los adultos, siendo las áreas involucradas las caras dorsales de la corteza frontal, la zona parietal posterior, y las zonas anteriores de la corteza del cíngulo. Así mismo años más tarde buscando tener un acercamiento a las áreas corticales participantes en la memoria de trabajo, Capilla et al., (2004) plantean que los estudios de memoria de trabajo realizados con resonancia magnética funcional (RMf) muestran que las regiones cerebrales activadas durante la realización de estas tareas en niños son, básicamente, las mismas que las activadas en adultos. Las diferencias encontradas entre unos y otros se refieren, más que a la localización, a la intensidad de la señal. La intensidad de la activación sería hasta dos o tres veces superior en los niños, sugiriendo que este incremento en la intensidad de la señal podría deberse a que la tarea sea proporcionalmente más difícil en los niños, ya que éstos estarían sometidos a una mayor cantidad de demandas de memoria de trabajo con respecto a los adultos. Según estos

mismos autores, en el desarrollo de la memoria de trabajo intervendrían tres procesos. En primer lugar, la maduración estructural de regiones cerebrales específicas. En segundo lugar, el refinamiento de los circuitos locales dentro de esas regiones, es probable que el fenómeno de poda sináptica intervenga para lograr este refinamiento. Y, en tercer lugar, se formarían redes neurales extensas, de larga escala, que integrarían las interacciones entre distintos circuitos locales. Explican estos investigadores que cabe la posibilidad de que el proceso de mielinización y de maduración de la sustancia blanca contribuya a mejorar la comunicación entre la corteza prefrontal y las distintas regiones corticales y subcorticales subyacentes al funcionamiento de la memoria de trabajo.

De igual forma, en otro estudio realizado por Tsujimoto, Kuwajima & Sawaguchi, (2007) se analizan los procesos mnemónicos de las estructuras independientes en niños, particularmente con respecto a diversos sistemas de memoria de trabajo, bajo el modelo en el cual hay sistemas fraccionados con dominios específicos para el análisis ejecutivo espacial y oral, en tal estudio se explica que los niños de 8 y 9 años tienen ya tales sistemas fraccionados para la memoria de trabajo. Estos resultados también explican que el sistema de RI está aparte de los sistemas de MT en niños de 8 y 9 años. Tomado junto con los resultados de correlaciones significativas entre diversas modalidades de memoria de trabajo (MT), y entre MT y RI, en niños de 5 y 6 años, estos autores sugieren que los sistemas neuronales funcionales, especialmente en el LPFC para WM viso-espacial, WM auditiva, y RI, se fraccionan durante la niñez, de tal manera que se permite un proceso más eficiente de estas funciones cognoscitivas críticas.

Kwont, Reiss & Menon, (2002) han demostrado que las capacidades espaciales de la MT mejoran substancialmente de la edad de 14 a 20 años, con mejoras significativas en la exactitud y el tiempo de reacción (TR). La investigación con neuroimagen extensa en adultos ha demostrado que varias regiones prefrontales y parietales del cerebro, incluyendo la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL), corteza prefrontal ventro-lateral (CPFVL), corteza premotora (CPM), y la corteza parietal posterior (CPP), desempeñan papeles críticos y diferenciados en la memoria de trabajo viso-espacial (MTVE) (7-10 años).

Finalmente, los tres principales componentes del modelo de memoria de trabajo de Baddeley & Hitch, (1974) citados por Baddeley, (2000) están presentes alrededor de

los 6 años de edad. La capacidad de cada uno de los componentes aumenta linealmente desde los 4 años hasta los comienzos de la adolescencia. Esta estructura de la organización de la memoria de trabajo permanece más o menos constante durante la infancia.

Una conclusión evidente es que en muchos estudios los efectos de la edad parecen ser más acentuados por debajo de los 9 a 10 años, que después de estas edades. Es importante llamar la atención sobre la escasez de datos en este ámbito y las posibilidades de utilización de las bases de datos existentes para el estudio sobre el desarrollo normal en la edad escolar (Korkman, 2001).

En lo que refiere a los tiempos de reacción, durante las 5 sesiones, se observó una diferencia entre el grupo de edad de 7 años y los grupos de edades de 8, 9 y 10 años, donde el tiempo de reacción comienza a disminuir a medida que aumenta la edad. Estos resultados son consistentes con los encontrados en otras investigaciones (Backen, Rothbart & Posner, 2003) donde han encontrado que en general los grupos de niños, muestran una disminución, con la edad, en los tiempos de reacción simples (TRS), pero las conclusiones del estudio apuntan a que el aumento con la edad no necesariamente es significativo para TRS. Este grupo de investigadores argumentan que cuando los niños cometen un error respondiendo a la inhibición de los ensayos, también sus TRS aumentan de forma significativa con la edad. Estos aumentos probablemente reflejan la creciente exactitud de los niños mayores en la inhibición de los ensayos, como la capacidad para inhibir aumenta, hay más conflictos en los ensayos de error que no son inhibidas con éxito. Incluso en los ensayos, los niños mayores son más cautos, y no expresan el modelo habitual donde los TR disminuyen con la edad. En los resultados de estos estudios se predijo que con la edad, los niños cada vez más son capaces de detectar sus errores, tal como se refleja en el aumento de los tiempos de reacción, diferente a lo encontrado con los niños más jóvenes, quienes reflejan una incapacidad para detectar el error.

Miller & Vernon, (1996) plantean un acercamiento a la comprensión de los tiempos de reacción en la infancia y su vinculación con la memoria de trabajo como predictores de la inteligencia, estos investigadores plantean dos explicaciones que concuerdan con lo encontrado en la presente investigación en lo relacionado a la edad.

Estos autores primero proponen que la velocidad de procesamiento es una habilidad que madura en el contexto de la experiencia, la educación y la cultura. Esta hipótesis se argumenta a partir del hecho de que la velocidad no parece ser una capacidad que se enseña a los niños de corta edad. Sin embargo, como individuos maduros, la velocidad se convierte en un factor más importante en la educación, la formación profesional y en el rendimiento en el trabajo. Esto implica además que, cultural y educativamente la velocidad no es alentada o exigida hasta la infancia tardía. A medida que los niños maduran, la velocidad se convierte en un elemento más importante en la educación, con una relativa mayor velocidad de aprendizaje y, por consiguiente, el aumento de las capacidades cristalizadas.

Capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial y tiempos de reacción según género.

A su vez al hacer un análisis estadístico para determinar si existían o no en la muestra de niños evaluados diferencias en la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información de las coordenadas espaciales según el género, se halló que éste no determina un mejor desempeño en la tarea, tanto las niñas como los niños lograron retener el total de los diez lugares posibles presentados en el TRED.

Gilmartin & Patton, (1984) argumentan que dentro de la gama de variaciones normales en la capacidad espacial, una generalización que emerge de los diseños de investigación es que los hombres son más hábiles que las mujeres en tareas espaciales. Esto se ha aceptado extensamente y se ha aplicado a una variedad de actividades viso-espaciales, incluyendo lo concerniente a conocimientos en geografía. Los resultados de los estudios de dichos autores, sugieren dos conclusiones. Primero, que la mayor parte de las habilidades investigadas en el uso de mapas geográficos no reflejan diferencias entre las mujeres y los hombres; la generalización de que las capacidades espaciales de los hombres son superiores a las de las mujeres no tiene consistencia en el contexto donde se llevó a cabo la investigación. En segundo lugar, se encontró una cierta evidencia correlacionada con la edad, donde los patrones en la capacidad de la lectura de mapas de mujeres jóvenes pertenecientes a un mismo grupo de edad presentaron en su mayoría dificultad con tareas de mapa, pero tales diferencias no estaban presentes en las

participantes de mayor edad, una vez más esto no corresponde a las tendencias de desarrollo descritas por los psicólogos. Estos resultados sugieren que los factores educativos o experienciales pueden ayudar a las mujeres a superar cualquier desventaja temprana en el desempeño en tareas donde se utilicen mapas. Estos datos concuerdan con lo encontrado en el presente estudio donde las niñas y los niños no presentaron diferencias estadísticamente representativas en tiempo de reacción y en su capacidad de almacenamiento y control activo de la información sobres las coordenadas espaciales.

Por otro lado, Lamm, Fischmeister & Bauer, (2005) estudiaron las áreas del cerebro activadas en la solución de diversos tipos de tareas de rotación mental y reveló con esto que hombres y mujeres se han emparejado en su nivel de funcionamiento. Según interpretaciones de los mismos autores los hombres parecen utilizar una red viso-perceptiva más básica (con una actividad más alta a nivel parietal inferior derecho y en el surco parieto-occipital izquierdo), mientras que la actividad de las mujeres está más en línea con una estrategia viso-motora, puesto que demuestran más actividad que los hombres a nivel parietal dorsal lateral y áreas premotoras superiores. Adicionalmente, también observaron que los hombres demostraron una actividad más alta en la corteza motora primaria izquierda, lo cual se demostró a través de imágenes explícitas. Sin embargo, los niveles de funcionamiento entre los hombres y las mujeres fueron diferentes, estas diferencias se pudieron haber relacionado con la capacidad que hombres y mujeres tienen en tareas específicas.

En lo que refiere a los tiempos de reacción, los resultados arrojados por la evaluación con el TRED, no muestran diferencias significativas entre las niñas y los niños. Dichos resultados no coinciden con los encontrados por Vuontela, Steenari, Carlson, Koivisto, Fjällberg & Aronen, (2003) quienes exponen que los niños tienen tiempos de reacción más cortos, menos exactos y con más errores que las niñas. Estas diferencias entre los géneros eran más evidentes en la categoría de edad más joven (6-8 años) e insignificante en la categorías de más edad (11-13 años).

Linn & Petersen, (1985) llevaron a cabo un metanálisis sobre la diferencia en habilidades espaciales entre sexos, argumentando que muchas hipótesis sobre dichas diferencias han resultado de las explicaciones con respecto a los cambios hormonales en la pubertad. Dado que el metanálisis no mostró cambios en la magnitud de la capacidad

espacial de hombres y mujeres a principios de la adolescencia, se plantea que es poco probable un mecanismo biológico que marque diferencias entre sexos en la etapa de la pubertad. Además, aunque muchos factores que rigen la aparición de diferencias entre sexos en la capacidad espacial en la pubertad se han propuesto, esta investigación prueba que son inconsistentes.

Contrario a lo encontrado al comparar los géneros en los niños sometidos al TRED, una investigación realizada por Vederhus & Krekling, (1996) muestra diferencias significativas en función del sexo en tareas de rotación mental, y percepción espacial en niños de 9 años de edad, lo que demuestra que no son fiables las diferencias según el sexo en el periodo prepuberal en la capacidad espacial. Estas diferencias se produjeron en pruebas que son similares a las que presentan las mayores diferencias en cuanto a sexo en los adolescentes y adultos. Sin embargo, en otra tarea de visualización espacial, utilizada por estos mismos autores, no se observaron diferencias entre sexos.

Otro grupo de investigaciones (Klenberg, Korkman & Lahti-Nuuttila, 2001) explica que las niñas son superiores en subpruebas de inhibición, en las tareas más complejas de atención selectiva, y en las tareas de fluidez verbal. Las niñas obtuvieron menos errores en el grupo de edad de 3 a 5 años. Adicionalmente, este grupo de investigadores encontró que a la edad de 6 años, los niños tienen un desempeño en la tarea igual al desempeño de las niñas, y después de esta edad no encontraron diferencias en cuanto a sexo. Parece que la inhibición y control de impulsos madura antes en las niñas, pero los niños se equiparan con las niñas a la edad de 6 años. El hecho de que los niños necesiten más actividad motora y, a menudo, pasen menos tiempo en actividades de orientación en edad preescolar, puede ser fácilmente observado en la vida cotidiana. Sin embargo, los niños en edad escolar deben tener habilidades inhibitorias tan buenas como las niñas. Dificultades en la atención selectiva y en la capacidad de concentrarse en la edad escolar, tanto en los niños como en las niñas, probablemente están más relacionadas con los trastornos del desarrollo.

Vuontela, Steenari, Carlson, Koivisto, Fjällberg & Aronen, (2003) demostraron que el funcionamiento en memoria de trabajo visual y auditiva mejora con la edad, sugiriendo la maduración funcional de procesos cognoscitivos y de áreas subyacentes del cerebro. Las diferencias de género encontradas en el funcionamiento de las tareas de

memoria de trabajo sugieren un grado más grande de inmadurez en niños que en niñas en el período de edad de 6-10 años. Las diferencias observadas en las tareas de memoria de trabajo auditiva y visual pueden indicar que la memoria de trabajo visual alcanza su madurez funcional antes que el sistema auditivo correspondiente. El aumento en edad fue relacionado con una mayor exactitud en el funcionamiento de tareas de memoria. Los niños tenían tiempos de reacción más cortos, eran menos exactos y cometieron más errores (respuestas múltiples) que las niñas. Estas diferencias entre los géneros eran más evidentes en la categoría de edad más joven (6-8 años) e insignificantes en la categoría de mayor edad (11-13 años). La mejora encontrada en dicho estudio, relativa a la edad en el funcionamiento de tareas de memoria de trabajo es conforme con estudios anteriores que han empleado una variedad de tareas cognoscitivas (Luciana, Collins & Depue, 1998; Kemps, 2001). En esos estudios los niños más jóvenes tuvieron un desempeño más bajo que los niños de mayor edad, que sin embargo no alcanzaron el nivel de funcionamiento de un adulto.

CONCLUSIONES

- El TRED es un instrumento reproducible para evaluar, desde el ámbito investigativo, la memoria de trabajo viso-espacial en niños escolarizados sanos. Adicionalmente, es un instrumento que se puede llegar a consolidar como herramienta de evaluaciones clínicas.

- La reproducibilidad del TRED permite un acercamiento al establecimiento de límites de acuerdo en relación al desempeño de los niños en edades entre los 7 y 12 años en una tarea de reconocimiento espacial, en términos de los tiempos de reacción y la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información.

- La reproducibilidad del TRED permite comparar el desempeño entre los niños y establecer la magnitud de las diferencias entre ellos.

- La decisión acerca de lo que es un límite de acuerdo aceptable es eminentemente clínica.

- Los tiempos de reacción disminuyen según la edad de los niños, esto se evidencia a partir de los promedios de los diferentes grupos de edad, donde se encontró que los niños de 7 años tienen tiempos de reacción mas altos que los niños de 10 años y 9 años.

- La capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información aumenta con la edad, esto se evidencia en los grupos de niños de 8, 9 y 10 años, los cuales presentan en promedio una capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información espacial de 10 de los 10 lugares posibles, mientras que el grupo de niños de 7 años tiene una media de 8 lugares reconocidos de los 10 posibles.

- Las mejoras en el desempeño relacionadas con la edad, posiblemente están asociadas a los procesos de maduración neuronal vinculados específicamente a la mielinización y a la poda sináptica de las áreas corticales involucradas en la memoria de trabajo.

- La variable género no es determinante en el desempeño de tareas de memoria viso-espacial evaluadas a través del TRED, posiblemente porque las exigencias vinculadas a la vida cotidiana tanto de niñas como de niños (escuela, hogar, etc.) en relación a coordenadas espaciales de lugar son similares.

- En cuanto a la especificidad de la tarea se identificó que la memoria de trabajo, que está vinculada con la aplicación del instrumento TRED, es la memoria de trabajo viso-espacial de lugar.

RECOMENDACIONES

- En el presente estudio se identificó un efecto techo en el desempeño en cuanto a la capacidad de almacenamiento temporal y control activo de la información, razón por la cual se sugiere para próximos estudios con el TRED aumentar el número de lugares a reconocer en la tarea, con el fin de comenzar a identificar el limite de capacidad de los niños en memoria de trabajo viso-espacial.

- En cuanto a los tiempos de reacción es importante, para posteriores investigaciones, realizar un análisis de la evolución del desempeño a lo largo de las cinco sesiones de evaluación, con el fin de determinar posibles variaciones de sesión a sesión.

- En cuanto al desempeño, es importante plantear análisis intra-sujeto para comparar los resultados de un sujeto con los resultados de él mismo en cada una de las sesiones de evaluación.

- Llevar a cabo la aplicación del TRED en muestras clínicas, permitiendo con esto establecer su reproducibilidad y su utilidad como apoyo en el diagnóstico de poblaciones con problemáticas asociadas a la memoria de trabajo viso-espacial.

- Continuar con los procesos de comprensión y utilidad clínica de los test computarizados en la evaluación neuropsicológica infantil.

- Con el fin de comprender el desempeño de la memoria de trabajo viso-espacial a lo largo del ciclo vital, además de conocer la utilidad del TRED en otras poblaciones diferentes a la infantil, sería importante llevar a cabo investigaciones tanto en adultos jóvenes como en adultos medios y mayores.

LISTA DE REFERENCIAS

1. Al-Hakim, R., Fallon, J., Nain, D., Melonakos, J., & Tannenbaum, A. (2006). A dorsolateral prefrontal cortex semi-automatic segmenter. *SPIE Medical Imaging.*
2. Almaguer, M.W. & Bergado-Rosado, J.A. (2002). Interacciones entre el hipocampo y la amígdala en procesos de plasticidad sináptica. Una clave para entender las relaciones entre motivación y memoria, *Rev Neurol, 35,* 586-593.
3. Arteaga G. & Pimienta, H. (2006). Working memory and cortical pathways. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb, 54*, 248–268.
4. Awh, E., Jonides, J. & Reuter-Lorenz, P.A. (1998). Rehearsal in spatial working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*(3), 780-790.
5. Backen, J.L., Rothbart M.K. & Posner, M.I. (2003). Development of Executive Attention in Preschool Children. ***Developmental Science.*** 6 (5) 498–504.
6. Baddeley, A. (1996). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 93,* 13468–13472.
7. Baddeley, A.D., & Logie, R.H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of Working Memory* (pp. 28–61). New York: Cambridge University Press.
8. Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423.

9. Balderas, V. & Bermúdez, R.F. (2004). Cambios morfológicos asociados a la memoria. *Rev Neurol, 38*, 944-948.

10. Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: Investigación y teoría. *Psicothema, 11*(4), 705-723.

11. Blázquez, A.J. Lapedriza, N.P. & Muñoz, J.M. (2004). Atención y funcionamiento ejecutivo en la rehabilitación neuropsicológica de los procesos visoespaciales. *Rev Neurol, 38,* 487–495.

12. Battaglia, W.P., Jacobs, R.A. & Aslin, R.N. (2003). Bayesian integration of visual and auditory signals for spatial localization. *J. Opt. Soc. Am., 20*(7), 1391-1398.

13. Bell, M.A. (2002). Power changes in infant EEG frequency bands during a spatial working memory task. *Psychophysiology, 39*(5), 450-458.

14. Benedet M.J. (1996). Evaluación de la memoria en la clínica neuropsicológica. *Rev Neurol, 24,* 914-920.

15. Bland, J.M. & Altman D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet, i,* 307-310.

16. Brandwein, S.B. & Reznick, J.S. (1999). Measuring infant spatial working memory using a modified delayed-response procedure. *Memory, 7*(1), 1-17.

17. Broadbent, N.J., Squire, L.R. & Clark, R.E. (2004). Spatial memory, recognition memory, and the hippocampus. *PNAS, 101*(40), 14515–14520.

18. Bryant, D.J. (1997). Representing space in language and perception. *Mind & Language, 12*(3-4), 239-264.

19. Buyer, D.M. (2001). La evaluación neuropsicológica y las escuelas. *Asociación Americana de Trauma Cerebral, www.biausa.org., 1-6.*

20. Byrne, P. & Becker, S. (2004). Modeling mental navigation in scenes with multiple objects. *Neural Computation, 16,* 1851–1872.

21. Camchong, J. Dyckman, K.A. Chapman, C.E., Yanasak, M.E. & McDowell, J.E. (2006). Basal ganglia-thalamocortical circuitry disruptions in schizophrenia during delayed response tasks. *Biol Psychiatry, 60,* 235–241.

22. Capilla, A., Romero, D., Maestú, F., Campo, P., Fernández, S. Gomzález-Marqués, J., Fernández, A. & Ortiz, T. (2004). Emergencia y desarrollo cerebral de las funciones ejecutivas. *Actas Esp Psiquiatr, 32*(2), 377- 386.

23. Carpenter, P.A., Just, M.A., Keller, T.A. & Eddy, W. (1999). Graded functional activation in the visuospatial system with the amount of task demand. *Journal of Cognitive Neuroscience, 11,* 9-24.

24. Carrillo & Casanova, (2004) La memoria. Introducción al estudio de los trastornos cognitivos en el envejecimiento normal y patológico. ***Rev Neurol,*** 38, 469 – 72.

25. Chadderdon, G.L. & Sporns, O. (2006). A large-scale neurocomputational model of task-oriented behavior selection and working memory in prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*(2), 242–257.

26. Chiba, R. S. (2004). Teste de reconhecimento espacial com atraso (TREA). *Grupo de Neurociências e Comportamento. Universidade de Brasília,* Brasil.

27. Coello, Y. (2005). Spatial context and visual perception for action. *Psicológica, 26,* 39-59.

28. Compte, A., Constantinidis, C. Tegnér, J., Reghavachari, S., Chafee, M.V., Glodman-Rakic, P.S. & Wang, X-J. (2003). Temporally irregular mnemonic

persistent activity in prefrontal neurons of monkeys during a delayed response task. *J Neurophysio, 90,* 3441–3454.

29. Courtney, S.M., Ungerleider, L.G., Keil, K, & Haxby, J.V. (1996). Object and spatial visual working memory activate. *Cerebral Cortex, 6,* 39-49.
30. Cowan, N., Saults, J.S. & Morey, C.C. (2006). Development of working memory for verbal–spatial associations. *Journal of Memory and Language, 55,* 274–289.
31. Diamond, A. Briand, L., Fosella, J. & Gehlbach, L. (2004). Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. *Am J Psychiatry, 161,* 125–132.
32. Estévez, G.A., Sánchez, C.G. & Bordas, L.B. (1997). La memoria y el aprendizaje: 'Experiencia' y 'habilidad' en el cerebro. *Rev Neurol, 25,* 1976-1988.
33. Etchepareborda M.C. (1999). La neuropsicología infantil ante el próximo milenio. *Rev Neurol, 28*(2), 70-76.
34. Etchepareborda, M.C. Abad–Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Rev Neurol, 40*(1), 79–83.
35. Funahashi, S., Bruce, C. & Goldman-Rakic, P.S. (1989). Mnemonic coding of visual space in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex. *Journal of Neurophysiology, 61*(2), 331-349.
36. Funahashi, S. (2006). Prefrontal cortex and working memory processes, *Neuroscience, 139,* 251–261.
37. Galea, L.A. & Kimura, D. (1993). Sex differences in route learning. *Personality and Individual Differences, 14,* 53–65.

38. Geier, C.F., Garver, K.E. & Luna, B. (2007). Circuitry underlying temporally extended spatial working memory. *NeuroImage, 35,* 904–915.

39. Gilbert, P.E., Kesner, R.P. & DeCoteau, W.E. (1998). Memory for spatial location: role of the hippocampus in mediating spatial pattern separation. *The Journal of Neuroscience, 18*(2), 804-810.

40. Gilmartin, P.P. & Patton, J.C. (1984). Comparing the sexes on spatial abilities: Map-use skills. *Annals of the Association of American Geographers, 74*(4) 605-619.

41. Glickstein, S.B., Hof, P.R. & Schmauss, C. (2002). Mice lacking dopamine D2 and D3 receptors have spatial working memory deficits. *The Journal of Neuroscience, 22*(13), 5619–5629.

42. Goldberg, T.E., Berman, K.F., Randolph, C., Gold, J.M. & Weinberger, D.R (1996). Isolating the mnemonic component in spatial delayed response: A controlled pet 15o-labeled water regional cerebral blood flow study in normal humans. *NeuroImage, 3*(8), 69–78.

43. Goldman-Rakic, P.S. (1987). Development of cortical circuitry and cognitive function. *Child Development, 58,* 601-622.

44. Goldman-Rakic, P.S. (1996). Regional and cellular fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 93,* 13473–13480.

45. Good, M. (2002). Spatial memory and hippocampal function: Where are we now? *Psicológica, 23,* 109-138.

46. Hernández, R. Fernández, C & Baptista, L. (2003). Metodología de la investigación. Tercera edición. McGraw-Hill: México.

47. Hitch, G.J., Halliday, M.S., Hulme, C., Le Voi, M.E., Routh, D.A. & Conway, A. (1983). Working memory in children. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B302,* 325-340.

48. Hunsley, J. & Mash, E.J. (2007). Evidence-Based Assessment. *Rev. Clin. Psychol., 3,* 29–51.

49. Ives, W. (1980). Perspectives through language and pictures. *Child Development, 51*(4), 1303-1306.

50. Jones, M.W. & Wilson M.A. (2005). Theta rhythms coordinate hippocampal–prefrontal interactions in a spatial memory task. *PLoS Biol, 3*(12), e402.

51. Kemps, E. (2001). Complexity effects in visuo-spatial working memory: implications for the role of long-term memory. *Memory, 9*(1), 13–27.

52. Klenberg, L. Korkman, M. & Lahti-Nuuttila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3-to12-year-old finish children. *Developmental Neuropsychology, 20*(1), 407–428.

53. Klingberg, T. Forssberg, H. & Westerberg, H. (2002). Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*(1), 1-10.

54. Koechlin, E., Corrado, G., Pietrini, P. & Grafman, J. (2000). Dissociating the role of the medial and lateral anterior prefrontal cortex in human planning. *PNAS, 97*(13), 7651–7656.

55. Korkman, M. (2001). Introductions to the special issue on normal neuropsychological development in the school-age years. *Developmental Neuropsychology, 20*(1), 325–330.

56. Kumaran, D. & Maguire, E.A. (2005). The human hippocampus: Cognitive maps or relational memory? *The Journal of Neuroscience, 25*(31), 7254–7259.

57. Kwont, H., Reiss, A.L. & Menon, V. (2002). Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99*(20), 13336-13341.

58. Lamm, C., Fischmeister, F. & Bauer, H. (2005). Individual differences in brain activity during visuo-spatial processing assessed by slow cortical potentials and LORETA. *Cognitive Brain Research, 25,* 900–912.

59. Lebedev, M.A., Messinger, A., Kralik, J. & Wise, J. (2004). Representation of attended versus remembered locations in prefrontal cortex. *PLoS Biology, 2*(11), e365.

60. Lee, I. & Kesner, R.P. (2003). Differential roles of dorsal hippocampal subregions in spatial working memory with short versus intermediate delay. *Behavioral Neuroscience, 117*(5), 1044–1053.

61. Lee, I., R. P. (2003). Time-dependent Relationship between the dorsal hippocampus and the prefrontal cortex in spatial memory. *The Journal of Neuroscience, 23*(4), 1517–1523.

62. Leung, H-C., Oh, H., Ferri, J. & Yi, Y. (2006). Load response functions in the human spatial working memory circuit during location memory updating. *NeuroImage, 35,* 368–377.

63. Lin, L.K. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility, *Biometrics, 45,* 255-268.

64. Linn, M.C. & Petersen, A.C. (1985). Emergence and characterization of gender differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development, 56,* 1479-1498.

65. Llorente-Vizcaíno A, Cejudo, J.C. (2001). Las memorias y la enfermedad de Alzheimer. *Rev Neurol, 32*(11), 63-72.

66. Luciana, M., Collins, P. & Depue, R. (1998). Opposing roles for dopamine and serotonin in the modulation of human spatial working memory functions. *Cerebral Cortex, 8,* 218–226; 1047–3211.

67. López, J.C. (2000). El ejercicio de la memoria. *Biomedia,*

68. López, J.C., Vargas, J.P., Gómez, Y. & Salas, C. (2004). Diferentes estrategias de aprendizaje espacial en tortugas reveladas mediante un procedimiento de inversión en un laberinto radial. *Bowling Green State University (USA) Psicológica, 25,* 147-162.

69. Martín A.A. & Luna Del Castillo, J. (2004). *Bioestadística para las Ciencias de la Salud.* Las Rozas: Madrid.

70. McCarthy, G., Blamire, A.M., Puce, A., Nobre, A.C., Bloch, G., Hyder, F., Glodman-Rakic, P. & Shulman, R.G. (1994). Functional magnetic resonance imaging of human prefrontal cortex activation during a spatial working memory task. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 91,* 8690-8694.

71. Mandeville, P. (2007). El coeficiente de correlación de concordancia de Lin. *Ciencia UANL, 10*(001), 91-94.

72. Mehta, M.A. Gumaste, D., Montgomery, A., McTavish, S. & Grasby, P. (2005). The effects of acute tyrosine and phenylalanine depletion on spatial working

memory and planning in healthy volunteers are predicted by changes in striatal dopamine levels. *Psychopharmacology, 180*, 654–663.

73. Meilandt, W.J., Barea-Rodríguez, E., Harvey, S. & Martínez, J. (2004). Role of hippocampal CA3 μ-opioid receptors in spatial learning and memory. *The Journal of Neuroscience, 24*(12), 2953–2962.
74. Miller, L.T. & Vernon, P.A. (1996). Intelligence*, reaction time, and working memory in 4- to 6-year-old children, Intelligence, 22*(2), 155-190.
75. Miyashita, S., Tabuchi, Y. & Tanaka, S. (2003). Cortico-thalamocortical operations of multi-target spatial working memory. *Neurocomputing, 52*(54), 327–333.
76. Moody, S.L. Wise, S.P. Pellegrino, G. & Zipser, D. (1998). A model that accounts for activity in primate frontal cortex during a delayed matching-to-sample task. *The Journal of Neuroscience, 18*(1), 399–410.
77. Moser, E. & Witter, M. (2005). El hipocampo y sus neuronas. Comisión Europea-Investigación–I+ DT info. *Revista de la Investigación, Edición especial.*
78. Muller, U., Von Cramon, I. & Pollman, S. (1998). D1-versus D2-receptor modulation of visuospatial working memory in humans. *The Journal of Neuroscience, 18*(7), 2720–2728.
79. Muñiz, J., Prieto, G., Almeida, L. & Bartram, D. (1999). Test use in Spain, Portugal and Latin American Countries. *European Journal of Psychological Assessment, 15*(2), 151–157.
80. Nelson, C.A. (2000). Functional neuroanatomy of spatial working memory in children. *Developmental Psychology, 36*(1) 109-116.

81. Okada, Y.C. & Salenius, S. (1998). Roles of attention, memory and motor preparation in modulating human brain activity in a spatial working memory task. *Cerebral Cortex, 8,* 80–96.

82. O'keefe, J. & Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research, 34,* 171-175.

83. Oliveri, M., Turriziani, P., Carlesimo, G.A., Koch, G., Tomaiuolo, F., Panella, M. & Caltagirone, C. (2001). Parieto-frontal interactions in visual-object and visual-spatial working memory: Evidence from transcranial magnetic stimulation. *Cerebral Cortex, 11,* 606–618.

84. Ornstein, P.A. & Haden, C.A. (2001). Memory development or the development of memory? *Psychological Science, 10*(6).

85. Orozco, G.C., Pons, E.P., Meersmans, J., Verdejo, M.A. & Pérez-García, M. (2005). Relación entre los tests de memoria y la volumetría y relaxometría del hipocampo. *Rev Neurol, 40*(1), 29-34.

86. Overman, W.H., Pate, B.J., Moore, K. & Peuster, A. (1996). Ontogeny of place learning in children as measured in the radial arm maze, Morris search task, and open field task. ***Behavioral*** *Neuroscience, 110*(6), 1205-1228.

87. Phillips, A.G., Ahn, S. & Floresco, S.B. (2004). Magnitude of dopamine release in medial prefrontal cortex predicts accuracy of memory on a delayed response task. *The Journal of Neuroscience, 24*(2), 547–553.

88. Partiot, A., Verin, M., Pillon, B., Teixeira-Ferreira, C., Agid, Y. & Dubois, B. (1996). Delayed response tasks in basal ganglia lesions in man: Further evidence

for a striato-frontal cooperation in behavioural adaptation. *Neuropsychologia, 34*(7), 709 721.

89. Passig, V.C. (1995). Los sistemas de memoria. *Revista de Psicología,* 5, *Fisiología y Biofísica,* Facultad de Medicina, Universidad de Chile**.**

90. Puglisi, J.T., Park, D.C., Smith, A.D. & Hill, G.W. (1985). Memory for two types of spatial location: Effects of instructions, age, and format**.** *The American Journal of Psychology, 98*(1), 101-118.

91. Rabello, V.P. (2006). Memória espacial em macacos-prego (Cebus Apella) e humanos. *Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal*. Brasília.

92. Ramos, J.M. (2002). Es necesario el hipocampo para el aprendizaje espacial. *Rev Neurol, 34*(11), 42-51.

93. Repovš, G. & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139,* 5–21.

94. Rizzuto, D.S., Mamelak, A.N., Sutherling, W.W., Fineman, I. & Andersen, R.A. (2005). Spatial selectivity in human ventro lateral prefrontal cortex. *Nature Neuroscience, 8*(4), 415-417.

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

96. Roselli–Cock M. (2004). Evaluación neuropsicológica infantil (ENI): Una batería para la evaluación de niños entre 5 y 16 años de edad. Estudio normativo colombiano. *Rev Neurol, 38*(7), 20–31.

97. Santín, S. & Rubio, L.J. (2000). Aprendizaje espacial e hipocampo. *Rev Neurol, 31*(5), 455–462.

98. Sawaguchi, T. & Yamane, I. (1999). Properties of delay-period neuronal activity in the monkey dorsolateral prefrontal cortex during a spatial delayed matching-to-sample task. *The American Physiological Society, 82*(22), 2070-2081.

99. Schultz, W. Apicella, P. & Ljungberg, T. (1993). Responses of monkey dopamine neurons to reward and conditioned stimuli during successive steps of learning a delayed response task. *The Journal of Neuroscience, 13*(3), 900-913.

100. Shaw, R.M., Helmes, E. & Mitchell, D. (2006). Age-related change in visual, spatial and verbal memory. *Australasian Journal on Ageing, 25*(1), 14–19.

101. Slotnick, S.D. (2005). Spatial working memory specific activity in dorsal prefrontal cortex? Disparate answers from fMRI beta-weight and timecourse analysis. *Cognitive Neuropsychology, 22*(7), 905–920.

102. Smith, E.E. (1998). Neuroimaging analyses of human working memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 95,* 12061–12068.

103. Smith, E.E. (2000). Neural bases of human working memory. *American Psychological Society, 9*(2), 45-49.

104. Soprano, A.M. (2003). Técnicas para evaluar la memoria del niño. ***Rev** Neurol, 37,* 35-43.

105. StataCorp. (2005). *Stata Statistical Software: Release 9.* Collage Station, TX: StataCorp LP.

106. Tapus, A., Battaglia, F. & Siegwart, R. (2001). The hippocampal place cells and fingerprints of places: Spatial representation animals, animats and

robots. *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Autonumous Systems Lab, Collège de France, LPPA,* 1-10.

107. Teixeira, C.M., Pomedli, S.R., Maei, H.R., Kee, N. & Frankland, P.W. (2006). Involvement of the anterior cingulate cortex in the expression of remote spatial memory. *The Journal of Neuroscience, 26*(29), 7555–7564.

108. Tirapu, U. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Rev Neurol, 41*(4), 75–84.

109. Tirapu, U., Muñoz, J.M., Pelegrín, V.C. & Albéniz, F.A. (2005). Propuesta de un protocolo para la evaluación de las funciones ejecutivas. *Rev Neurol, 41*(1), 77–86.

110. 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, 1* (7), 703–712.

111. Tsujimoto, S., Kuwajima, M. & Sawaguchi, T. (2007). Developmental fractionation of working memory and response inhibition during childhood. *Experimental Psychology,* 54(1), 30–37.

112. Turner, G. R. & Levine, B. (2006). The functional neuroanatomy of classic delayed response tasks in humans and the limitations of cross-method convergence in prefrontal function. *Neuroscience, 139,* 327–337.

113. Ungerleider, L.G., Courtney, S.M. & Haxby, J.V. (1998). A neural system for human visual working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95*(3), 883-890.

114. Van der Velde, F. & De Kamps, M. (2003). A model of visual working memory in PFC. *Neurocomputing, 52*(54), 419–424.

115. Van Leijenhorst, L., Crone, E.A. & Van der Molen, M.W. (2007). Developmental trends for object and spatial working memory: A psychophysiological analysis. *Child Development, 78*(3), 987–1000.

116. Vederhus & Krekling, (1996). Sex differences in visual spatial ability in 9-year-old chlidren. *Intelligence, 23*, 33-43.

117. Vicens, P.R. & Redolat, M.D.C, (2003). Aprendizaje espacial y laberinto de agua: Metodología y aplicaciones. *Psicothema, 15*(4), 539-544.

118. Vuontela, V., Steenari, M-K., Carlson, S., Koivisto, J., Fjällberg, M. & Aronen, E.T. (2003). Audiospatial and visuospatial working memory in 6–13 year old school children. *Learning & Memory, 10,* 74–81.

119. Wang, H., Johnson, T.R. & Zhang, J. (2001). The mind's views of space. *University of Texas Health Science Center at Houston,* 1-5.

120. Weir, C.R., Cleary, M., Parks, S., Barrie, T., Hammer, H.M. & Murdoch, J. (2001). Spatial localization after different types of retinal detachment surgery. *Investigative Ophthalmology & Visual Science, 42*(7), 1495-1498.

121. Yan, J., Zhang, Y., Jia, Z., Taverna, F.A., McDonald, R.J., Muller, R.U. & Roder, J.C. (2002) Place-cell impairment in glutamate receptor 2 mutant mice. *The Journal of Neuroscience, 22*(RC204), 1-5.

ANEXO 1

GRUPO DE NEUROCIENCIAS Y COMPORTAMIENTO (NYC) UIS - UPB
LABORATORIO DE NEUROCIENCIAS Y COMPORTAMIENTO
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

Título Del Proyecto: **Reproducibilidad del Test de Reconocimiento Espacial con Demora (TRED) en la Evaluación de Tareas de Memoria Espacial de Niños Escolarizados.**

1. INTRODUCCIÓN

A usted señor(a) _____
Representante legal de _____
se le está invitando a participar en un estudio de investigación cooperativo entre el Grupo de Neurociencias y Comportamiento de la UPB y algunas instituciones educativas.

Es importante que usted conozca que:

- ✓ La participación en el estudio es absolutamente voluntaria.
- ✓ Si usted lo desea puede negarse a que su hijo participe o puede retirarlo del estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones.
- ✓ No se recibirán beneficios de tipo económico por participar en el estudio.
- ✓ Usted puede comunicar al grupo investigador cualquier opinión o inquietud que presente sobre la participación de su hijo en el estudio.
- ✓ La participación del niño no tiene ningún costo, ya que es completamente gratuito.

2. INFORMACIÓN SOBRE LA INVESTIGACION

Ahora se describirá en detalle en qué consiste el estudio de investigación. Antes de tomar cualquier decisión de participación, por favor, tómese todo el tiempo que necesite para preguntar, averiguar y discutir todos los aspectos relacionados con este estudio, con cualquiera de los investigadores del Grupo de Neurociencias y Comportamiento.

Propósito

Conocer el desempeño en tareas de memoria de trabajo visuo-espacial en un grupo de 200 niños de dos planteles educativos, uno en la ciudad Bucaramanga y otro en el municipio de Floridablanca, para ello se utilizará una prueba que determina cuál es el desempeño de los niños en este tipo de tarea, la prueba recibe el nombre de ***Test de Reconocimiento Espacial*,** éste es un programa de computadora que tiene las características de un ***juego de computador***, y cuenta con la posibilidad de registrar lo que el niño hace durante cada sesión.

Procedimiento

Se llevó a cabo un proceso de selección aleatorio, en el cual su hijo fue elegido para participar en el estudio y es por ello que se le está brindando la información relacionada con dicho estudio. Posteriormente, usted será citado a una entrevista con la cual se desean obtener datos de identificación y antecedentes de salud del niño importantes para

el estudio. Luego, su hijo participará de cinco sesiones que estarán divididas en cinco días en los que el niño realizará la prueba; cada sesión tiene una duración aproximada de 13 minutos. La información que se obtenga de las sesiones servirá para comprender cuál es el desempeño del niño en tareas de memoria espacial, y de igual forma obtener un desempeño grupal, de los niños de los planteles educativos, en tareas de memoria espacial.
Si usted requiere un informe sobre los resultados del desempeño de su hijo, para conocerlos, puede solicitarlos por escrito y se le hará entrega del mismo, este informe no será entregado ni a los colegios, ni a los maestros, únicamente le será entregado a usted.

Riesgos
De acuerdo con la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, no existe ningún tipo de riesgo por hacer parte del estudio, esto quiere decir que durante la participación en el estudio su hijo no correrá ningún riesgo a nivel médico, ni se realizará ningún tipo de intervención clínica o procedimiento invasivo.

Beneficios
Los estudios de investigación como este, producen conocimientos que pueden ser aplicados para la evaluación futura de otras personas, en otros contextos, con otras costumbres, condiciones sociales, características psicológicas, edades y niveles socio económicos.
Por esta investigación ni usted ni su hijo recibirán beneficio económico, sin embargo si el niño participa en el estudio, será valorado en lo relacionado al desempeño de la memoria espacial, lo cual le permite a usted obtener una orientación con respecto a los proceso de memoria de su hijo. Además es gracias a la contribución de personas como usted que será posible que se puedan comprender mejor aspectos relacionados con la memoria de trabajo espacial y con la utilización de pruebas como el ***Test de Reconocimiento Espacial.***

Reserva y secreto de la información
La información que usted aportará a través de la entrevista durante esta investigación será absolutamente confidencial y no será proporcionada a ninguna persona diferente a usted bajo ninguna circunstancia. A cada niño se le asignará un código de tal forma que otras personas auxiliares en la investigación no tengan acceso a sus datos personales. Sólo los investigadores (responsables del estudio) tendrán acceso al código y su identidad verdadera para poder localizarlo. En caso de que un auxiliar del grupo de investigación deba evaluar a su hijo, éste tendrá acceso a su identidad pero no conocerá el código de los resultados, para de esta manera garantizar su derecho a la intimidad.
De igual forma, no se divulgarán, ni se publicarán a través de ningún medio los nombres de los participantes y nadie fuera del grupo investigador conocerá la información personal del niño. El desempeño del niño en este tipo de tareas sólo le será informado al padre si con ello puede conseguirse un acompañamiento eficaz y a tiempo.

Derecho a retirarse del estudio de investigación
Es importante que usted tenga claro que el niño puede retirarse del estudio en el momento que desee o si usted desea que éste se retire, sin embargo, los datos obtenidos hasta ese momento seguirán formando parte del estudio, a menos que usted solicite por

escrito que su identificación e información sea borrada de nuestra base de datos. Al retirarse el niño usted deberá informar al grupo investigador si desea que los registros del desempeño sean eliminados.

Información médica no prevista
Durante el desarrollo de este estudio es posible que se obtenga información acerca de la conducta de su hijo(a) no prevista, si esta información se considera importante para el cuidado, el bienestar y la salud de su hijo, nosotros le recomendaremos el especialista adecuado y en este caso, nuestra investigación NO cubre los costos de dicha atención. Si nosotros tenemos información relevante acerca del desempeño de su hijo, ésta será suministrada de manera personal, asimismo, si usted obtiene información por parte de otros médicos de alguna enfermedad o aspectos importantes que no conocía antes de vincularse a este estudio, por favor contáctenos pues podría ser importante para nuestro estudio.

4. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Después de haber leído toda la información contenida en este documento con respecto al proyecto: **Reproducibilidad del Test de Reconocimiento Espacial con Demora (TRED) en la Evaluación de Tareas de Memoria Espacial de Niños Escolarizados,** y haber recibido del evaluador _____ explicaciones verbales sobre el proyecto y satisfactorias respuestas a mis inquietudes, habiendo dispuesto de tiempo suficiente para reflexionar sobre las implicaciones de mi decisión libre, conciente y voluntariamente manifiesto que he decidido autorizar la participación de _____ de quien soy el representante legal o tutor, dada su imposibilidad de firmar este documento con completa autonomía por tratarse de un menor de edad.
Además, expresamente autorizo al equipo de investigación para utilizar la información codificada en otras futuras investigaciones.

En constancia, firmo este documento de consentimiento informado, en presencia del Evaluador _____ y dos testigos, en la ciudad de _____ el día ___ del mes de _____ del año _____.

Nombre, firma y documento de identidad del **padre, madre o representante legal**:
Nombre: _____
Firma: _____
Cédula de ciudadanía #: _____ de _____

ANEXO 2

REPORTE DE HISTORIA CLÍNICA

FECHA: _____

DATOS DEMOGRÁFICOS DEL NIÑO

Nombre Completo:

_____

Nombre(s) Primer Apellido Segundo Apellido

Fecha de Nacimiento: _____

Día Mes Año

Edad: _____ Género: _____ Estrato: _____

HISTORIA DEL DESARROLLO

¿Se presentó algún problema de salud durante el embarazo? Si: _____ No: _____

Cuál:

_____

Nacimiento: A termino: _____ Prematuro: _____

¿Que complicaciones se presentaron durante el parto?: _____

DATOS MEDICOS

¿Se han presentado problemas médicos en el niño que hayan requerido hospitalización?:
Si: _____ No: _____
Cuál:
_____
_____

¿Se ha presentado en el niño alguna enfermedad neurológica importante? Si: _____ No: _____

Para esta pregunta, si la respuesta fue afirmativa, marque con una X la(s) enfermedad(es) presentada(s):

Epilepsia _____
Trauma Cráneo encefálico _____
Tumor Cerebral _____
Meningitis _____
Poliomielitis _____
Encefalitis _____
Convulsión_____
Causa _____
Otras
_____
_____

¿Actualmente el niño presenta algún problema médico?: Si_____ No_____
Cuál_____
_____

HISTORIA ESCOLAR

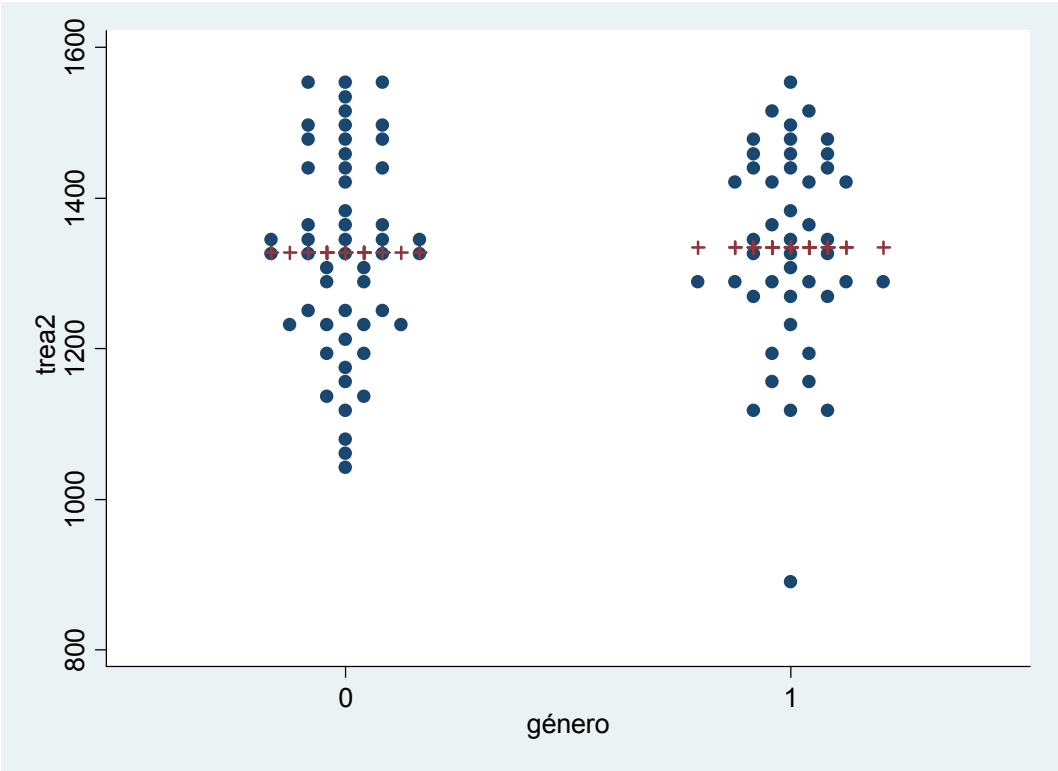
Año Escolar Actual: _____ Colegio: _____

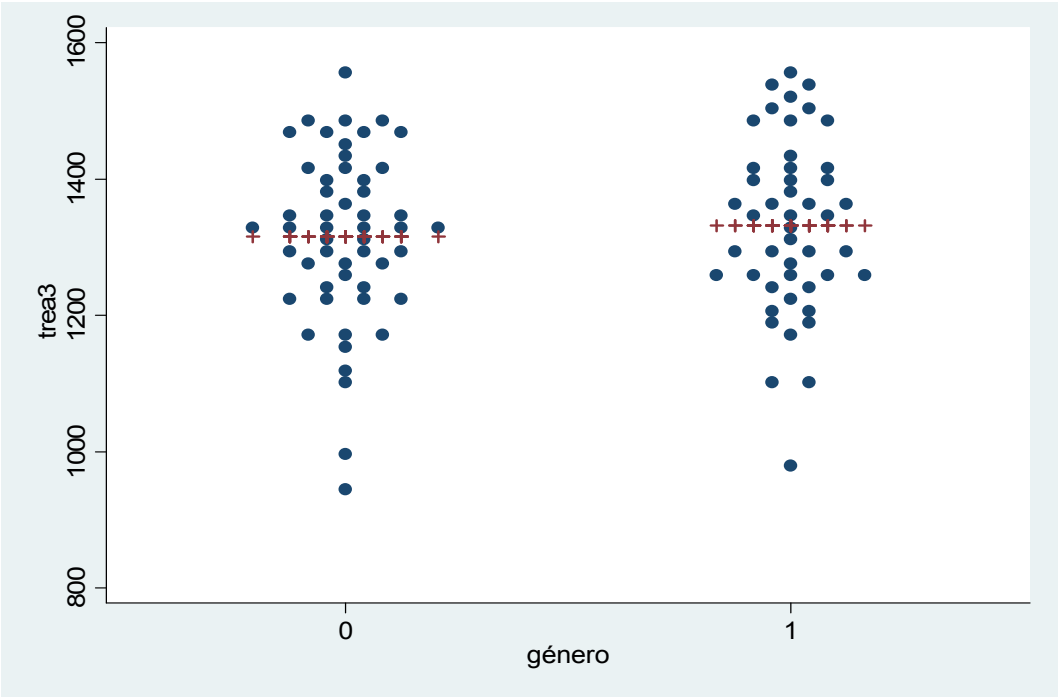
Años Escolares Perdidos: _____

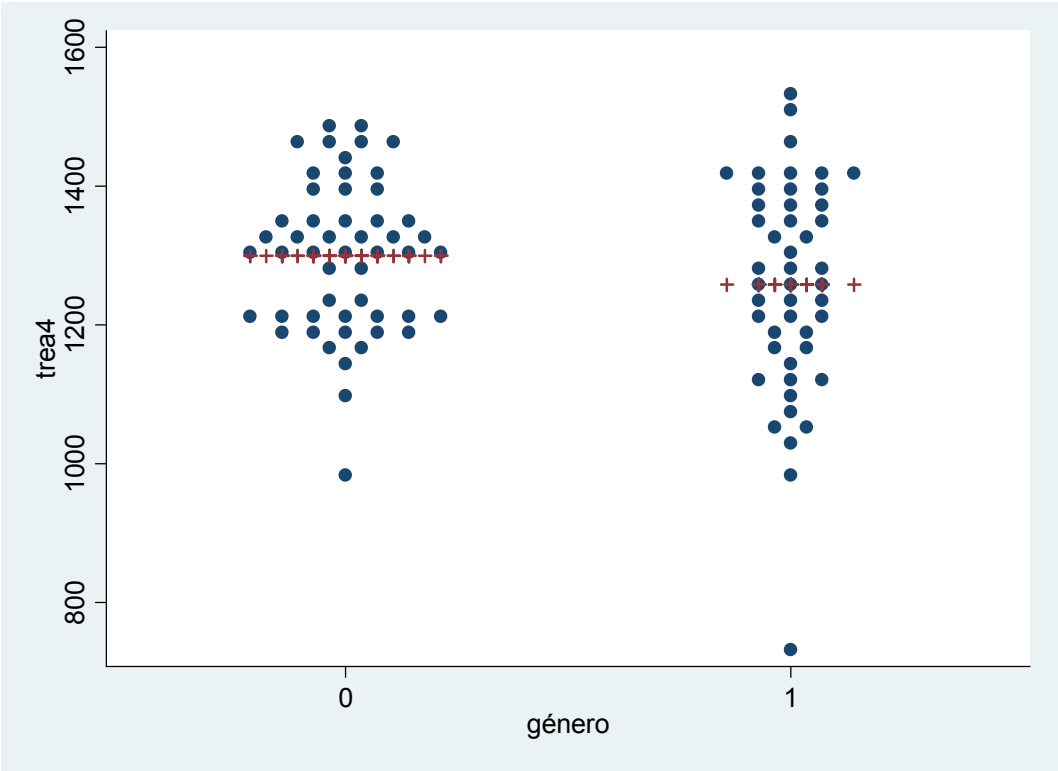
ANEXO 3

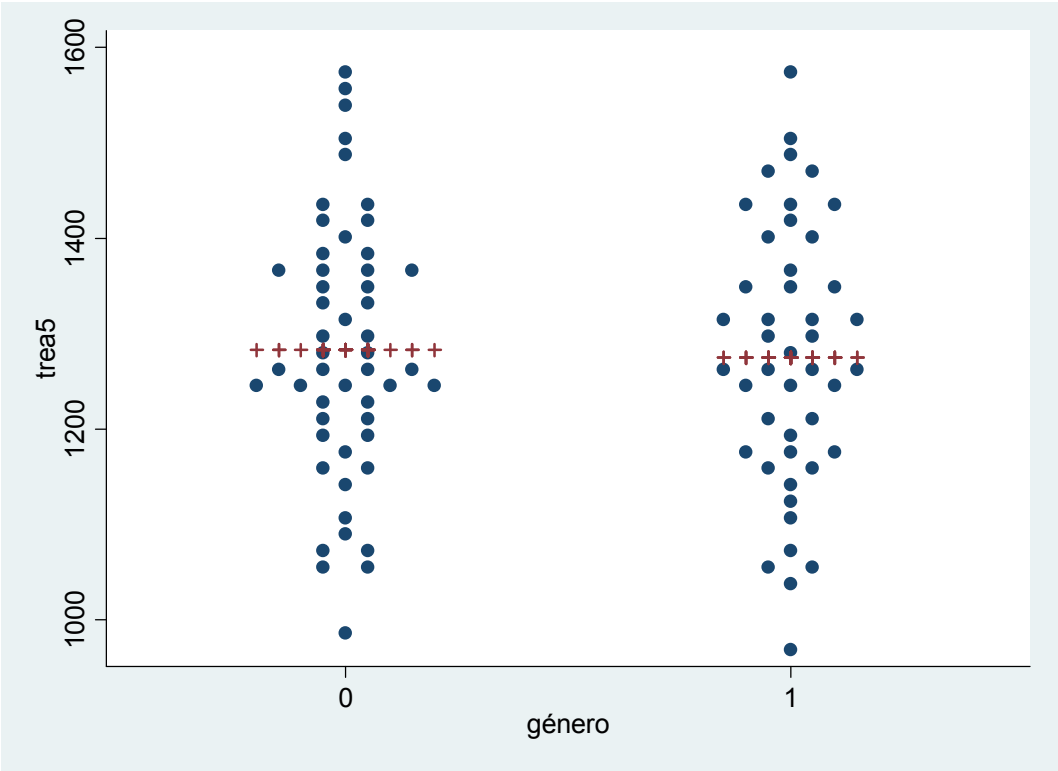
FIGURAS RESULTADOS

Tiempos de reacción Según el género de los participantes. (Cinco sesiones)

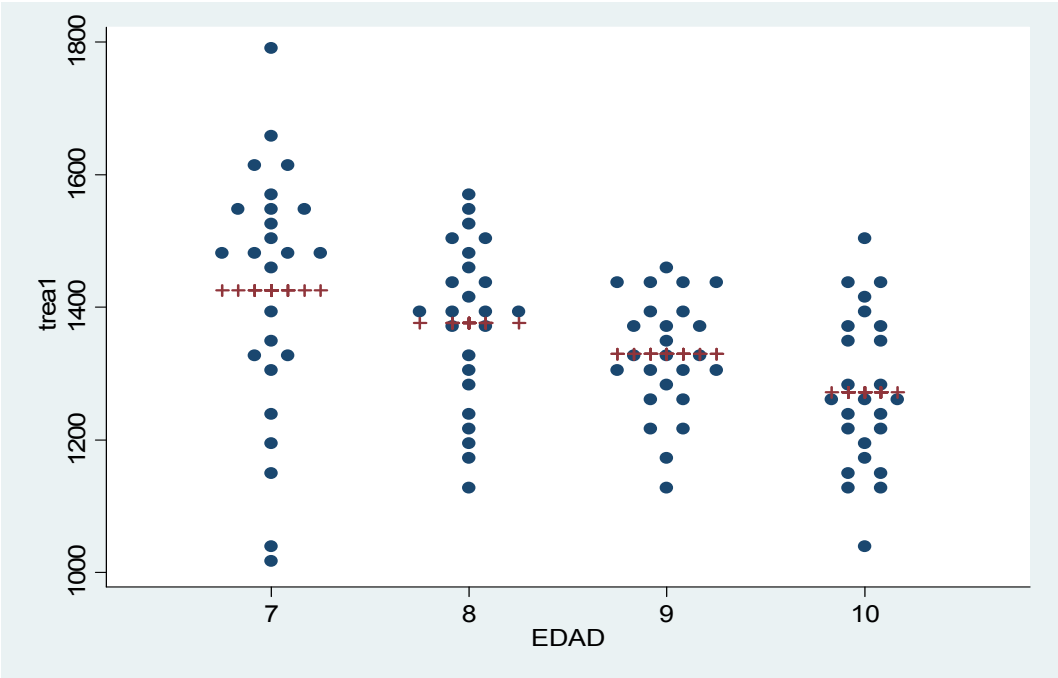

1600
1400
1200
1000
800
trea2
0
1
género

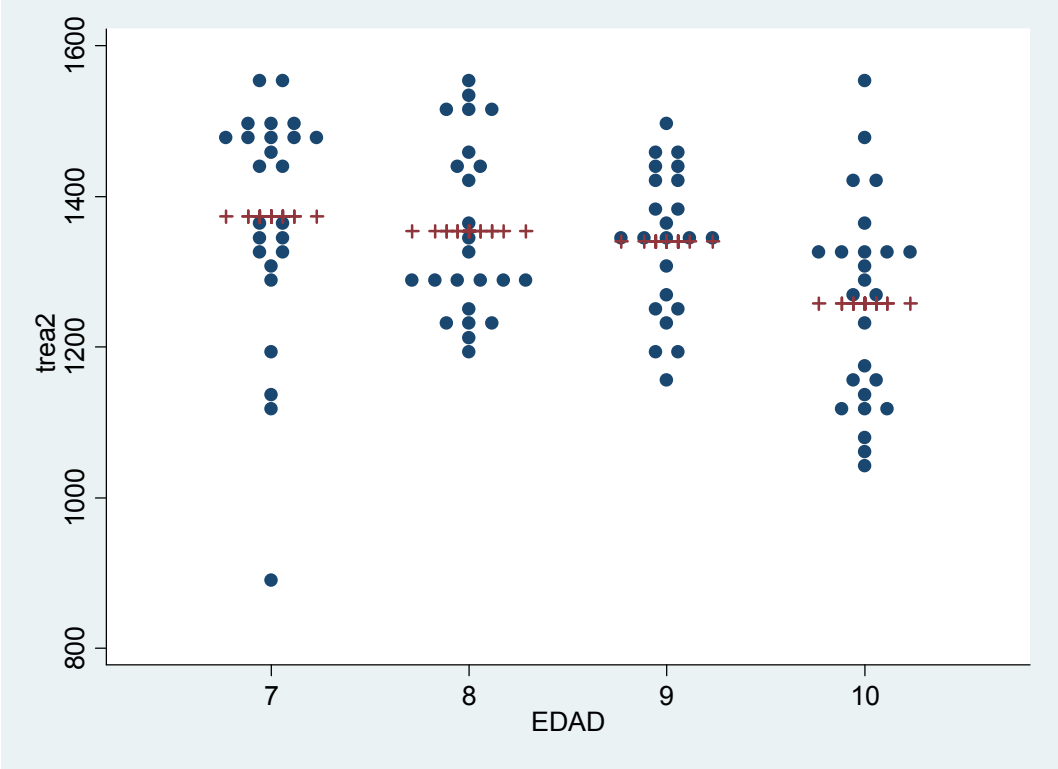

1600
1400
1200
1000
800
trea3
0
1
género

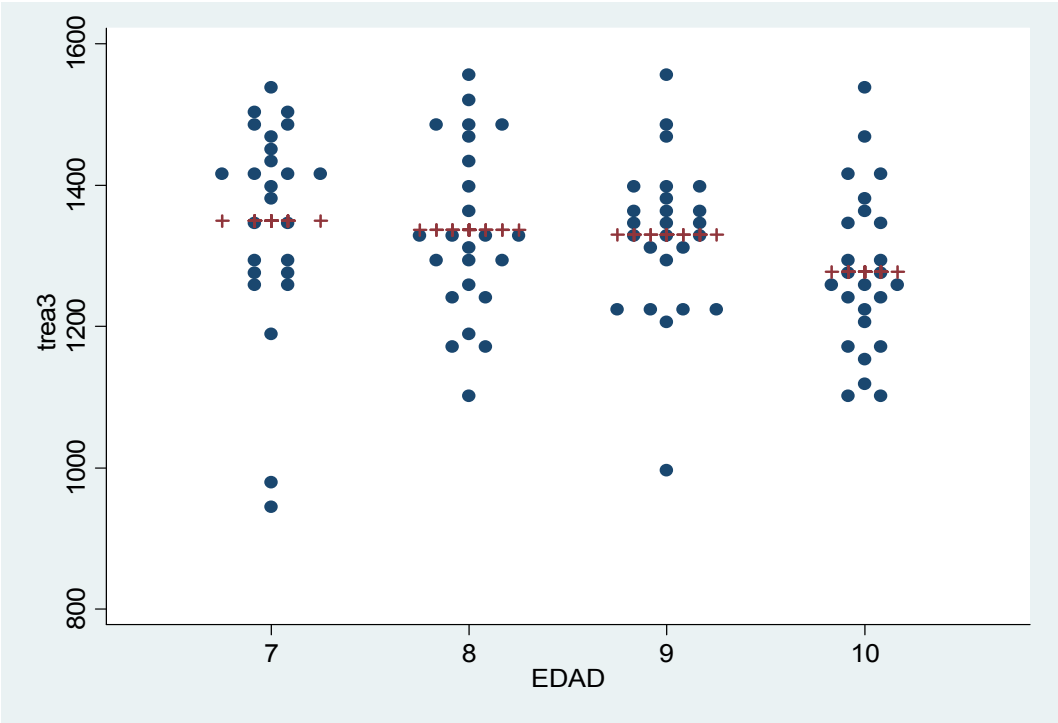

1600
1400
1200
1000
800
trea4
0
1
género

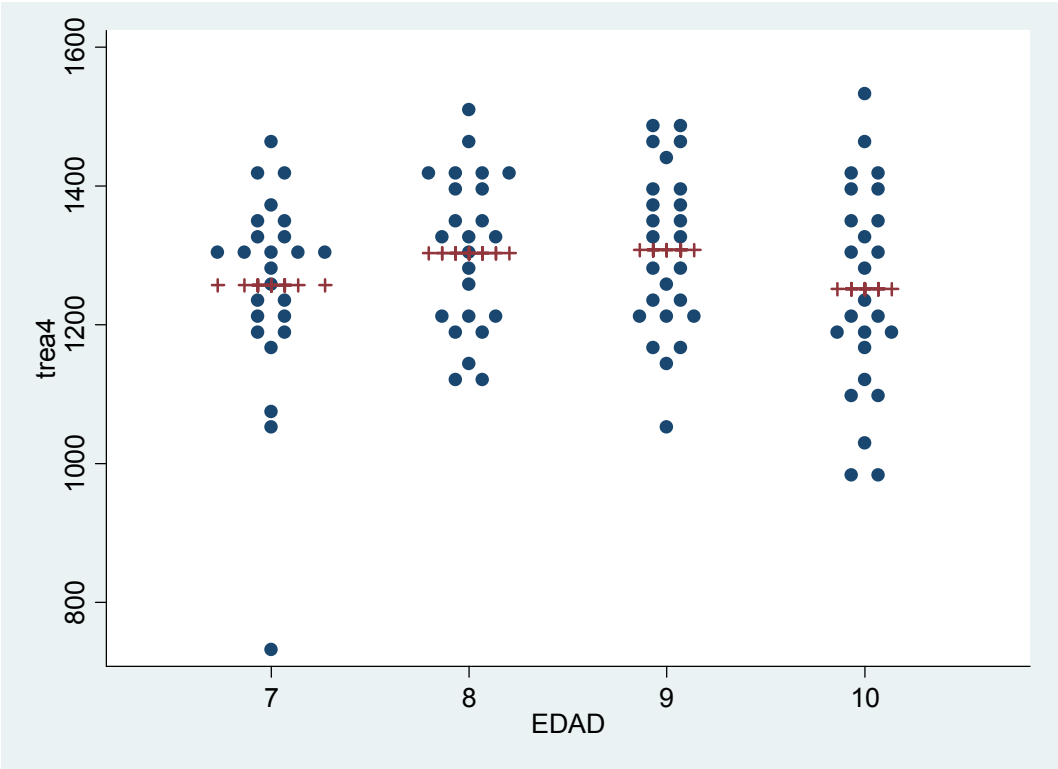

1600
1400
1200
1000
trea5
0
1
género

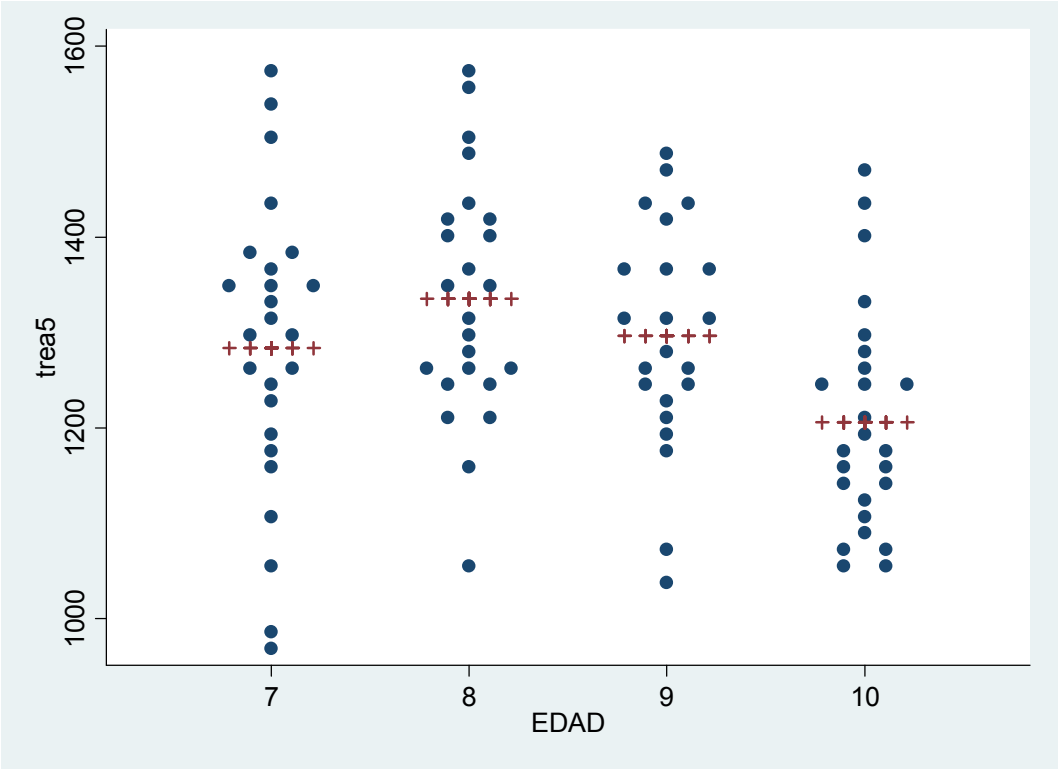
Tiempos de reacción Según la edad de los participantes. (Cinco sesiones)



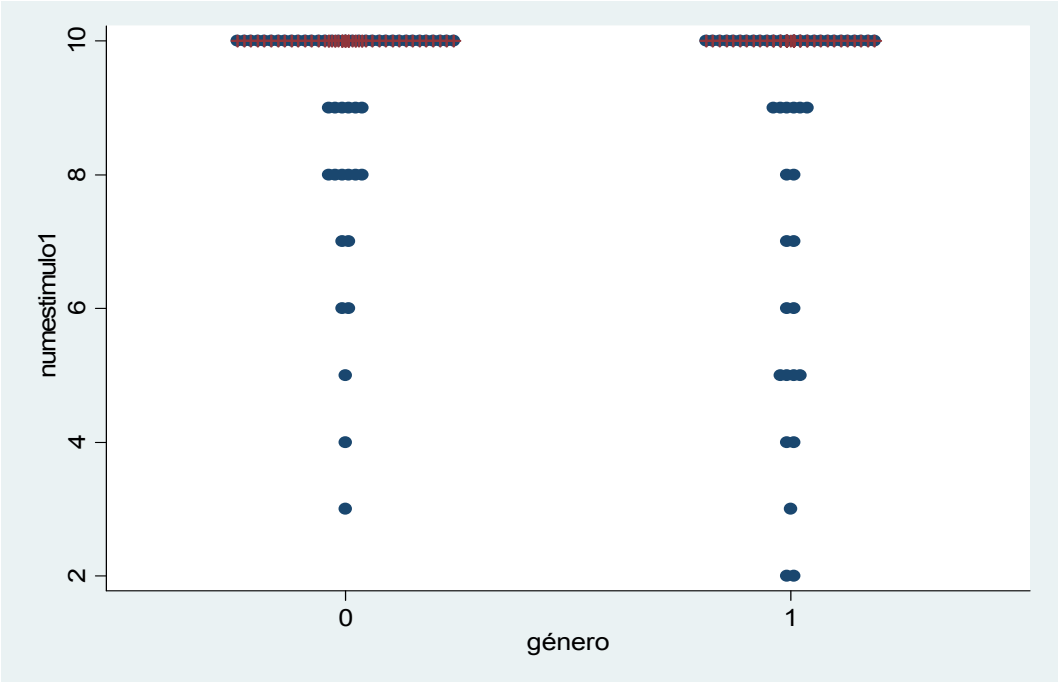


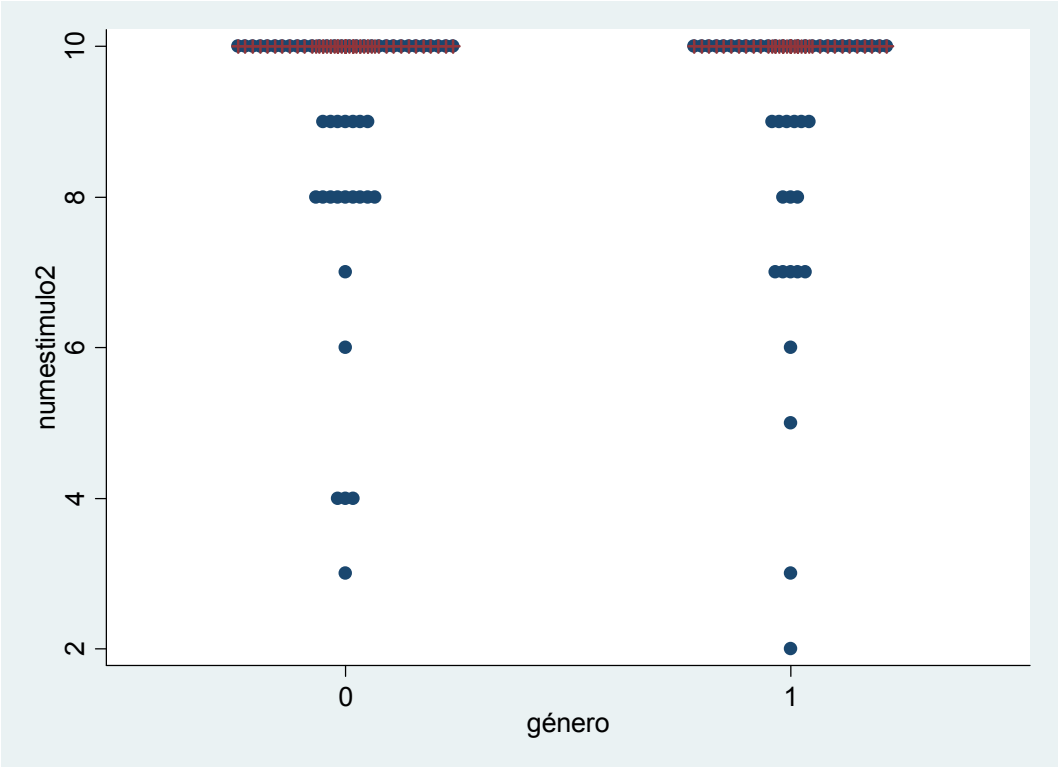

trea3
800
1000
1200
1400
1600
7
8
9
10
EDAD

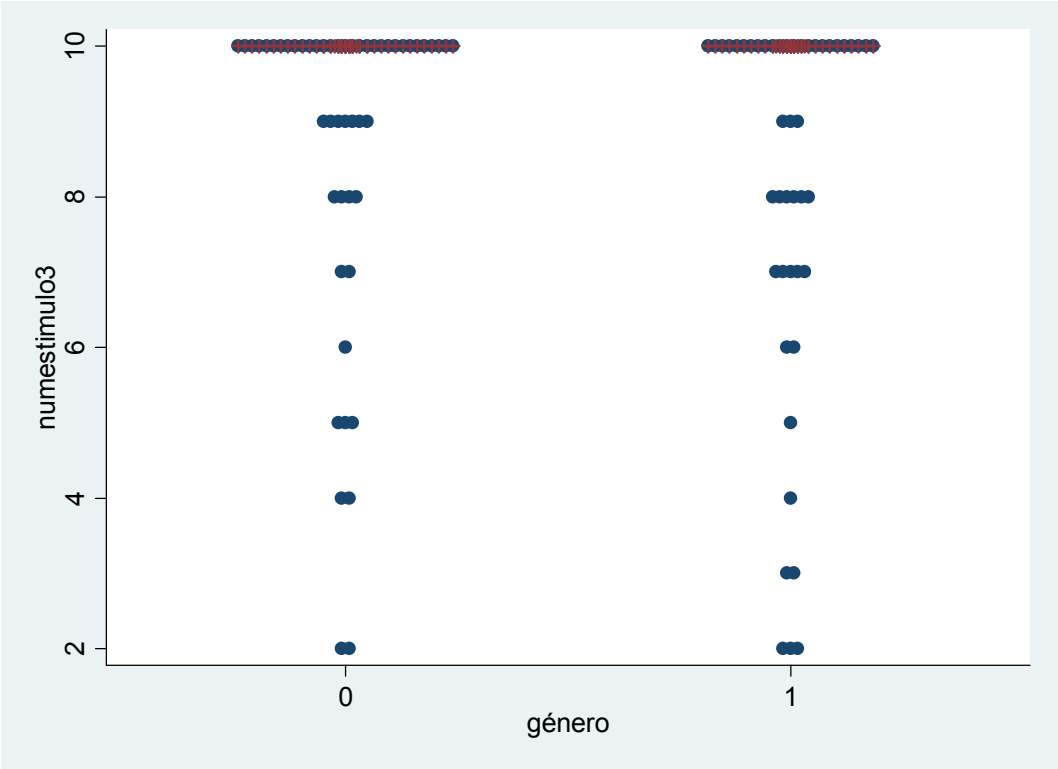

trea4
800
1000
1200
1400
1600
7
8
9
10
EDAD

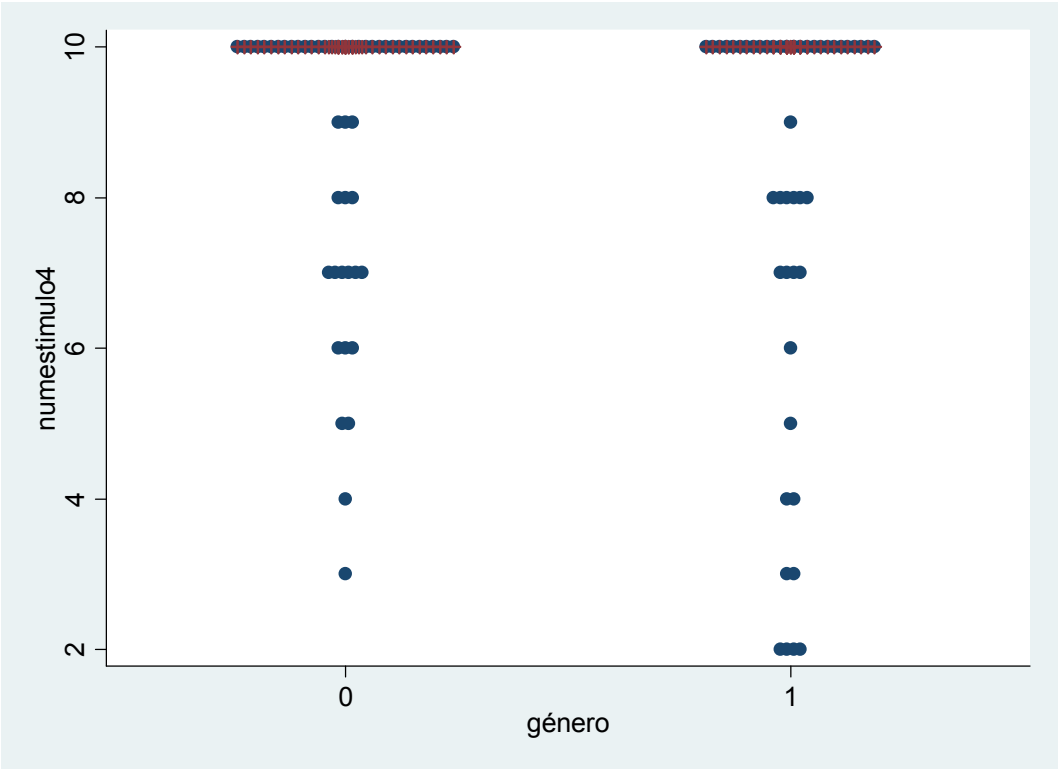

1600
1400
1200
1000
trea5
7
8
9
10
EDAD

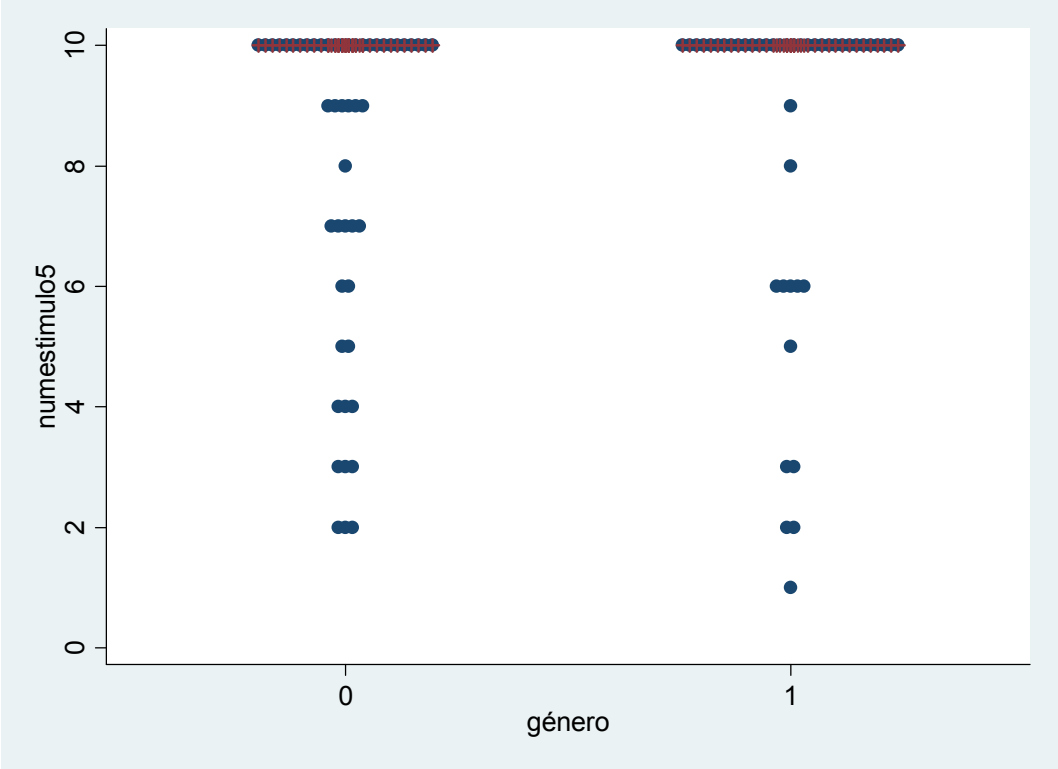
Capacidad de Almacenamiento Temporal y Control Activo de la Información Según el género de los participantes. (Cinco sesiones)



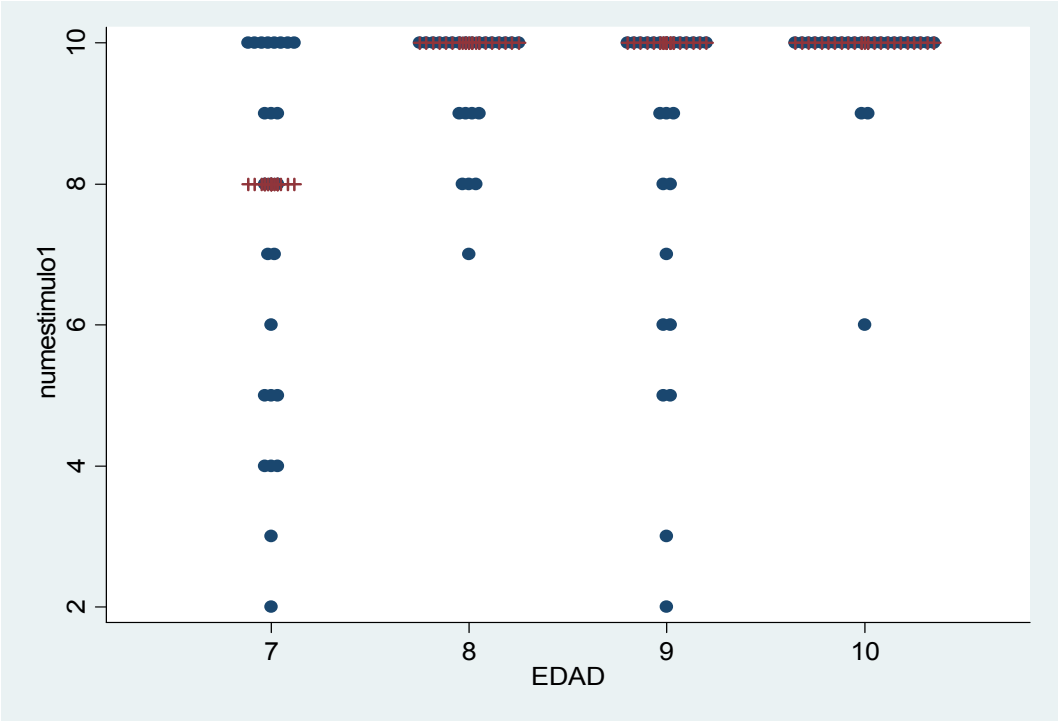


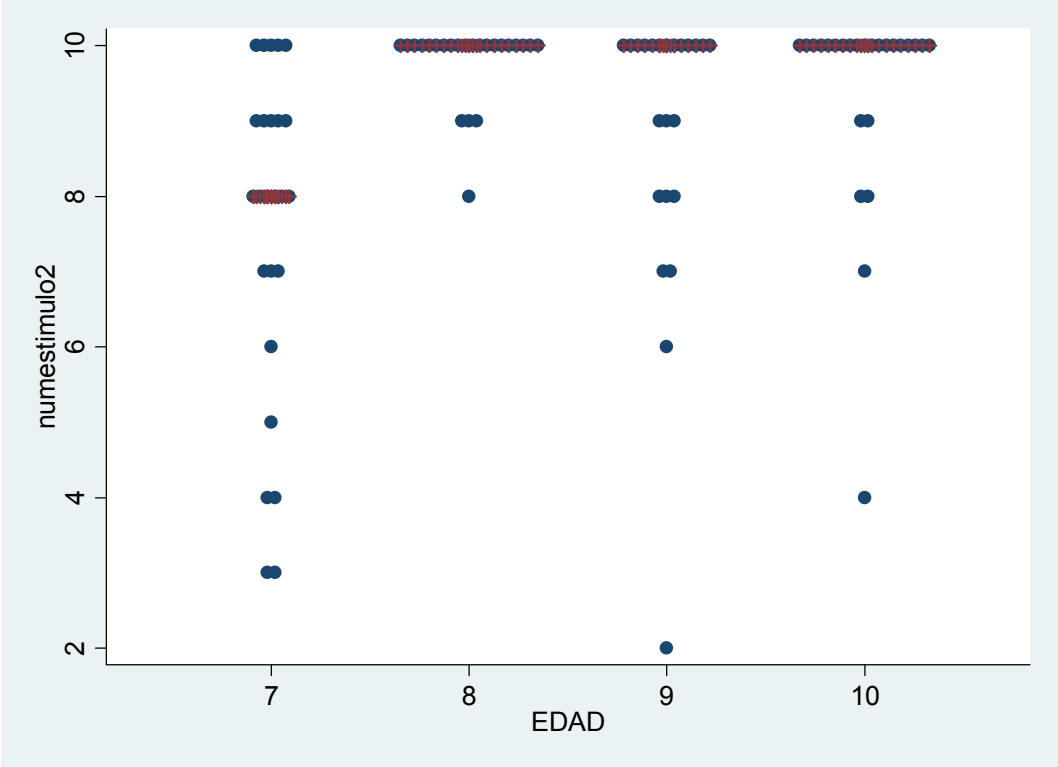

numestimulo3
10
8
6
4
2
0
1
género

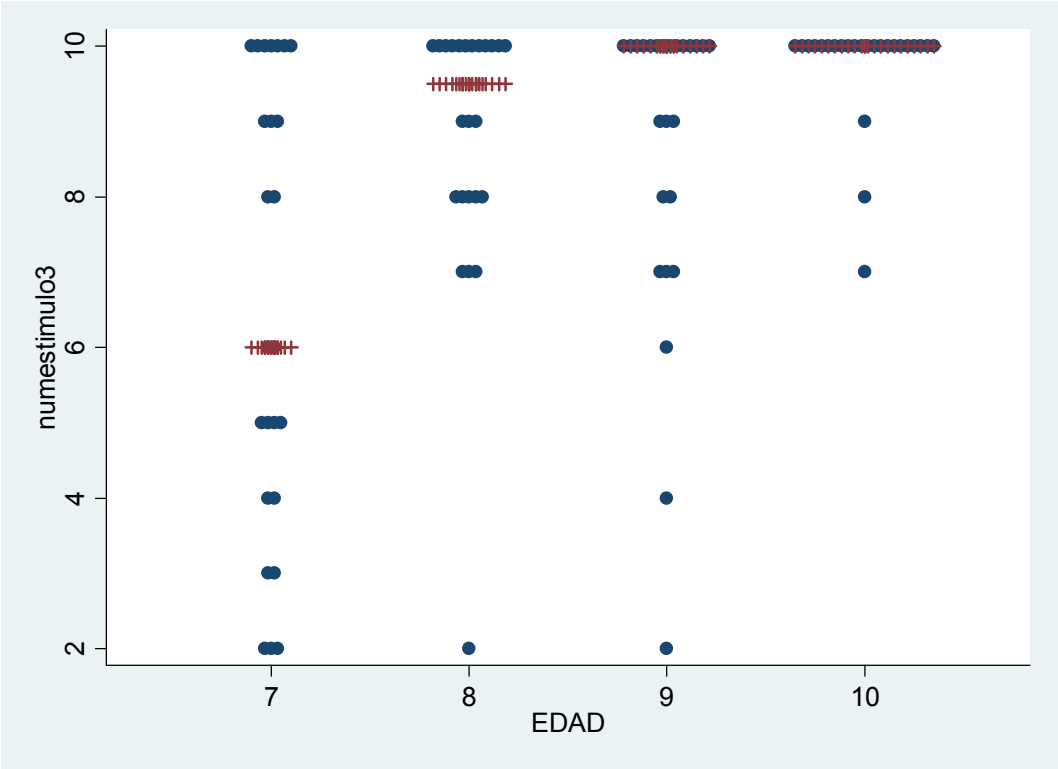

numestimulo4
10
8
6
4
2
0
1
género

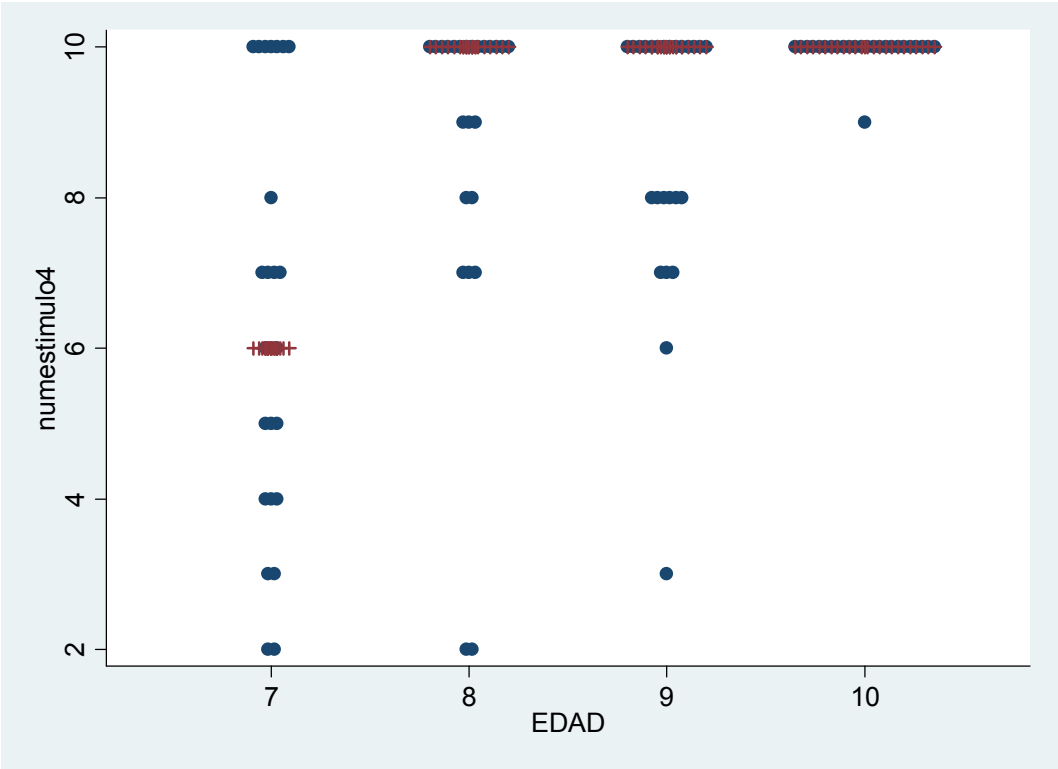

numestimulo5
0
2
4
6
8
10
0
1
género

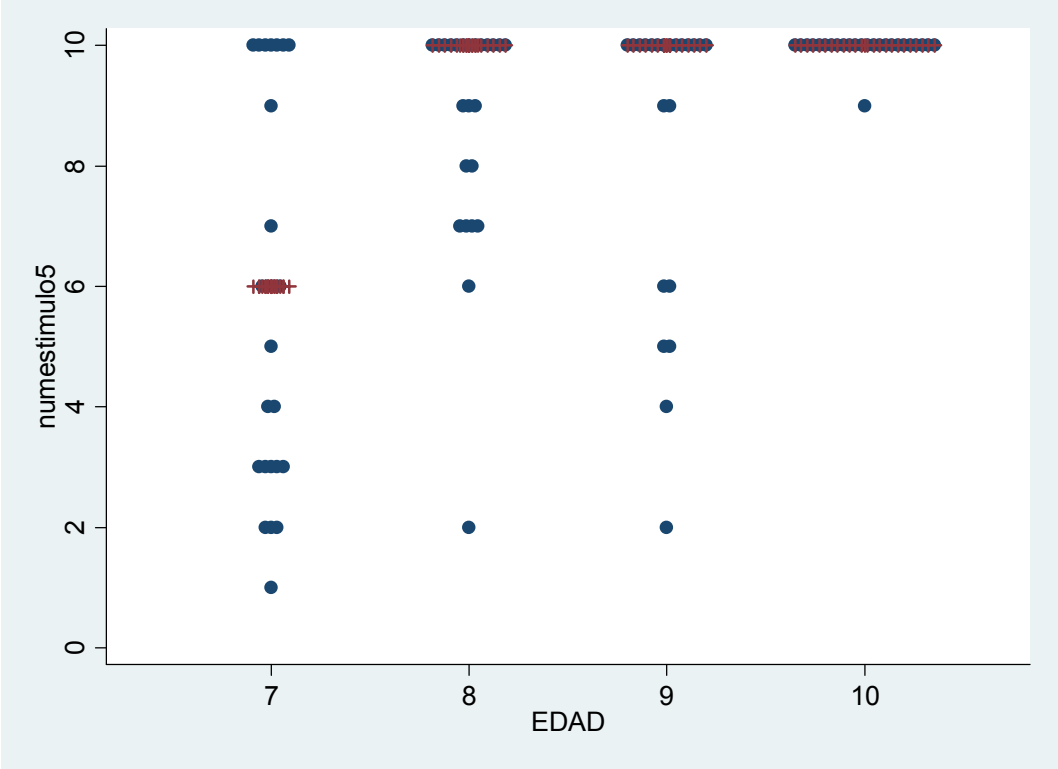
Capacidad de Almacenamiento Temporal y Control Activo de la Información Según la edad de los participantes. (Cinco sesiones)



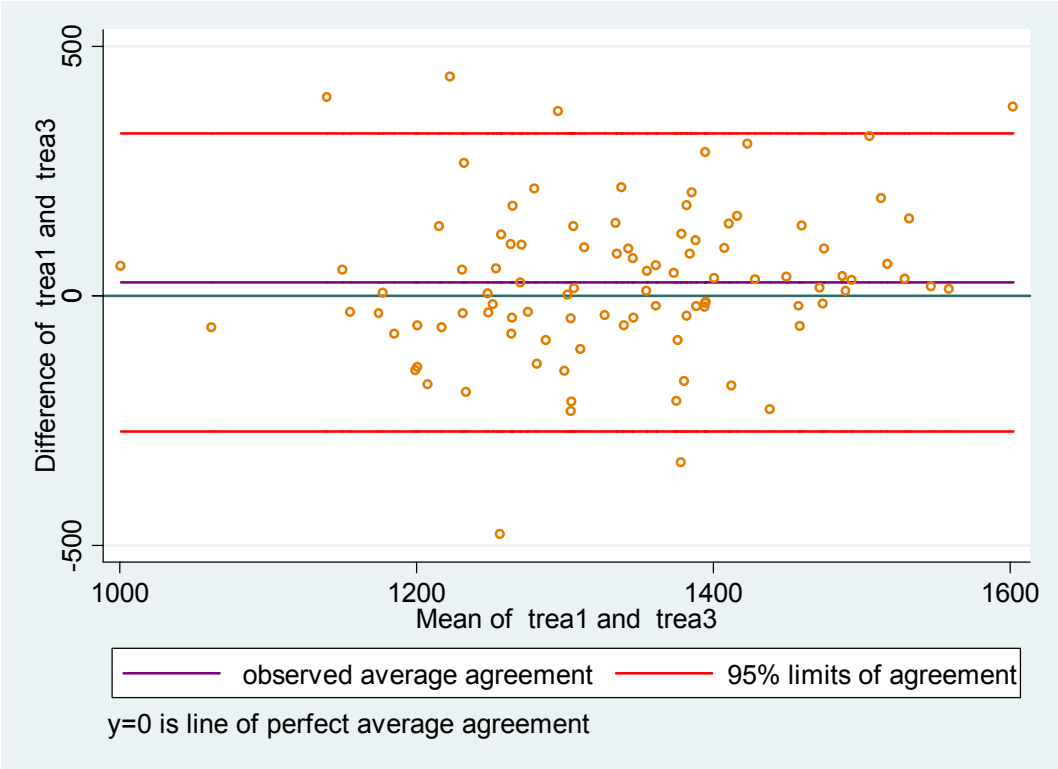


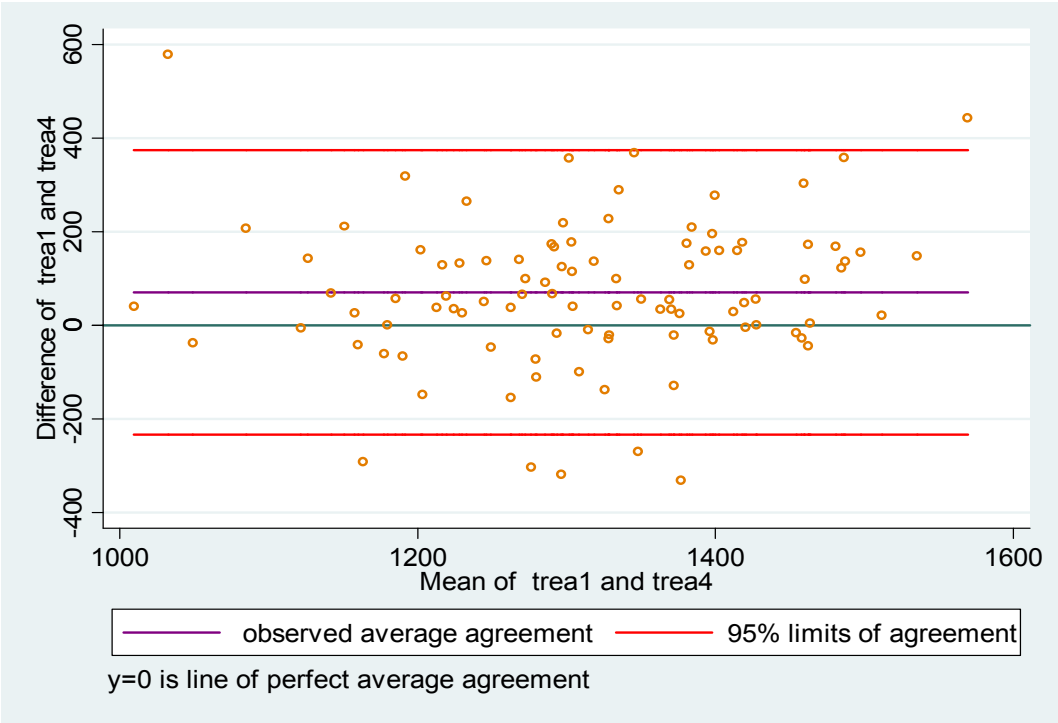

numestimulo3
2
4
6
8
10
7
8
9
10
EDAD

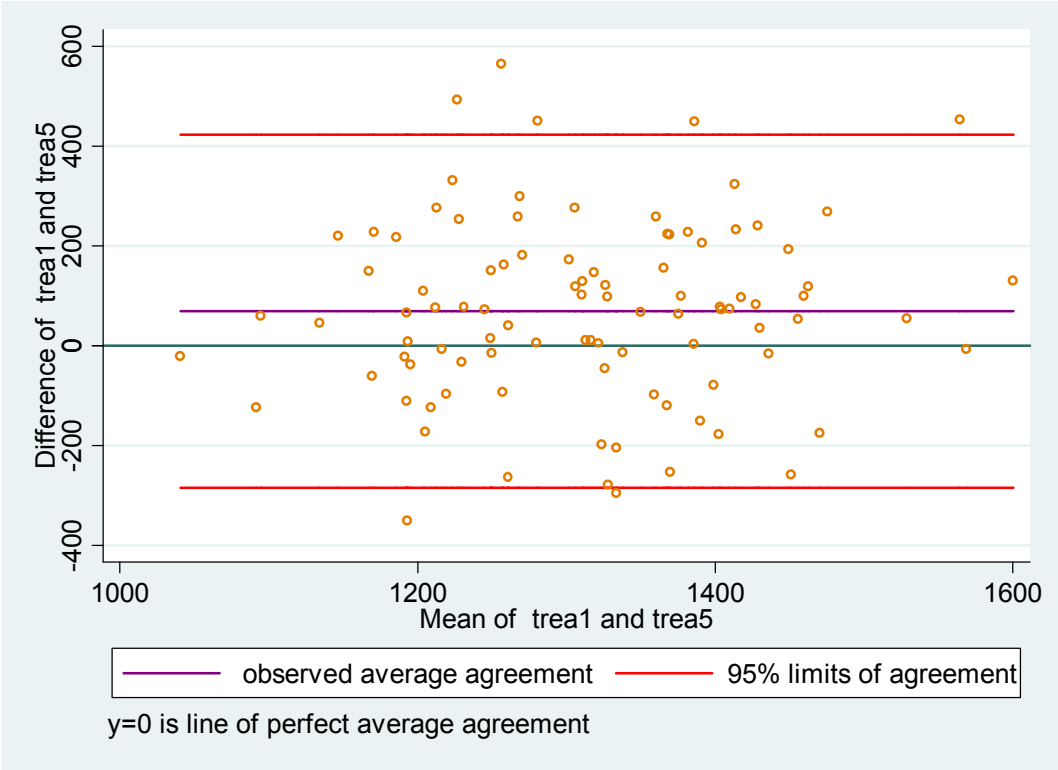

numestimulo4
2
4
6
8
10
7
8
9
10
EDAD

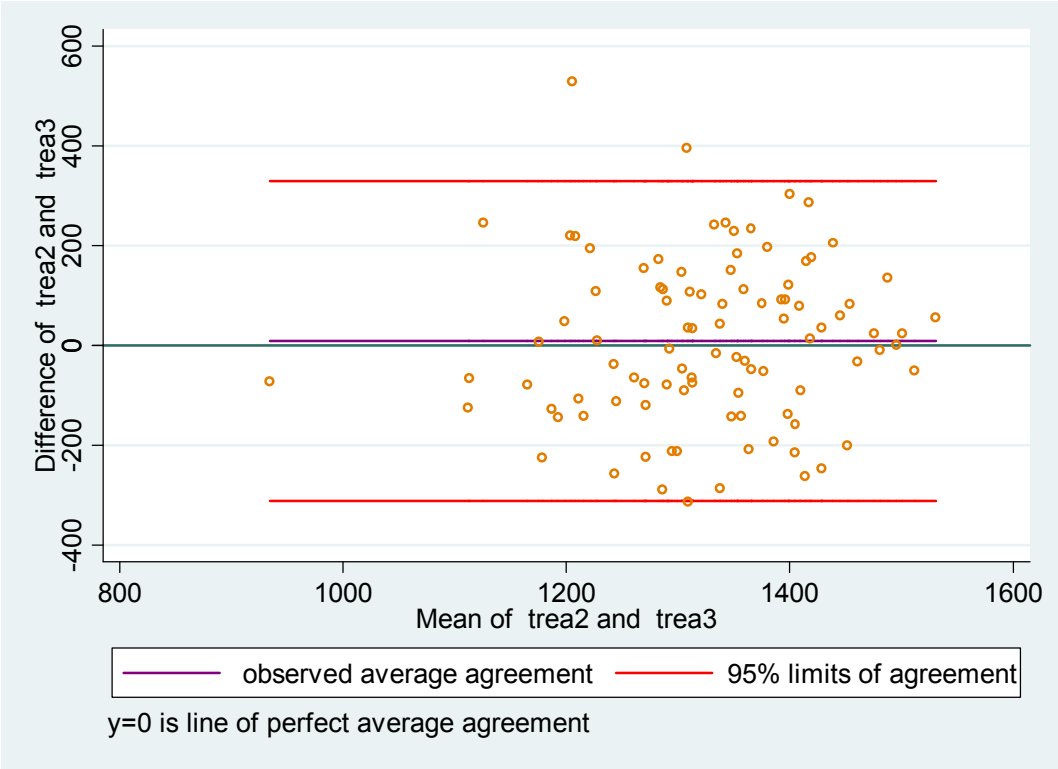

numestimulo5
0
2
4
6
8
10
7
8
9
10
EDAD

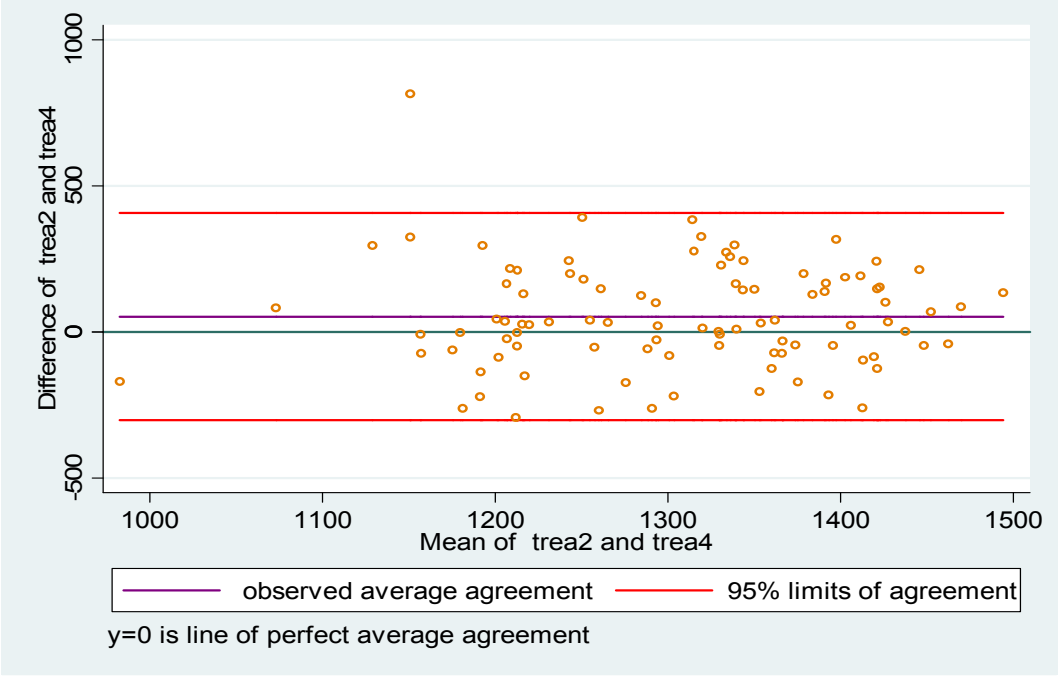
Limites de Acuerdo para los Tiempos de Reacción de los participantes. (Concordancia encontradas en las Cinco sesiones)

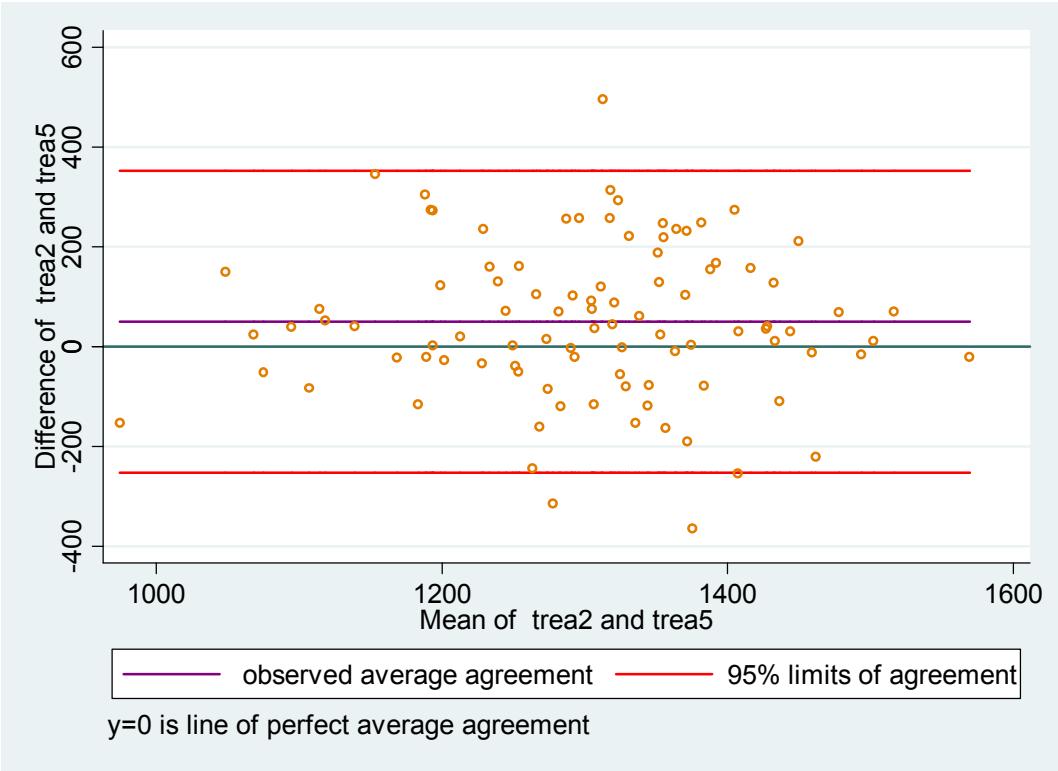


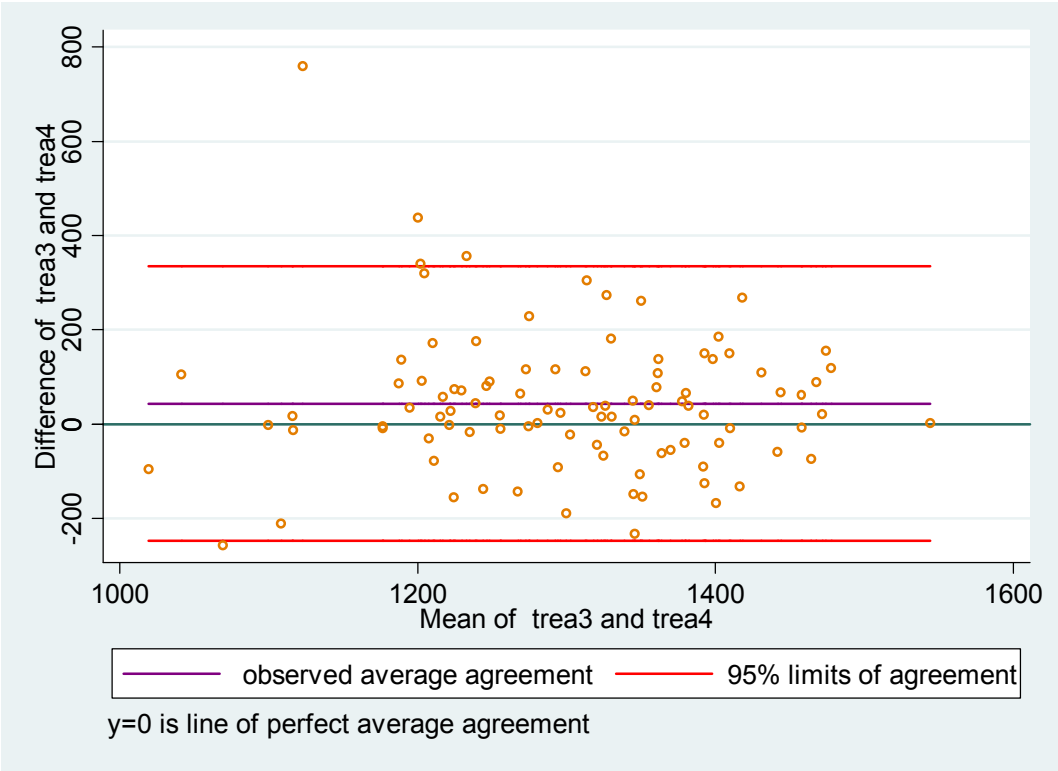

Difference of trea1 and trea4
600
400
200
0
-200
-400
1000
1200
1400
1600
Mean of trea1 and trea4
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

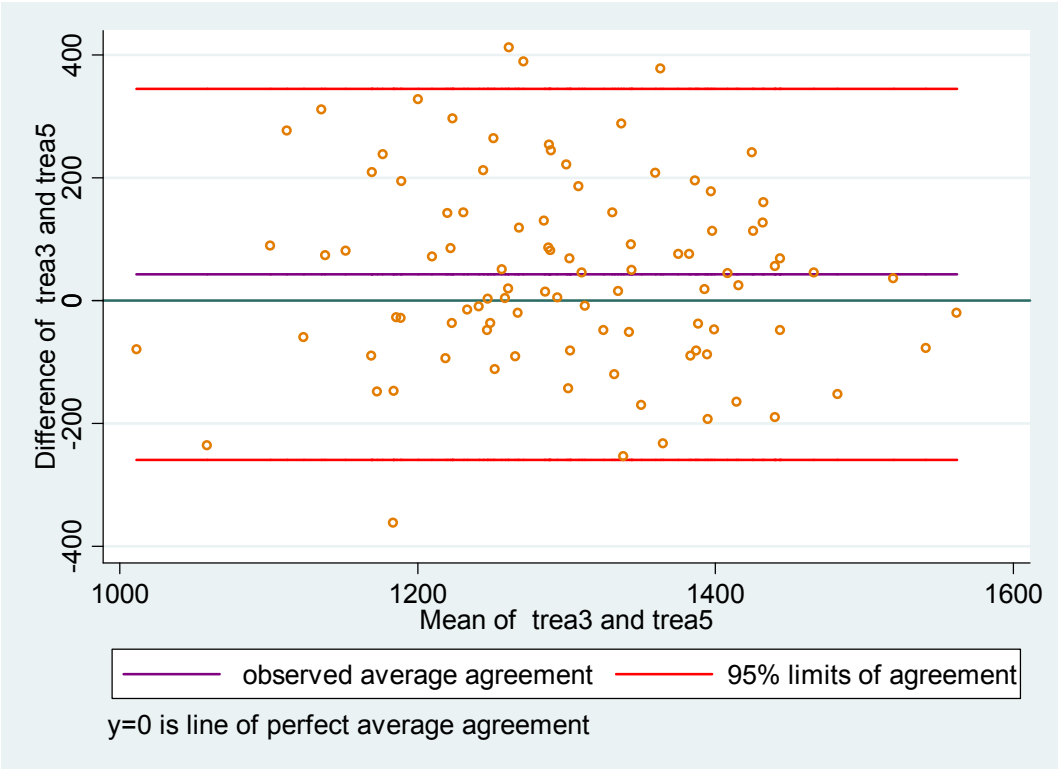

Difference of trea1 and trea5
600
400
200
0
-200
-400
1000
1200
1400
1600
Mean of trea1 and trea5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

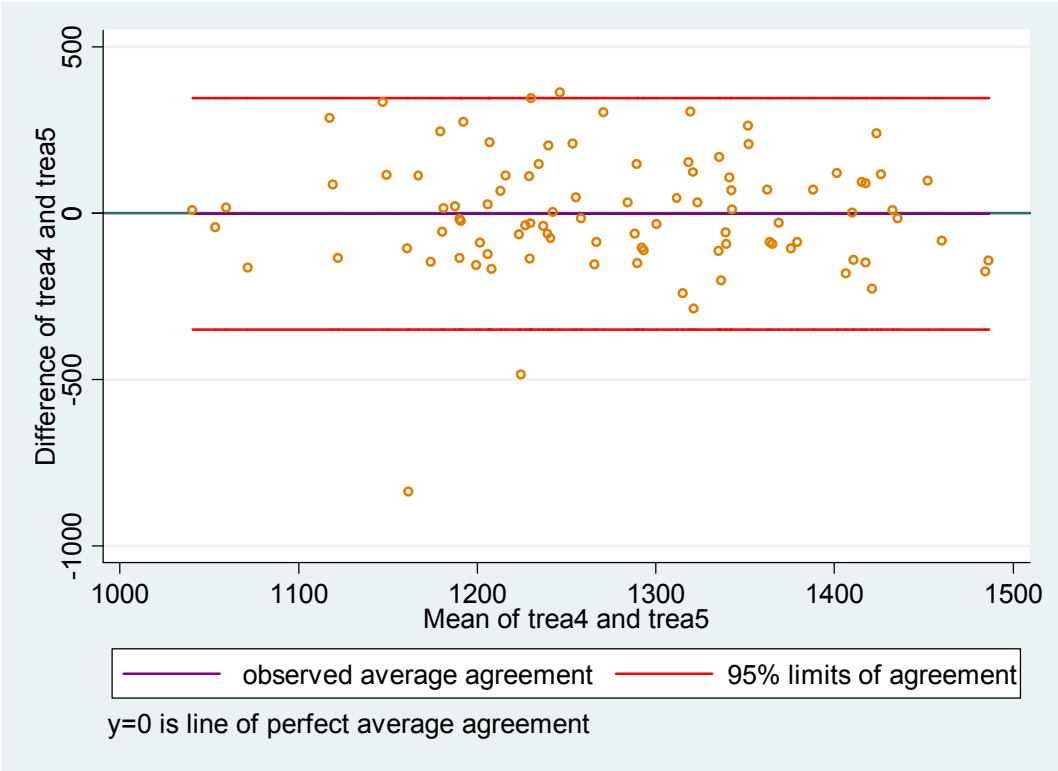

Difference of trea2 and trea3
600
400
200
0
-200
-400
800
1000
1200
1400
1600
Mean of trea2 and trea3
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement


Difference of trea2 and trea4
1000
500
0
-500
1000
1100
1200
1300
1400
1500
Mean of trea2 and trea4
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

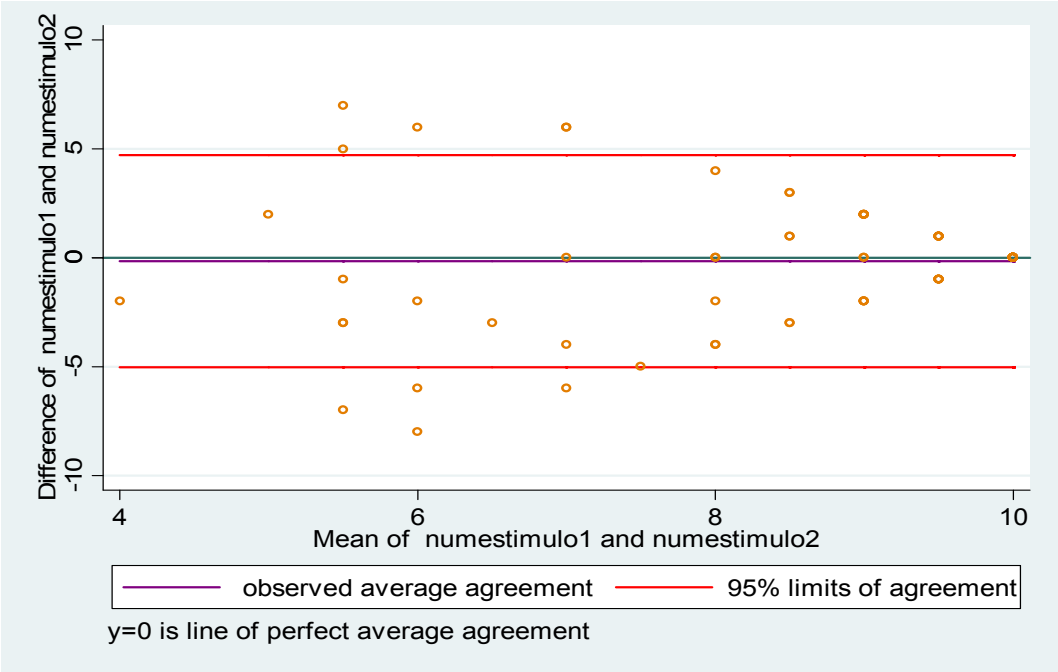

Difference of trea2 and trea5
600
400
200
0
-200
-400
1000
1200
1400
1600
Mean of trea2 and trea5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

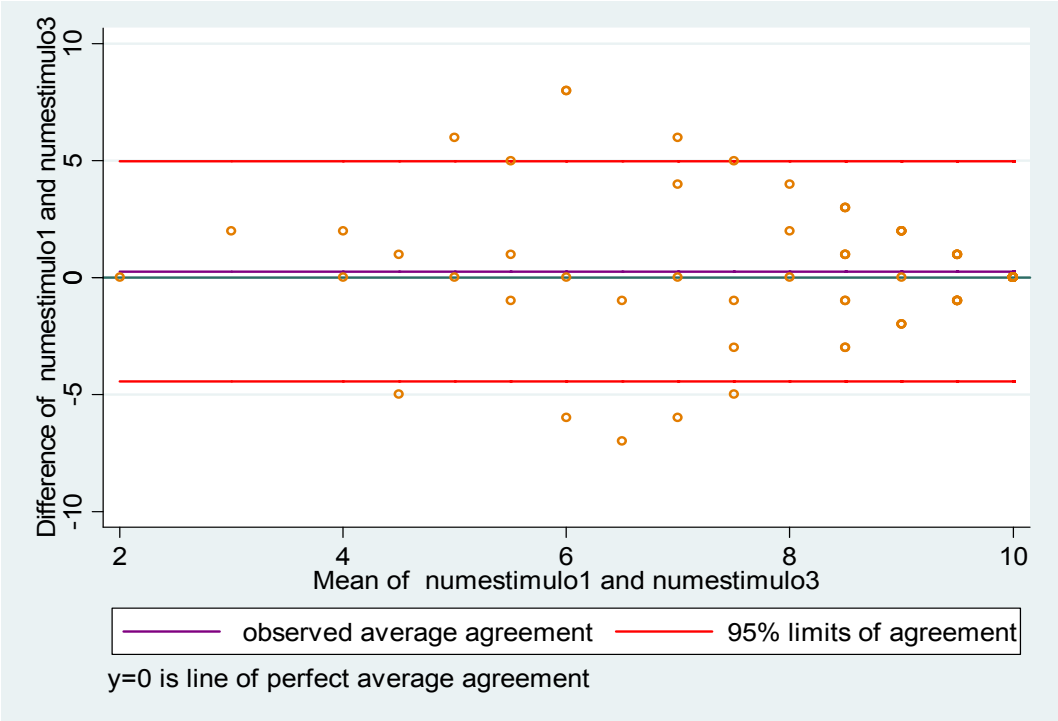

Difference of trea3 and trea4
800
600
400
200
0
-200
1000
1200
1400
1600
Mean of trea3 and trea4
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

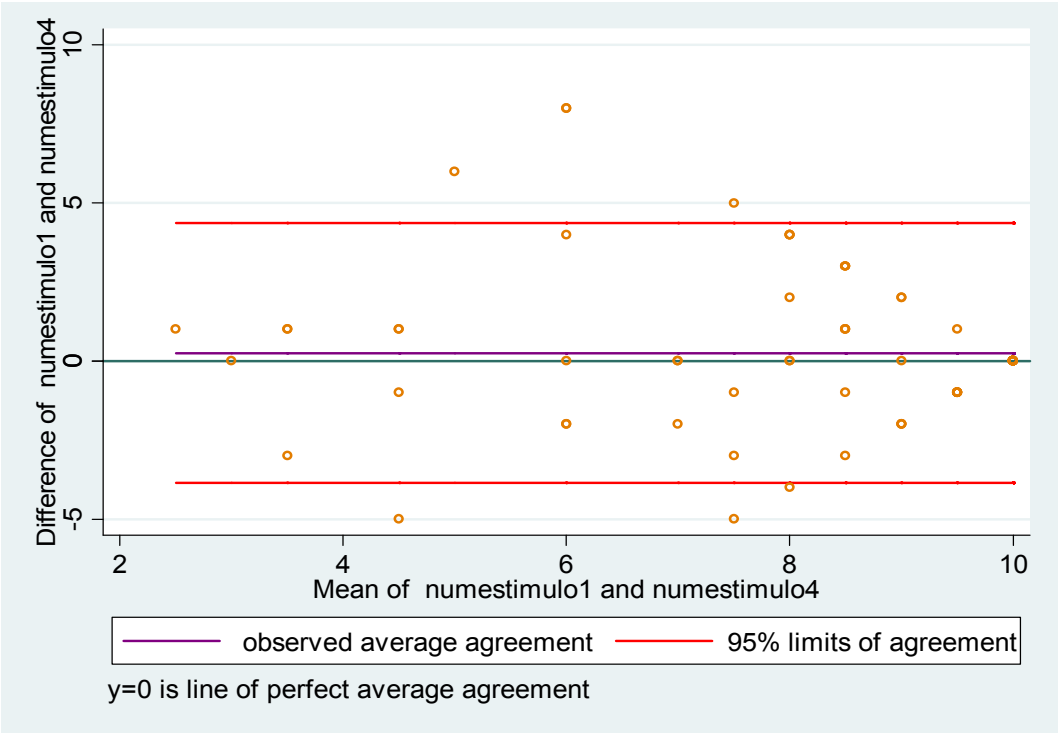

Difference of trea3 and trea5
400
200
0
-200
-400
1000
1200
1400
1600
Mean of trea3 and trea5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

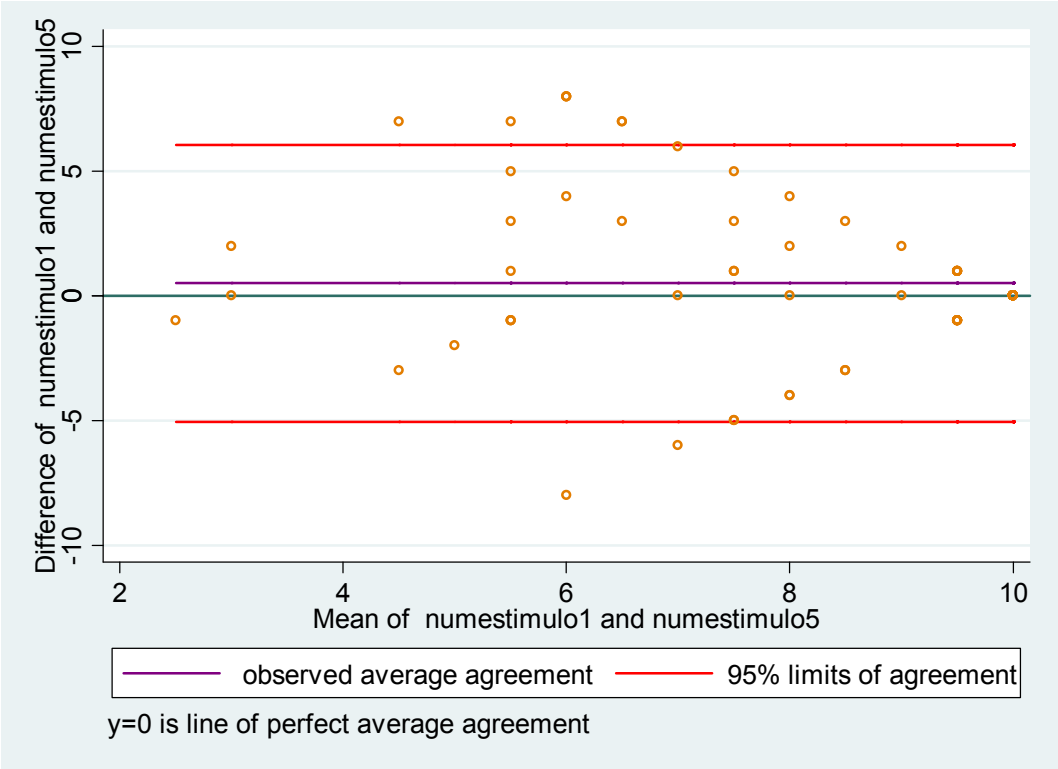

Difference of trea4 and trea5
500
0
-500
-1000
1000
1100
1200
1300
1400
1500
Mean of trea4 and trea5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

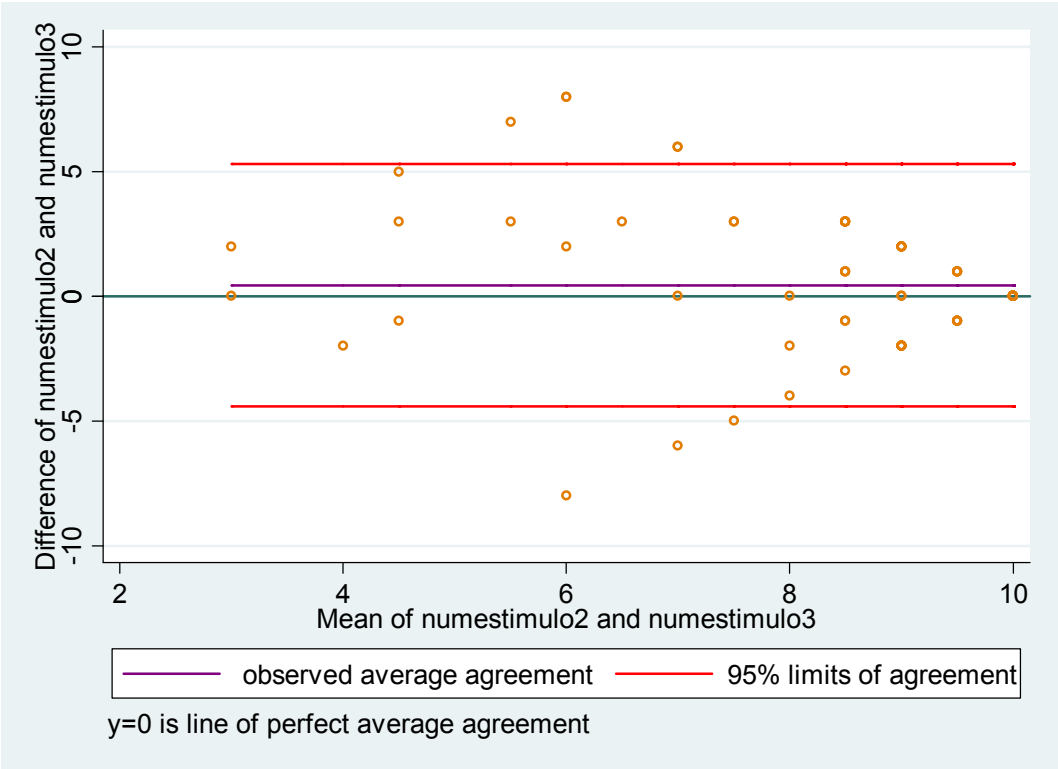
Limites de Acuerdo para la Capacidad de Almacenamiento Temporal y Control Activo de la Información de los participantes. (Concordancia encontradas en las Cinco sesiones)

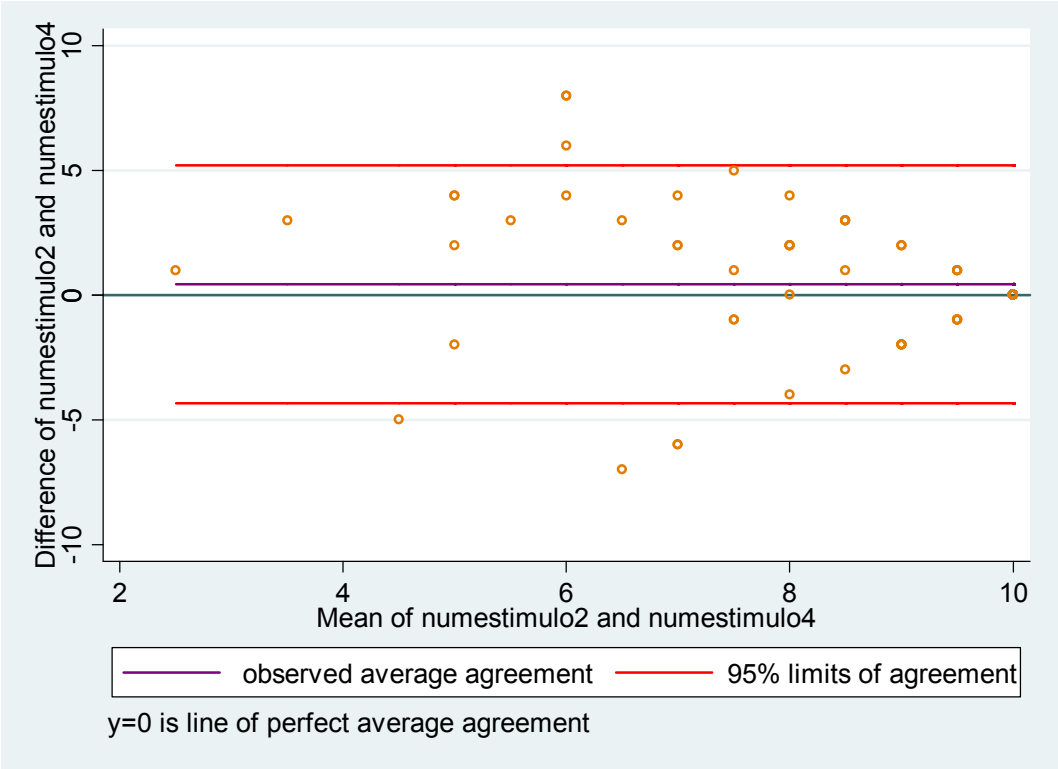


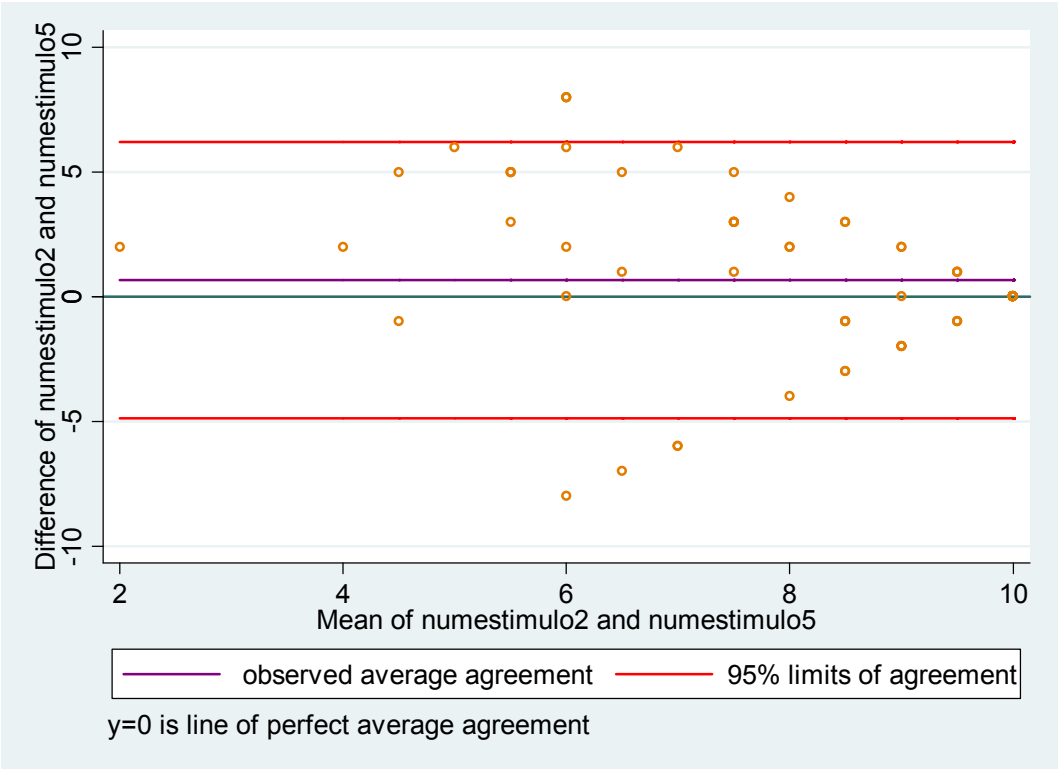


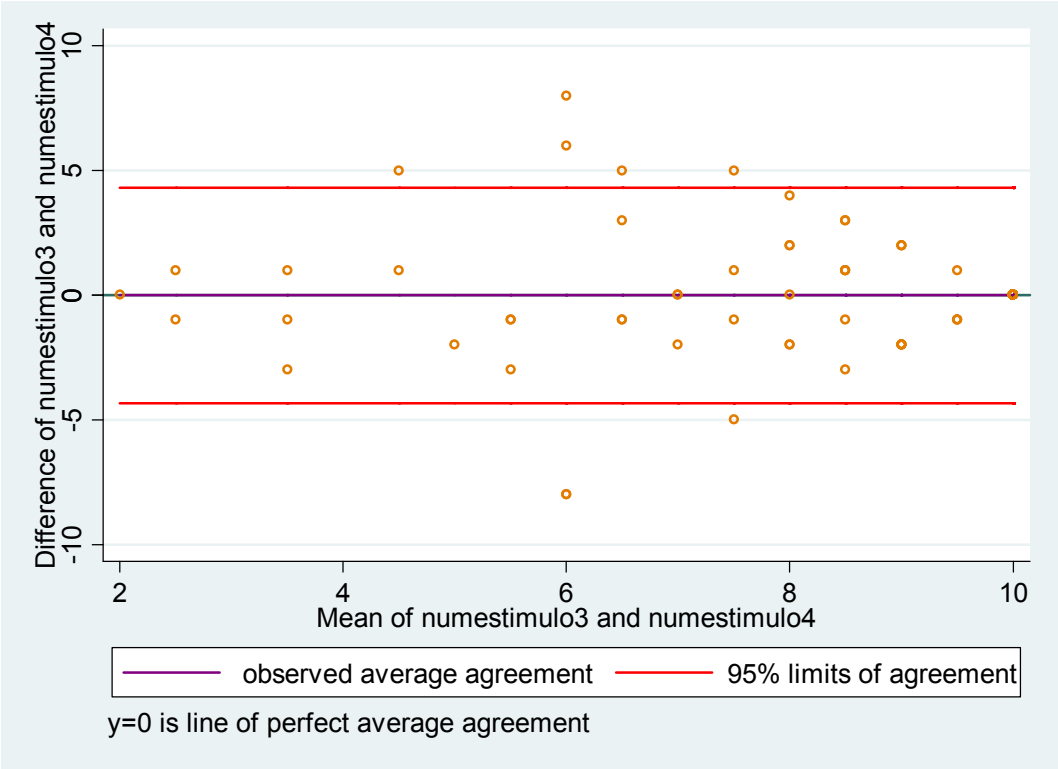

Difference of numestimulo1 and numestimulo4
10
5
0
-5
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo1 and numestimulo4
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

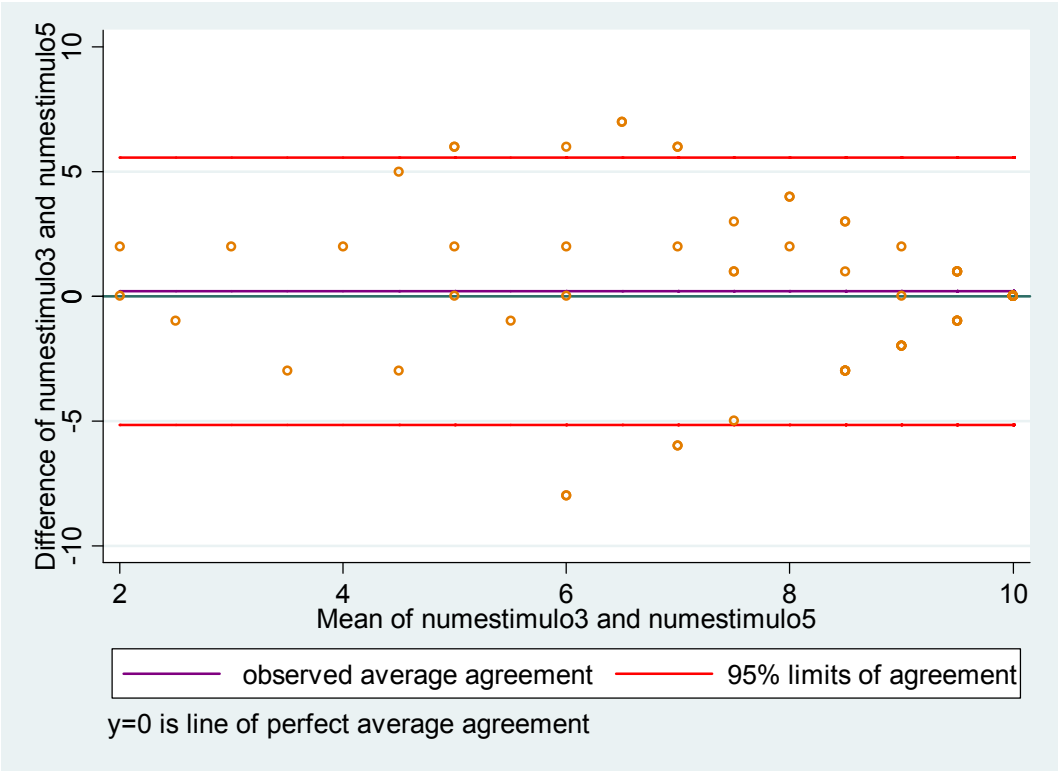

Difference of numestimulo1 and numestimulo5
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo1 and numestimulo5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement

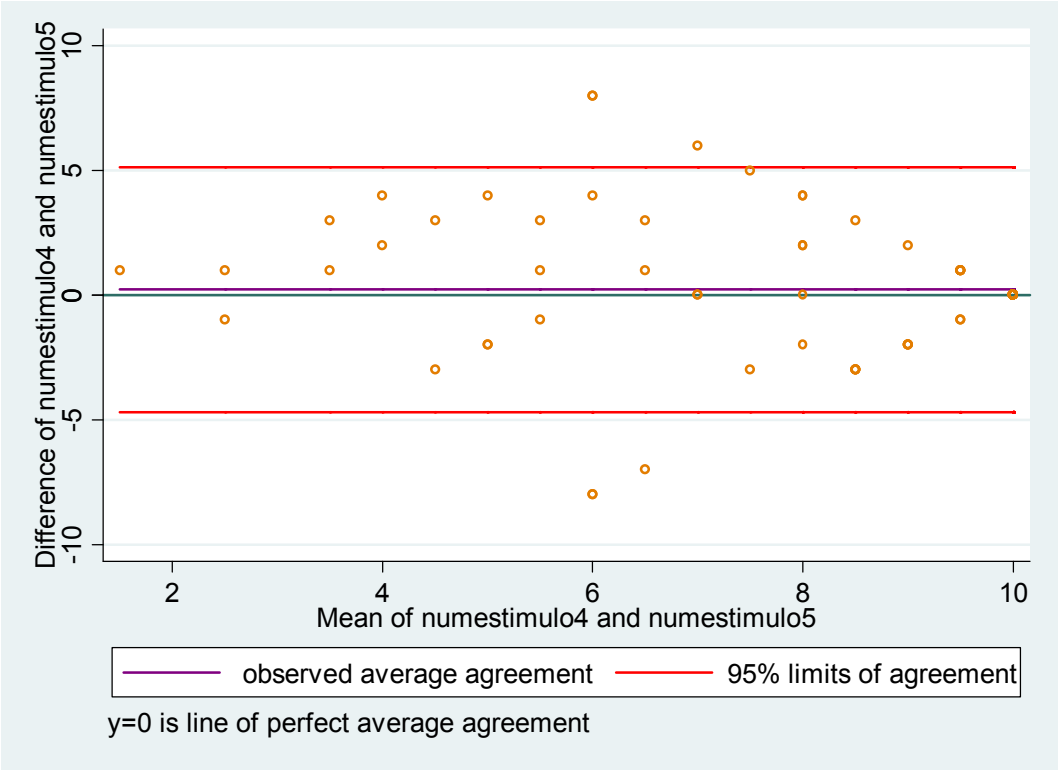

Difference of numestimulo2 and numestimulo3
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo2 and numestimulo3
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement


Difference of numestimulo2 and numestimulo4
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo2 and numestimulo4
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement


Difference of numestimulo2 and numestimulo5
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo2 and numestimulo5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement


Difference of numestimulo3 and numestimulo4
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo3 and numestimulo4
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement


Difference of numestimulo3 and numestimulo5
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo3 and numestimulo5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement


Difference of numestimulo4 and numestimulo5
10
5
0
-5
-10
2
4
6
8
10
Mean of numestimulo4 and numestimulo5
observed average agreement
95% limits of agreement
y=0 is line of perfect average agreement