LOS PRINCIPIOS DE CONTEO Y LOS MECANISMOS DE LA MEMORIA DE TRABAJO EN NIÑOS PREESCOLARES

Propuesta de trabajo de grado para optar por el título de magíster en psicología:

Zuly Johanna García Vivas

Director:
Diego Fernando Guerrero López, Magíster.

Universidad del Valle
Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura
Maestría en Psicología Cognitiva
Instituto de Psicología

Santiago de Cali

Octubre, 2015

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIÓNES

LISTA DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

El conocimiento matemático es vital no sólo en el ámbito escolar sino también en nuestra vida cotidiana. Este conocimiento se gesta en la infancia y sigue construyéndose constantemente, inicia con los procesos concernientes al conteo, por lo que se piensa que es éste la base del desarrollo matemático posterior (Gelman y Gallistel, 1978; Le Corre et al., 2006; Le Corre y Carey, 2004; Sarnecka y Carey, 2008; Wynn, 1990, 1992).

Por otra parte, muchos estudios (Bull, Espy y Wiebe, 2008; Passolunghi, Vercelloni y Schadee, 2007; Toll y Van Luit, 2013) que también han atendido dicho tópico, han encontrado que una de las mayores diferencias en el desempeño de las habilidades matemáticas de los preescolares reside en la memoria de trabajo.

La memoria de trabajo se refiere al funcionamiento cognitivo involucrado en el almacenamiento temporal y procesamiento de información, necesario para ejecutar otras funciones cognitivas complejas. Ha sido demostrado (Alsina y Sáiz, 2004; Bull, Espy y Wiebe, 2008; Passolumghi, Vercelloni y Schadee, 2007) que la memoria de trabajo es un factor importante en el desarrollo matemático de los niños, pero la relación entre los componentes de la memoria de trabajo y la competencia matemática aún no está clara, debido a las diferencias en las metodologías de investigación empleadas y las variables seleccionadas para establecer dicha relación. Estos resultados guardan ciertas implicaciones prácticas, puesto que los primeros años de desarrollo son críticos para el futuro nivel de la competencia matemática.

Atendiendo a lo anterior, el presente estudio pretende establecer la relación entre los mecanismos de la memoria de trabajo y los principios de conteo en niños que cursan el último año de educación preescolar. Para lograr este objetivo, se utiliza un diseño transversal y correlacional; empleando diferentes tipos de tareas, que evalúan los principios de conteo y cada uno de los componentes de la memoria de trabajo. Tanto las tareas de la memoria de trabajo como las de conteo, son tareas que han sido utilizadas y validadas en otros estudios similares.

La revisión bibliográfica presenta los elementos teóricos relacionados con la problemática de interés. Inicialmente, se conceptualizan el conteo, teniendo en cuenta las principales teorías que lo soportan, posteriormente, se conceptualiza el modelo de la memoria de trabajo de Baddeley y Hitch (1974), caracterizando sus respectivos componentes: ejecutivo central, bucle fonológico, agenda visoespacial y búfer episódico. También se presentan los estudios más relevantes que se han abordado en el marco de la cognición matemática temprana relacionada con la MT. Por último, se discuten los resultados obtenidos para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada.

CAPITULO 1

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Gran parte de la literatura ha evidenciado la existencia de habilidades relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas en los inicios de la etapa escolar. Muchos de los estudios cuasi-experimentales sobre el tema (Alsina y Sáiz, 2004; Bull, Espy y Wiebe, 2008; Passolunghi, Vercelloni y Schadee, 2007) coinciden en que una de las habilidades numéricas más relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas es el conteo y que en el marco de las habilidades cognitivas generales, la memoria de trabajo tiene grandes implicaciones en dicho dominio. Por tanto, a continuación se describe *el conteo*, más adelante se define *la memoria de trabajo* desde el modelo propuesto por Baddeley y Hitch (1974) y la relación que guarda con el desempeño matemático en la etapa preescolar.

1.1. El conteo

Existen diferentes concepciones teóricas de cómo el niño logra el conteo; uno de los modelos propuestos para dar cuenta de esto, se apoya en un sistema de naturaleza innata para su adquisición (Gelman y Gallistel, 1978), según estos autores el aprendizaje del conteo no es un proceso que dependa sólo de la experiencia, sino que refleja la operación de restricciones innatas que guían el aprendizaje en los niños, esta postura es conocida como *"principios antes que las habilidades"*.

Gelman y Gallistel (1978) postulan la existencia de principios que guían la adquisición del conocimiento cada vez más elaborado de la habilidad de contar. El modelo de estos autores es uno de los más representativos de la adquisición del conteo en los niños. Según éste modelo, el conteo estaría integrado por cinco principios: *correspondencia uno a uno, orden estable,* *cardinalidad, abstracción y orden irrelevante*. Los tres primeros se refieren al “cómo se cuenta”, el cuarto a “lo que se cuenta” y el quinto involucra características de los otros cuatro. Por último, el éxito en el conteo compromete la aplicación coordinada de todos los principios.

1.2. Los principios de conteo

1.2.1. El principio de correspondencia uno a uno.

Consiste esencialmente en la capacidad de asignar a cada elemento de un conjunto una sola palabra numérica y a cada palabra hacerle corresponder un sólo elemento. Este principio conlleva la coordinación de dos procesos: el de partición y el de etiquetación.

a) El de *partición* permite diferenciar entre dos categorías de elementos: los que ya han sido contados y los que aún faltan por contar. Esto se puede realizar bien mediante una acción física o mental.

b) El de *etiquetación* supone la asignación de un conjunto de etiquetas que el niño habrá de hacer corresponder una y sólo una vez a cada elemento.

Para tener éxito en este principio, estos dos procesos deben darse de forma simultánea y coordinada. Los niños que no se rigen por la correspondencia uno a uno pueden errar, por lo menos de tres maneras: (1) en el proceso de partición, cuando uno o varios elementos no son transferidos de una categoría a otra; (2) en el de etiquetación, cuando se etiqueta en un lugar donde no hay ningún objeto; y (3) al no coordinar los dos procesos anteriores, por ejemplo, un mismo objeto es transferido de categoría dos veces, pero sólo se le aplica una etiqueta.

1.2.2. El principio de orden estable. La secuencia empleada para contar debe ser repetible y estar integrada por etiquetas únicas (los números se recitan siempre en el mismo orden). La aplicación de este principio, no requiere la utilización de la secuencia convencional de numerales, es decir un niño podría utilizar el alfabeto o cadenas de números que no guardan un orden establecido (dos, tres, nueve,…) para etiquetar los artículos de una colección, pero lo que no se puede admitir es que estas etiquetas obedezcan a propiedades de los elementos o nombres de los elementos que se cuentan. Este principio precisa dos condiciones para considerarse correcto: ser repetible y estar integrado por etiquetas únicas.

1.2.3. El principio de cardinalidad. Es la capacidad de asignar un significado especial a la última etiqueta numérica empleada en el conteo, al representar no sólo el último objeto contado, sino también el número total de elementos. Según Gelman y Gallistel, se puede decir que este principio se ha adquirido cuando el niño repite el último elemento de la secuencia de conteo y pone un énfasis especial en el mismo o lo repite una vez ha finalizado la secuencia. Para lograr la cardinalidad es necesario haber adquirido previamente los principios de correspondencia uno a uno y orden estable.

Los tres principios expuestos hasta ahora forman la estructura conceptual del conteo, es decir, se trata de principios procedimentales que indican a los niños cómo han de operar al contar y determinar la cantidad de elementos de un conjunto (Gelman y Gallistel, 1987).

1.2.4. El principio de abstracción. Hace referencia a qué es lo que se cuenta y establece que los principios anteriores pueden ser aplicados a cualquier colección de objetos, independientemente de la naturaleza de sus elementos. Es decir, no sólo los objetos pueden ser contados sino también, los sonidos, los movimientos, en fin “todo se puede contar”. Von Glasersfeld, Steffe, Richards, Thompson (1983) establecieron diferentes etapas en la aplicación de este principio:

a) Unidades perceptivas: los niños cuentan sólo los objetos que están dentro de su campo visual.

b) Unidades figurales: cuentan objetos que no están disponibles directamente, pero son representaciones de ellos.

c) Unidades motoras: el numeral adquiere la cualidad de ser contado.

d) Unidades abstractas: pueden prescindir de ayudas externas y contar cualquier objeto.

1.2.5. El principio de orden irrelevante. El orden en que se enumeran los elementos de un conjunto no afecta a la determinación del cardinal de ese conjunto. Según éste principio, los tres primeros principios son necesarios para comprender la irrelevancia del orden, aunque no son suficientes. Gelman y Gallistel (1978) afirmaron que los niños que han adquirido este principio conocen:

a) Que el ítem contado es una cosa y no un “1” o un “2”,

b) Que las etiquetas de conteo son asignadas al objeto de forma temporal y arbitraria.

c) Que siempre se obtiene el mismo cardinal.

Según Gelman y Gallistel, la adquisición de estos principios además de ser un proceso complejo, no es un proceso de todo o nada, sino que cada uno de ellos conlleva una serie de etapas evolutivas por las que atraviesan los niños. Justamente, la habilidad de contar se desarrolla a medida que los niños comprenden e integran los diferentes principios.

Hasta aquí se ha tratado lo referente a los principios de conteo propuestos por Gelman y Gallistel (1987), quienes finalmente sostienen que los errores cometidos por los niños en la aplicación de estos principios se deben a errores de rendimiento y no a errores que reflejen la falta total de conocimiento “primero principios luego habilidades”.

La hipótesis que considera que las habilidades anteceden los conceptos necesarios para el conteo, se fundamenta en diferentes estudios donde niños de 3 años aún presentan errores en el principio de correspondencia uno a uno y violan el principio de orden estable. A esto se suma que los niños no parecen reconocer que el último número utilizado en el conteo indica cardinalidad, es decir, el número de elementos en el conjunto. Esta evidencia proviene de los desempeños al responder la pregunta *how many?*, que se ha utilizado para evaluar el principio de cardinalidad. Algunos investigadores han argumentado que esta pregunta sobrestima el conocimiento de los niños, debido a que algunos niños realmente lo que hacen es repetir el último número utilizado en el conteo sin entender a qué se refiere al valor cardinal del conjunto (Wynn, 1990). Si la tarea *How many?* no satisface la evaluación de cardinalidad, entonces ¿cómo podría probarse este principio?

Los desempeños en la tarea de *Give a Number* (GN) (Wynn, 1992) permiten establecer niveles de conocimiento de la representación del conteo. Cuando el niño aún no ha asignado un significado exacto a cualquiera de los números en su lista de números, puede ser llamado “conocedor-prenumeral”. Entre los 2,6 y los 3 años de edad aproximadamente, los niños pasan al siguiente nivel “conocedor de uno” al saber que “uno” significa uno y no otra cantidad diferente; y así sucesivamente para dos “conocedores de dos”, tres “conocedores de tres”, cuatro “conocedores de cuatro” y colectivamente los niños en estos niveles se han denominado “conocedores-subconjunto”. Transcurrido cierto tiempo (más de un año aproximadamente) después de ser “conocedores-subconjunto” el niño repentinamente es capaz de generar el cardinal correcto para “cinco” como mínimo. Pero mientras avanza en los niveles parece adquirir el significado para números mayores a cinco, en éste nivel el niño se denomina “conocedor del principio cardinal” (conocedor-PC) (Wynn, 1992). Lo que diferencia a los “conocedores-PC” de los “conocedores-subconjuntos” es que los primeros entienden cómo contar las colecciones, mientras que los otros no.

Partiendo de la hipótesis de Wynn (1992), Le Corre, Brannon, Van de Walle y Carey (2006) llevaron a cabo un estudio en donde examinaron si la lista de conteo como una representación de los números enteros positivos, trasciende las representaciones pre-verbales del número; con éste fin, realizan dos experimentos. El primero, abordó este asunto mediante la determinación de si, efectivamente, los niños nunca producen violaciones del principio de cardinalidad y si su frecuencia es una función de su etapa GN. El segundo, intentó determinar algunas de las inconsistencias gestadas entre la hipótesis de continuidad y la hipótesis de discontinuidad.

En el experimento 1 participan 50 niños de 2 a 4 años de edad de la ciudad de Nueva York, a quienes evalúan con las siguientes tareas:

- *How many?* (HM). A los niños les presentan una marioneta y colecciones de 2-6 animales de juguete idénticos dispuestos en una fila. El experimentador provoca al niño la acción de conteo a través de la marioneta (Big Bird) que finge no saber contar, invita al niño a que le ayude en el proceso de numerar varias colecciones de juguetes. Si el niño cuenta los objetos pero no menciona cuántos son, el examinador, con el fin de provocar la resolución de un cardinal, le dice: Muy bien, *¿Puedes decirle a "Big Bird" cuántos juguetes tiene aquí?*

- What is on the card? (WOC). Se presentan cuatro series de ocho tarjetas con colecciones de 1 a 8 elementos fijados en ellas. Cada colección tiene un color y tipo de elementos distintos. Inicialmente se le pregunta al niño *¿Qué hay en la tarjeta?* Si el niño solamente menciona el cardinal, sin contar, el examinador le pregunta: *¿Me puedes mostrar?* para poder obtener un conteo como respuesta.
- *Give a number* (GN). En este ensayo se pretende que el niño seleccione un subconjunto de juguetes pequeños de una colección de 15 animales de juguete, para lo que se le anima mediante la participación de un muñeco que aparenta necesitar un número concreto de juguetes para poder jugar. Con este fin, el experimentador presenta al niño una vasija llena de juguetes y le pide ayuda para seleccionarlos en varias pruebas de 1 a 6 objetos. Cuando el niño es capaz de dar correctamente X juguetes, en el siguiente intento se le pide X+1. Si en un momento no es capaz de seleccionar correctamente X+1, en el siguiente ensayo, se le vuelve a solicitar que seleccione X.

Para ser incluidos en la muestra, los niños tienen que haber memorizado una lista de conteo estable de al menos seis palabas-numero. Según los resultados obtenidos en la tarea HM, todos los niños usan la lista de conteo estándar, incluso los niños de 2 años manejan la lista de conteo.

En la tarea GN todos los *conocedores-PC* proporcionan todos los números que se le pide en la tarea siguiendo los criterios de Wynn. En el *subconjunto de conocedores de N*, los niños dan sólo algunos números requeridos[1].

En cuanto al conteo espontáneo, los conocedores-PC usan el conteo para construir colecciones, contando en mayor porcentaje colecciones grandes y en menor porcentaje colecciones pequeñas. Los sujetos del grupo conocedores-subconjunto la mayoría de las veces utiliza una estrategia no basada en el conteo para construir colecciones y sólo los conocedores de 3 y 4 terminan el conteo con el número requerido. En cuanto a la construcción de una colección con un número incorrecto de elementos, los conocedores-PC fallan menos que el resto de los conocedores-subconjunto, de modo que el 70% de los conocedores-PC siempre se fijan en la colección correcta, mientras que cerca del 60% de los conocedores-subconjunto nunca aciertan con la respuesta correcta. De esta forma, los autores concluyen que los conocedores de cero, aprenden la lista de conteo sin sentido. Los conocedores-subconjunto recitan la lista numérica pero no construyen colecciones, rara vez usan el conteo para corregir o construir conjuntos. Los conocedores-PC construyen conjuntos, usan el conteo particularmente en colecciones grandes.

Referente a los resultados de los desempeños en la tarea WOC las respuestas más frecuentes son sustantivos, cardinales y conteo sin respuesta cardinal. Los conocedores-PC cuentan cuando las colecciones son grandes, mientras que los conocedores-subconjunto raramente cuentan. Los conocedores-PC y los conocedores-subconjunto cuentan con más frecuencia colecciones grandes (excepto los conocedores de cero). Los niños tienen alguna apreciación de que el conteo determina el valor de las colecciones grandes. En el estudio también se encuentra que los

---

[1] Según Wynn (1990, 1992), se considera que el niño sabe el significado exacto de una palabra-número N si: (a) da N objetos al menos el 67% de las veces cuando se le pregunta por el número, (b) da N objetos no más de la mitad de las veces cuando se les pregunta por un número diferente, (c) satisface las condiciones a) y b) para todos los números menores que N.

conocedores-PC y los conocedores-subconjunto producen el cardinal de pequeñas colecciones sin recurrir al conteo. Con respecto al principio cardinal, se halla que la habilidad de producir una respuesta asociada a la última palabra-número del conteo no es producto del conocimiento de las relaciones entre el conteo y la cardinalidad, de la misma forma, los conocedores-subconjunto no comprenden el principio de cardinalidad. Los niños clasificados en el conjunto conocedores-subconjunto sólo conocen el significado de algún número y no saben aún cómo el conteo representa el número, lo cual apoya la hipótesis de discontinuidad.

En el experimento 2, los investigadores intentan resolver algunas de las inconsistencias que genera el debate entre la hipótesis de continuidad y la hipótesis de discontinuidad, como por ejemplo, las demandas en las pruebas con que se evalúan los principios de conteo y la misma interpretación de sus resultados. Para ello, mediante un experimento se evalúa el rendimiento de los niños en GN, en una versión de la tarea de la marioneta que no requiere poner a prueba la metacognición de los principios de conteo de los niños y en una tarea de elicitación de la lista de conteo. En éste experimento participan 37 niños de 4 y 3 años de edad de una región de Boston. La tarea GN se aplica de la misma forma que en el experimento 1, se clasifican los niños en conocedores de 1 y 2, conocedores de 3 y 4, y conocedores-PC. En la tarea de conteo de la marioneta se disponen 15 elefantes de plástico pequeños y un recipiente. La tarea se realiza con 6(5), 7 y 8(9) elefantes. El experimentador le dice a la marioneta cuantos objetos pone dentro de un contenedor y la marioneta cuenta N o N$\pm$1 objetos y los pone dentro del recipiente.

Los datos de la tarea del conteo de la marioneta sugieren que GN subestima ligeramente la comprensión del conteo infantil, puesto que, se nota que algunos niños clasificados como conocedores-subconjunto de GN pueden ser en realidad conocedores-PC. El resultado significativo, por supuesto, es la consistencia entre el nivel de GN y el éxito en esta tarea. Los conocedores-PC reconocen la mayoría de las veces cuándo la marioneta cuenta adecuadamente, contrario a los conocedores-subconjunto. Los conocedores-PC tienden a dar respuestas exactas, mientras los conocedores-subconjuntos al menos tienen una interpretación de la palabra-número. Por consiguiente, los resultados apoyan la hipótesis de discontinuidad al encontrar diferencias entre conocedores-PC y conocedores-subconjunto. A nivel general, se puede afirmar que las tareas afectan el desempeño de los niños en cuanto a la cardinalidad y categorización de los niños en los diferentes grupos de conocedores. Por otra parte, los resultados distan mucho de la hipótesis de continuidad con respecto a que el conteo está presente en edades muy tempranas.

Siguiendo éste orden de ideas, se pude indicar que el hecho que un niño recite la lista de palabras-número del conteo no significa necesariamente que sea conocedor de que el conteo representa numerosidad (Wynn, 1992).

Si el principio cardinal se describe como el último número utilizado en el conteo y que éste indica todos los elementos que hay en un conjunto, Sarnecka y Carey (2008) se hacen dos preguntas al respecto: ¿El principio cardinal es un requisito para el procedimiento del conteo y para la respuesta a la pregunta: *how many?* y ¿El principio cardinal es una regla conceptual que se relaciona con el conocimiento de la función de sucesor? Para responder a estos interrogantes, dichas autoras llevan a cabo un estudio donde comparan los desempeños en ciertas tareas de los niños de 2 a 4 años quienes entienden cómo funciona el conteo (conocedores-PC) y los que no (conocedores-subconjunto).

En el estudio de Sarnecka y Carey (2008), participan 73 niños que se encuentran entre los 2,10 y 4,3 años de edad. Inicialmente los investigadores utilizan la tarea GN con el objetivo de determinar el nivel de conocimiento numérico del niño. A continuación, para establecer una línea base en la fluidez del conteo, emplean las tareas de secuencia y correspondencia. Posteriormente para responder al primer cuestionamiento, recurren a la tarea HM con algunas modificaciones para evitar hacer dicha pregunta al niño. Con el objetivo de dar respuesta al segundo interrogante, diseñan dos tareas: tarea de dirección y tarea de unidad.

El objetivo de la tarea de secuencia es medir la capacidad del niño en producir la lista de conteo numérica hasta 10. El experimentador le dice al niño que cuenten juntos hasta 10 y después de terminar el conteo le dice al niño que cuente solo. La finalidad de la tarea de correspondencia es medir la habilidad del niño en establecer la relación entre los objetos y la lista numérica. El experimentador organiza en línea recta una matriz de cinco artículos y le pide al niño que muestren cómo se cuenta y lo mismo se pide para la matriz de diez artículos.

En la tarea de dirección el experimentador pone 5 o 6 artículos del mismo color en cada plato diciendo: "aquí pongo 5 osos rojos y aquí pongo 5 osos purpura", luego el experimentador mueve un elemento y dice: "acá hay 4 osos rojos y en la otra hay 5 osos purpuras y 1 rojo" y finalmente pregunta ¿Cuál plato tiene 6? El propósito de ésta tarea es evaluar si el niño comprende que avanzar en la lista de conteo implica la adicción de un elemento al conjunto (función sucesor), e ir hacia atrás implica restar un elemento. En la tarea de unidad el experimentador inicia colocando 4 ranas en la caja y luego la cierra, posteriormente pregunta al niño ¿Cuántas ranas hay? Si el niño responde correctamente se agrega n+1- n+2 y luego pregunta ahora es 5 o 6, la finalidad de ésta tarea es evaluar si el incremento de la unidad se representa por el desplazamiento de un numeral al próximo.

Los resultados permiten evidenciar que todos los grupos presentan altos desempeños al recitar la lista de numerales hasta diez, al igual que señalar cada objeto en la colección. En general los niños responden correctamente el 83% de las veces y el 17% de las veces los niños responden con un numeral incorrecto. Los conocedores-PC responde correctamente 96% de los ensayos y los conocedores-subconjunto responden correctamente 68% de los ensayos. Este hallazgo va en contra de la primera hipótesis porque cualquier nivel de conocimiento permite tener éxito al dar esa respuesta.

Los niños del grupo conocedores de cuatro y conocedores-PC son los únicos que pueden reconocer un conjunto de cuatro elementos sin contar (subitizar). El desempeño que obtienen los sujetos en los diversos grupos de nivel de conocimiento permiten decir que los niños aprenden la regla procedural para “cuantos hay” mucho antes de comprender el principio de cardinalidad.

La mayoría de los niños que hacen parte del grupo de “conocedores de dos” conocen que la última cifra del conteo da cuenta a la pregunta ¿cuántos hay? a pesar de ese conocimiento; pasará un gran tiempo para comprender cómo la última palabra del conteo denota la numerosidad de un conjunto. Los conocedores-PC tienen un conocimiento implícito sobre cómo se implementa la función sucesor, mientras los conocedores-subconjunto no lo hacen, esto lleva a pensar que llegar a conocer la función sucesor es lo que convierte a un conocedor -subconjunto en un conocedor-PC. Se aprende primero un sub componente del principio de cardinalidad (dirección de cambio) y luego se aprende el otro (unidad de cambio) Sarnecka y Carey (2008).

Queda claro que el conocimiento básico de los principios de conteo no comprende los principios de conteo no verbales. Posiblemente las representaciones numéricas pre-verbales podrían apoyar el proceso de la adquisición del conteo. Por ésta razón, se revisa brevemente las hipótesis sobre las representaciones numéricas pre-verbales, a saber: magnitudes análogas, individuación en paralelo y cuantificación basada en conjuntos.

1.3. Representaciones numéricas preverbales

1.3.1. Las magnitudes análogas (Dehaene, 1997). Éste tipo de representación codifica el número como lo haría una recta numérica, de forma continua, pero representa las cantidades de manera aproximada. Tal vez una de las evidencias más notables sea el hecho de que las discriminaciones de conjuntos sin conteo se ajustan a la Ley de Weber. Según este principio, el cambio en la intensidad de un estímulo que un organismo necesita para detectar una variación del mismo, es proporcional a la intensidad del estímulo original, más que a una cantidad constante. Por ejemplo, el tiempo de reacción empleado en diferenciar una matriz de 5 puntos de otra de 10, es menor que el tiempo empleado en diferencia una matriz de 55 puntos de otra de 60. Es decir, el tiempo de reacción se reduce con el aumento de la distancia entre los valores y si, la distancia entre las cantidades permanece constante, el tiempo de reacción se incrementa con la magnitud numérica.

1.3.2. La individuación en paralelo (Le Corre y Carey, 2004). Este sistema representa conjuntos de individuos mediante la creación de modelos de memoria de trabajo en el que cada individuo o ítem en un conjunto está representado por un símbolo mental único, se relaciona con el manejo de pequeñas cantidades (máximo 3 en niños y 4 en adultos). Por lo tanto, los niños pueden representar ese conjunto, guardarlo en su memoria de trabajo y establecer comparaciones biunívocas con conjuntos percibidos. Cabe destacar que, a diferencia del sistema de magnitudes análogas, este sistema no contiene símbolos de número; más, denota un contenido numérico.

1.3.3. La cuantificación basada en conjuntos. Éste sistema es la base de los significados de todos los cuantificadores lingüísticos, distingue explícitamente individuos en un ámbito del discurso, de todos los conjuntos que puede estar formado por ellos, puede ser de forma exacta (por ejemplo: un gato, tres elefantes) o ambigua (por ejemplo: pocos gatos, algunos elefantes).

1.3.4. Individuación en paralelo enriquecido. Debido a que las representaciones en el sistema de individualización paralelo son modelos de pequeños grupos en la memoria de trabajo, es decir, demasiado temporales para proveer significados de palabras numéricas, Le Corre y Carey proponen la individuación en paralelo enriquecido, como un modificador plausible para el sistema de individuación en paralelo. Este sistema se refiere a las representaciones numéricas creadas a partir de la combinación del sistema de individuación en paralelo y cuantificación basada en conjuntos, aquí los vínculos entre los números y sus correspondientes modelos serían almacenados en la memoria a largo plazo.

1.4. Estudios que fundamentan el conteo

Muchos estudios han investigado cómo los niños adquieren significados de los números en su lista de conteo antes de la adquisición de los principios de conteo. Estos estudios han encontrado que, antes de dominar los principios de conteo, los niños aprenden laboriosamente significados numéricos exactos (es decir, significados por el que se aplica cada número a un solo número de ítems) para “uno”, “dos”, “tres” y, a veces “cuatro” en ese orden (Le Corre et al, 2006; Sarnecka 2008; Wynn, 1992).

Es así como Le Corre y Carey (2007), investigan si los niños mapean números más allá de “cuatro” como parte de la adquisición de los principios de conteo, y si el mapeo numérico que los niños usan muestra variabilidad escalar. Para comprobar éstas hipótesis llevan a cabo dos experimentos.

En el experimento 1 participan 116 niños y niñas, de 3 a 5,7 años de edad, de la ciudad de Boston, hablantes nativos de inglés. Para evaluar los desempeños, los investigadores utilizan cuatro tareas: tarea de Elicitación de la lista de conteo, *Give a number* (Wynn, 1990, 1992), Tarjetas rápidas y Juicios ordinales no verbales (NVO). La tarea GN se utiliza para categorizar a los niños en "niveles de conocedores" según el nivel de los números para los que han aprendido los significados numéricos exactos.

Los resultados en la tarea de *tarjetas rápidas*, sugieren que el grupo de conocedores-PC se compone realmente de dos grupos: conocedores-PC (no mapeadores-PC) quienes no han asignado números más allá de "cuatro" en magnitudes análogas y conocedores-PC (mapeadores-PC) quienes han mapeado números más allá de "cuatro" en magnitudes análogas.

El experimento 1 permite evidenciar que todos los conocedores-CP y algunos conocedores-subconjuntos pueden estimar el tamaño de los conjuntos de 1 a 4 sin contar, por lo que se puede pensar que el mapeo de "uno" a "cuatro" es parte del proceso mediante el cual se adquieren los principios de conteo, mientras que la creación de asignaciones entre números grandes y magnitudes análogas no lo es. Otro aspecto que apoya esta hipótesis es que casi el 50% del grupo de los conocedores-PC no muestran evidencia de mapear números mayores que "cuatro" en magnitudes análogas. En todos los grupos de los "niveles de conocedores" la variabilidad escalar no se mantiene para el rango de los conjuntos pequeños (1-4), lo cual indica que el desempeño de los niños no se basa solamente en magnitudes análogas para la estimación de conjuntos pequeños. Entonces, deben acudir a la representación de individuación en paralelo enriquecido, ya sea solo o con magnitudes análogas. Los resultados también permiten establecer la edad en que los niños mapean numerales verbales de cinco a diez, alrededor de 4,6 años aproximadamente, 6 meses a un año más tarde de la edad media a la que los niños adquieren los principios de conteo (Le Corre y otros, 2006; Wynn, 1992).

En el experimento 2 participan 63 niños que se encuentran entre los 2 a los 4 años de edad de los Estados Unidos, quienes se evalúan mediante dos tareas: *What is on the card?* (WOC) y *Elicitación de la lista de conteo*. A diferencia de la tarea *Tarjetas rápidas* que se emplea en el experimento 1, WOC no ejerce ninguna presión de tiempo en la estimación y producción numérica, de tal forma, las tarjetas quedan a la vista de los niños durante el tiempo que lo deseen, permitiendo el conteo. WOC proporciona datos que permite poner a prueba si la estimación numérica verbal de los niños mejora en ausencia de la presión del tiempo.

Los resultados señalan que al igual que en el experimento 1, todos los conocedores-subconjunto y algunos conocedores-PC no pueden estimar los tamaños numéricos de grupos de cinco o más sin contar. Debido a que la tarea WOC no ejerce presión de tiempo para las respuestas, el fracaso en la estimación de los tamaños grandes de conjuntos, no puede atribuirse a la tasa de presentación.

Por otra parte, el fracaso de los conocedores-subconjunto y no mapeadores-PC en la estimación de los conjuntos de tamaños grandes, tampoco se puede atribuir al manejo de numerales mayores de los que pueden mapear. Porque para cada conjunto pueden contar más de lo que pueden estimar. Por tanto, el mapeo de “uno” a “cuatro” es parte del proceso mediante el cual se construyen los principios de conteo, pero la asignación de los números más allá de "cuatro" en magnitudes análogas no lo es.

Hasta aquí se han considerado un poco las cuestiones referentes a cómo el conteo representa el número; ahora se pasa a revisar cómo el niño construye el significado de las palabras-número, las cuales poseen ciertas características que hacen compleja su adquisición. "Muy probablemente los niños combinan su conocimiento de los principios de conteo con el discurso del contexto para apoyar la conclusión de que una palabra-número puede aparecer en ciertos marcos sintácticos" (Syrett, Musolino y Gelman, 2012 p.10).

La comprensión semántica de las palabras-número se hace más difícil para los niños por el hecho de que los nombres de los números no se refieren a los elementos individuales, o a propiedades de los elementos individuales, sino más bien a las propiedades de conjuntos de elementos. En Wynn (1992) se revisan dos teorías acerca de cómo el niño adquiere éste conocimiento. Una es la teoría de los "principios de conteo" postulada por Gelman y Gallistel (1978) en donde el niño tiene que aprender los nombres de los números de su lengua, y asignarlos a su propia manera innata dada una lista ordenada de etiquetas numéricas mentales. Pero, según la evidencia empírica aportada por otros estudios, parece, que los niños empiezan con los principios de conteo sin bases que les lleven a los significados de las palabras de los números y que guíen la adquisición de sus habilidades para contar. Más bien, los niños deben aprender a contar, y debe aprender el significado de las palabras de los números por algunos medios distintos de su correspondencia con un conjunto de etiquetas de conteo mental. Otra teoría que se revisa en el estudio, es la "teoría de diferentes contextos" en la cual los nombres de los números tienen diferentes significados en diferentes contextos y los niños adquieren secuencialmente estos diferentes significados, aprendiendo cada palabra-número al inicio como varias palabras diferentes que dependen del contexto.

Existen dos componentes esenciales para entender el significado cardinal de una palabra-número en particular: (a) el conocimiento de que una palabra se refiere a una numerosidad y (b) que una palabra se refiere a una numerosidad precisa (significado cardinal).

Wynn (1992) realizan un estudio para evaluar cómo y cuándo los niños llegan a comprender la forma en que el conteo determina numerosidad y aprenden el significado de las palabras-numero. En dicho estudio participan 20 niños de 2 y 3 años de edad, de los cuales 14 se ponen a prueba durante un período de 7 meses, y los 6 restantes, durante un período que abarca 2 meses. Se evalúa el desempeño de los niños mediante cuatro tareas: *Give a number, How many?, Poin to X,* y una tarea más (de control) para cerciorarse que los participantes saben los conceptos de lateralidad (“arriba”, “abajo”) y de los colores (“rojo”, “azul”, “verde” y “amarillo”), necesarios para desarrollar las otras tareas.

En la tarea *Point to X* solo participan los niños que como mínimo son conocedores de uno y que además tienen éxito en la *tarea de control*. En ésta tarea el experimentador le muestra al niño varias tarjetas que contienen dos colecciones de imágenes con diferente número de artículos (N y N+1) y le pide apuntar a la colección que representa un determinado número de artículos. Las imágenes de cada tarjeta son iguales, pero difieren en color.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de las tareas indican que los niños desde los 2,6 años de edad, de una u otra forma son capaces de diferenciar las palabras-número de las palabras que no denotan cantidad. También son capaces de diferenciar entre los cuantificadores singulares de los plurales. Los resultados en la tarea GN no son consistentes con la tarea *Point to X,* en la medida que no muestran el conocimiento de los números mayores (5-6). Por lo tanto, los niños no tienen éxito en el reconocimiento de un número mayor en la tarea de *Point to X,* de lo que son capaces de demostrar en la tarea GN, a pesar de que aciertan en los números que dan.

Los niños tienen conocimiento de que cada uno de los nombres de los números se refiere a una numerosidad única y específica, entonces restringen el significado de las palabras de los números de modo que no hay dos que se refieran a la misma numerosidad. Estos resultados muestran que en el momento en que conocen el significado cardinal de la palabra “dos”, y posiblemente antes, los niños ya han determinado que cada una de las palabras del conteo se refiere a una numerosidad única y específica (Wynn, 1992).

Según estos datos, el autor estima que pasa aproximadamente un año para que los niños que ya conocen el significado cardinal de la palabra “uno”, y saben que las palabras de los números se refieren a numerosidades, aprendan la manera en el que el sistema de conteo representa numerosidad. A nivel general, los resultados de dicho estudio ofrecen evidencia confirmatoria que los niños aprenden los nombres de los números secuencialmente hasta las palabras “dos” o “tres” y luego adquieren los significados cardinales de las palabras-número más grandes en relación con el principio de la palabra cardinal.

Según Syrett, Musolino y Gelman (2012), existen dos hipótesis para dar cuenta de cómo los niños identifican las palabras-número y adquieren su significado. Una, es la hipótesis de continuidad que se basa en el papel de un conjunto de principios no verbales aritméticos y de conteo identificados por Gelman y Gallistel (1978), y la otra, es la hipótesis de discontinuidad que hace énfasis en el bootstrapping sintáctico, que considera que los niños pasan por un período de tiempo durante el cual parecieran saber que las palabras-número hacen referencia a numerosidades únicas y precisas, sin saber todavía que cada palabra-numero pertenece a una numerosidad (por ejemplo, Carey, 2004; Le Corre y otros, 2006; Le Corre y Carey, 2007).

Existen dos hipótesis acerca de las funciones que cumplen los estímulos lingüísticos en la adquisición de las palabras-numero con respecto al bootstrapping sintáctico. Una de ellas es que las claves lingüísticas podría obligar a los niños a postular una nueva categoría léxica, y la otra es que las claves lingüísticas podrían ofrecer soporte para el estado que denota cantidad de las palabras-número, poniéndolos en compañía de los cuantificadores no exactos (por ejemplo, algunos, muchos, todos, pocos).

Syrett, Musolino y Gelman (2012) realizan un estudio para examinar cómo la sintaxis apoya la adquisición de las palabras-número. Investigan si los niños pueden usar su conocimiento de la estructura sintáctica-semántica y deducir si una palabra nueva que aparece en un determinado entorno sintáctico asigna una interpretación que denota cantidad, y si el contexto del discurso en el que aparece la palabra, realiza la función adicional de destacar una interpretación específica de cantidad, que le permita al niño acudir a una palabra que significa numeración.

Para ello llevan a cabo principalmente dos experimentos. El primero se realiza para determinar si los niños son conscientes de las limitaciones semánticas asociadas al contexto sintáctico del discurso. En este estudio participan 60 niños de 2,8 a 4,8 años de escuelas preescolares o guarderías de los Estados Unidos. Los niños son distribuidos al azar a las cuatro condiciones experimentales: (a) línea de base sin-marco, (b) sin marco partitivo en la prueba, (c) sin marco partitivo en la prueba con el ajuste de la cantidad y (d) con marco partitivo general. En la condición de línea de base "sin marco", el experimentador coloca la palabra nueva en una posición prenominal (por ejemplo, *pim* trenes). En las otras tres condiciones, se coloca en el marco partitivo (*pim* de los trenes). "*Pim* trenes" o "*pim* de los trenes" está en el espacio dependiendo de la condición, motivando a los niños a señalar lo dicho en la pantalla. A los participantes les muestran una serie de imágenes en cada lado de una pantalla de computador portátil y les piden señalar la imagen que se ha etiquetado, bajo la siguiente consigna: "Van a jugar un partido donde van a aprender una palabra nueva".

Los resultados reportan que los niños son conscientes de las limitaciones semánticas del partitivo, mediante la evaluación de su capacidad para asignar una palabra nueva aparecida en este marco denotando cantidad. Los niños parecen experimentar dificultades para extender el significado de palabras a una interpretación de cantidad cuando la palabra nueva aparece fuera del marco de ensayo.

El interés del segundo experimento (2A) es si los niños en el experimento anterior tienen dificultades con la extensión de la palabra dentro de la frase determinante o la extensión del significado de la palabra-número cuando la palabra nueva no está en la condición del marco. Para probar esta alternativa, idean una nueva tarea de *aprendizaje de la palabra* con el fin de comparar la capacidad de los participantes para ampliar el significado de una palabra nueva utilizada en un marco partitivo y su capacidad de extender el significado cuando la palabra es modificada por *muy***.** En este experimento participaron 24 niños entre las edades de 2,7 a 4,4 años. También participan 26 adultos estudiantes de pregrado de psicología que se encuentran entre los 18 y 21 años de edad. Los participantes son asignados a una de las dos condiciones: (a) la palabra nueva estaba en el marco partitivo (por ejemplo, *zav* de los coches), (b) la palabra nueva fue modificada por *muy* (por ejemplo, los coches *muy zav*).

Los resultados evidencian que, tanto para los niños como para los adultos, lo que es difícil es la extensión del significado de la palabra-número. De hecho, ambos grupos estuvieron en el nivel de azar en la condición partitivo, replicando así los resultados de la condición sin-marco del experimento 1 para los niños. Cabe destacar que ambos grupos se comportan de manera similar y rara vez se asigna una interpretación de cantidad a la palabra nueva en la condición en la que se modificó por *muy*. El comportamiento de los niños y de los adultos en esta condición indica que la propia extensión de la palabra no es lo que causa dificultad en la condición partitivo. Es de destacar que incluso los adultos no tienen éxito en el mapeo de la palabra nueva a una interpretación de palabra-número en la condición partitivo.

Teniendo en cuenta los resultados del experimento 2A, los autores realizan otro experimento (2B), para explorar la posibilidad que al incrementar el tamaño del conjunto se hace relevante la numerosidad para los adultos. Siendo así, una interpretación de la palabra-número por la palabra nueva, debería ser más accesible dado un contraste entre los tamaños de conjunto de 2 vs 5 en lugar de 2 vs 3. Los materiales y el procedimiento son idénticos al experimento 2A, con tres excepciones:

a) En primer lugar, en el experimento 2B, dos objetos grandes se contrastan con cinco objetos pequeños, en lugar de los tres objetos pequeños en el experimento 2A (el contraste entre los dos conjuntos se aumentó de 2 vs 3 a 2 vs 5).

b) También añaden una nueva condición de control para evaluar si los participantes adultos tienen un sesgo hacia un número o interpretación adjetival cuando la palabra nueva está en una posición sintácticamente neutral, es decir, la posición prenominal, siguiendo un demostrativo.

c) Les piden a los participantes que escriban su mejor hipótesis en cuanto al significado de la palabra *zav*, junto con una breve justificación de su respuesta, proporcionando así otra pista acerca de su interpretación de la palabra nueva.

Los resultados muestran que ningún adulto en la condición misma proporciona una interpretación de cantidad; en cambio, todos dicen que la palabra *zav* significaba "grande" o "más grande". Por lo tanto, la capacidad de ampliar el significado de palabras a una interpretación palabra-número puede verse comprometida cuando las señales sintácticas son emparejadas con propiedades de objetos perceptualmente sobresalientes.

Una posibilidad es que una interpretación de palabra-número es menos probable que una interpretación adjetival en este contexto. Esto puede indicar que el valor para una interpretación de una palabra-nueva está en el nivel de objeto individual más que el nivel de conjunto establecido.

Los autores concluyen que aunque los niños son conscientes de las limitaciones semánticas asociadas con el marco partitivo, no se puede confiar totalmente en las señales sintácticas para llegar al significado de las palabras-número. Por tanto, se infiere que el bootstrapping sintáctico conjuntamente con los principios de conteo podría operar para ayudar a los niños a identificar las palabras-número y adquirir su significado preciso.

Por otra parte, una vez que el niño ha adquirido la lista de conteo verbal convencional y los principios de conteo, surge un interrogante con respecto a qué sucede con la coordinación de la información verbal y motora en el conteo, ya que esa coordinación genera una demanda cognitiva que de una u otra forma podría ayudar a explicar el desarrollo del conteo en los niños. Por tanto, Camos, Barrouillet y Fayol (2001) examinan la hipótesis de que la coordinación de los dos componentes del conteo (*señalar* cada elemento de una matriz y *decir* la palabra-número) tiene un costo cognitivo y que el avance del desarrollo en el sistema de conteo se debe a una disminución en el costo del desarrollo cognitivo de la coordinación entre la información verbal y motora. Para dar cuenta de esto, proponen un estudio donde llevan a cabo tres experimentos. En el experimento 1 participan 26 niños con edad media de 5,3 años, 25 estudiantes de tercer grado con edad media de 8,5 años; todos son nativos de habla francesa. Los adultos participantes son 31 estudiantes de psicología con edad media de 21,2 años. Los materiales empleados para evaluar el señalamiento son 8 matrices de puntos negros para los tamaños pequeños (de 11 a 18 puntos) y 8 matrices para los tamaños grandes (de 24 a 36). Para la tarea de conteo, construyen otras 16 matrices. Los participantes se ponen a prueba en tres tareas donde existe una fase de modelado por parte del experimentador.

En la tarea 1 "*señalamiento"*, el experimentador pide a los sujetos señalar cada punto con un dedo lo más rápido posible sin cometer errores (pueden ser por omisión o repetición). En la tarea 2 "*diciendo*", los participantes deben decir la cadena numérica en voz alta lo más rápido posible, con buena dicción. La tarea 3 *"contando, diciendo y señalando"* requiere que los participantes cuenten los puntos en voz alta, lo más rápido y preciso como sea posible, mientras apunta a uno por uno.

Los resultados señalan que los niños pequeños son más lentos y cometen más errores que los niños mayores y que los adultos en las tres tareas. El conteo de los conjuntos grandes toma más tiempo y causa más errores que el conteo de las colecciones pequeñas, más ésta diferencia disminuye con la edad a través de la automatización del procesamiento y un aumento del desarrollo de las capacidades cognitivas. El tiempo del conteo en los niños de 5 años, fue siempre menor que *el tiempo empleado por el más lento de los dos componentes* (Max [P, S]). Por otra parte, la tasa de error observado en el conteo no es mayor que la probabilidad predicha por la independencia entre *señalar* y *decir*, además, el *conteo* toma más tiempo que el Max [P, S] sólo en adultos, pero no difiere en los niños de 8 años y el conteo es incluso más rápido que el Max [P, S] en los niños más pequeños. Por lo tanto, éste patrón de desarrollo no puede ser explicado por reducción de costo para coordinar *señalar* y *decir*. En general, la hipótesis del costo de la coordinación de *señalar* y *decir* dentro del conteo no es apoyada por los resultados obtenidos en éste experimento. Sin embargo, un aumento en el costo cognitivo de uno de los componentes, puede evidenciar una coordinación rigurosa de los procesos verbales y motores durante el conteo. Para el control de ésta posibilidad, la carga cognitiva de *decir* o *señalar* es manipulada en el experimento 2A, 2B y 3.

En el experimento 2A participan 15 niños con edad media de 5,5 años, 25 niños de tercer grado con edad media de 8,11 años y 32 adultos estudiantes de psicología con edad media de 22,8 años. En éste experimento los investigadores utilizan los mismos materiales que en el experimento 1. La presentación de las tareas tiene un orden estable: *señalar, decir* y *contar*, y emplean tres condiciones para el conteo "ba", la cadena de números del 0-12 y el alfabeto.

Con este experimento se evidencia que en el conteo *decir* el alfabeto es más demandante que *decir* una cadena de números y a su vez, más exigente que la pronunciación repetida de una sola sílaba ("ba"). Sin embargo, la diferencia entre el tiempo del conteo y el tiempo necesario para llevar a cabo el componente más lento, se ve afectada sólo por la cadena verbal usada.

En el experimento 2B, participan 28 estudiantes de psicología con edad media de 20 años, hablantes nativos de francés. El material es similar al del experimento 1. El tamaño pequeño se representa en seis matrices (8 a 13 puntos), así como el de gran tamaño (18 a 23 puntos). El procedimiento es similar al del experimento 2A. Los participantes cuentan con tres líneas de números verbales que pertenecen a diferentes idiomas: francés, inglés, y el tahitiano.

Los resultados de este experimento señalan que el aumento en el tamaño de las matrices induce a un aumento en el número de errores, los cuales son mayores cuanto menos familiar sea para los participantes el lenguaje utilizado en el conteo. Por lo tanto, contar en una segunda lengua o en una lengua desconocida, es mucho más difícil que contar en la lengua materna. En otras palabra, cuando los participantes cuentan con listas de conteo no automatizadas (es decir, inglés, tahitiano), los tiempos de conteo son menores que el Max [P, S]. Otro aspecto que muestra los resultados es que el tiempo requerido para *señalar*, limita fuertemente el tiempo del conteo. Por tanto, el objetivo del experimento 3 es verificar que un aumento en la carga de *señalar* puede inducir un aumento en el tiempo del conteo, así como en la dificultad de coordinar *señalar* y *decir*.

En el experimento 3 participan 25 niños de grado primero con edad media de 6,3 años, 30 estudiantes de tercer grado con edad media de 8,8 y 32 adultos estudiantes de psicología con edad media de 22,8 años. Los participantes cuentan ítems que difieren de los distractores en color o color y forma. Ya que la coordinación se vuelve más compleja cuando los componentes del conteo son menos automatizados y por ende, es más demandante. De tal manera, los autores del estudio esperan que el costo de la coordinación sea mayor cuando la detección de los ítems requiere la unión del color y la forma del ítem. El procedimiento de éste experimento es similar a los de los experimentos 2A y 2B.

Según los resultados, *señalar* y *contar* se vuelve más lento en la condición de doble función en comparación con la condición de una sola función. *Señalar* en la condición de dos característica lleva más tiempo que en la condición de una sola y da lugar a más errores. En consecuencia, aunque las restricciones que afectan el *señalar* tienen el efecto esperado tanto en el *señalar* y en las tareas de conteo, su efecto sobre la diferencia del tiempo entre el conteo y los Max [PS], y las tasas observadas y predichas de errores, no son compatible con la hipótesis de que el conteo requiere una demanda en la coordinación entre *señalar* y *decir*.

En síntesis, contar es una actividad compleja en la que la eficiencia, valorada por la velocidad y la precisión, no se ve afectada por ningún obstáculo en el progreso de sus componentes: *señalar* y *decir.* Por consiguiente, el desarrollo del conteo en los niños (por lo menos después de 5 años de edad), no puede ser explicado por la disminución de la demanda cognitiva de la integración de la información verbal y motora, por medio de un proceso de coordinación supervisado por el ejecutivo central (Camos, Barrouillet y Fayol, 2001).

1.5. La memoria de trabajo

Para resolver problemas aritméticos, las personas necesitamos tratar con diferentes piezas de información. Por esta razón, parece plausible que necesitemos de algún sistema capaz de procesar, retener y manipular dicha información. La memoria de trabajo es el sistema encargado de llevar a cabo estos procesos, por lo que está implicado en la resolución de problemas matemáticos. En este sentido, la investigación empírica ha mostrado que los diferentes componentes de la memoria de trabajo juegan diferentes roles en el aprendizaje de las matemáticas.

La memoria de trabajo es un sistema utilizado para el almacenamiento a corto plazo y la manipulación de la información necesaria para realizar numerosas tareas cognitivas, Baddeley y Hitch (1974) proponen un modelo para éste sistema. En este modelo, la memoria de trabajo se conceptualiza como un sistema modular para el almacenamiento temporal y la manipulación de la información que tiene lugar mientras la persona está procesando simultáneamente nueva información o recuperando la que se encuentra almacenada en la memoria a largo plazo. El modelo sugiere que la memoria de trabajo comprende tres subsistemas: un controlador atencional, denominado *ejecutivo central* que dirige los procesos involucrados en funciones cognitivas y dos subsistemas subordinados: *el bucle fonológico* encargado de la información de carácter verbal y *la agenda viso-espacial* para el procesamiento de la información visual y espacial.

1.5.1. El ejecutivo central. Es uno de los principales componentes del modelo, es el responsable del control atencional de la memoria de trabajo. Baddeley y otros (1986), definieron cuatro funciones principales atribuibles al ejecutivo central: focaliza la atención disponible, divide la atención, cambia la atención de un foco a otro, y actúa como mediador entre los subsistemas de la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo. El ejecutivo central juega un papel determinante en la secuencia de las operaciones, coordinado el flujo de información y orientando la toma de decisiones, sobre todo cuando los problemas son más complejos y los hechos numéricos no se pueden recuperar fácilmente de la memoria a largo plazo.

1.5.2. El búfer fonológico. Es uno de los componentes subordinado encargado de retener de manera temporal la información verbal, que se desvanece en muy poco tiempo y que comprende tanto el almacenamiento fonológico como el proceso de repaso articulatorio, el cual implica una forma de articulación subvocal y que permite el mantenimiento de las representaciones que permanecen almacenadas, impidiendo que se desvanezcan. Aun así, la capacidad es limitada, dado que llega un punto en que antes de que el último ítem se haya procesado, el primero decae (Baddeley, 1986).

En el marco del bucle fonológico existen una serie de efectos estudiados que han permitido caracterizarlo. *El efecto de la longitud de la palabra*, se relaciona con el proceso de repaso y se refiere al mejor recuerdo de lista de palabras cortas en comparación de palabras largas, debido a que las palabras largas requieren mayor tiempo de articulación. *El efecto de supresión articulatoria*, también relacionado con el proceso de repaso, hace referencia al hecho de bloquear un mecanismo específico de la memoria de trabajo, con el fin de eliminar la implicación de ciertos recursos cognitivos en la tarea que se lleve a cabo. *El efecto de similitud fonológica*, está implicado en el proceso de almacenamiento, da a conocer que a mayor similitud entre los ítems, mayor número de trasposiciones entre estos, haciendo responsable esta similitud del declive en el recuerdo serial inmediato. *El efecto del habla irrelevante o no atendida,* también ligado al proceso de almacenamiento, se puede entender como la interferencia en la ejecución de tareas con el consecuente empeoramiento que se produce cuando se presentan auditivamente silabas sin sentido, las cuales también acceden al almacén fonológico de forma automática.

1.5.3. La agenda viso-espacial. Es un subsistema subordinado implicado en el mantenimiento temporal y la manipulación de información viso-espacial, a la que se accede a través de los sentidos y de la memoria a largo plazo. Desempeña un papel importante en la orientación espacial y la solución de problemas viso-espaciales. Dentro de éste componente, el termino *espacial* hace referencia a la localización de los ítems en el espacio, las relaciones geométricas entre ellos y también a los movimientos a través del espacio. El término *visual* se refiere a las propiedades de estos ítems como por ejemplo forma, color o brillo, y su representación en la memoria de trabajo implica la retención de formaciones visuales estáticas que incorporan propiedades geométricas de los esquemas de los objetos o la relación de las partes de un objeto con los otros.

1.5.4. El búfer episódico. Integra información de carácter multimodal proveniente de los sistemas subordinados (búfer fonológico y agenda viso-espacial), mantiene y manipula activamente la información proveniente de la memoria

> a largo plazo, de manera temporal y con una capacidad limitada de almacenamiento. De esta manera, el búfer episódico sería un sistema de almacenamiento de código multimodal controlado por el ejecutivo central, de forma que puede influir en su contenido dirigiendo la atención hacia una fuente de información concreta (Baddeley, 2000).

1.6. La memoria de trabajo y el desempeño matemático

La evidencia empírica muestra la relación entre la MT y las habilidades numéricas en dos vías, una desde lo general, es decir desde la relación entre los desempeños matemáticos y el nivel de span en memoria, y otra desde lo especifico al tratar de establecer la relación entre un determinado mecanismo de la MT y una habilidad numérica en particular.

Entre los autores que establecen relación desde lo general, se puede mencionar a Siegel y Ryan (1989) quienes realizan una investigación con 173 niños canadienses de 7 a 13 años de edad, para determinar el desarrollo de la MT en relación a la información verbal y numérica y establecer si los niños con un desarrollo más lento en lectura y aritmética muestran problemas en la MT. Para tal fin, utilizan un período de seis años en niños de edad escolar, dividen la muestra en cuatro grupos en función de sus desempeños: (1) logro normal, (2) discapacidad en la lectura, (3) discapacidad en la aritmética y (4) déficit atencional, es decir, un grupo con desempeño normal y tres subtipos de aprendizaje de los niños con discapacidad. Para cumplir tal objetivo evalúan los desempeños en lectura, ortografía y aritmética a través de las tareas de *Memoria de Trabajo-Oraciones* y *Memoria de Trabajo-Conteo.*

Los resultados señalan que todos los niños con discapacidad de aprendizaje no muestran patrones similares de déficit en tareas de MT, y los subtipos de aprendizaje de los niños con discapacidad se pueden diferenciar en función de su rendimiento en tareas de MT. Los niños con discapacidad aritméticas específicamente, no parecen tener un déficit en la MT para una tarea relacionada con el lenguaje que mide procesos similares a la lectura, ellos sin embargo, tienen problemas en una tarea de MT que implican contar y recordar los productos de esos conteos. Finalmente, se encuentra que el rendimiento de los niños con una discapacidad de aprendizaje matemático es similar a la de los solucionadores normales en una tarea de MT que implica el procesamiento de oraciones, pero deficientes en una tarea de MT que requiere de procesamiento de la información numérica.

Andersson y Lyxell (2007) realizan un estudio con 138 niños suecos para examinar si la hipótesis de déficit de MT incluye todo el sistema de la MT o sólo componentes específicos. Para ello, seleccionan una muestra, la cual dividen en cuatro grupos de niños que cursan de 2º a 4º grado escolar. El primer grupo está conformado por niños de 10 años con dificultades matemáticas (MD), el segundo grupo lo componen niños de 10 años con dificultades comórbidas en matemáticas y lectura, el tercer grupo son niños con logro normal emparejados por edad (control), y el cuarto grupo, niños de 9 años con logro normal (control). Una vez seleccionados los grupos, examinan el ejecutivo central y el búfer fonológico mediante varias tareas. Para evaluar el ejecutivo central aplican ocho tareas: *Animal Dual, Amplitud de Conteo, Matriz de Capacidad Visual, Fluidez Verbal, Rastreo de Decisiones, Tachado, Stroop Incongruente y Emparejada de Números*. El búfer fonológico lo valoran mediante las tareas de: *Span de Palabras, Amplitud de Dígitos y Corsi Bloques Span*. Las puntuaciones en dichas tareas revelan que los niños MD se desempeñan peor que los controles más jóvenes (niños de 9 años de logro normal) en la tarea de amplitud de conteo, mientras que los niños con dificultades comórbidas de lectura y matemática se desempeñan peor en la tarea de *Amplitud de Conteo* y en la tarea de *Matriz de Capacidad Visual*. Los resultados proporcionan apoyo a la hipótesis de que los niños con dificultades matemáticas tienen un déficit de MT, específicamente, tienen un déficit en el ejecutivo central concatenado al procesamiento concurrente y al almacenamiento de la información numérica y visual.

Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent y Numtee (2007), en un estudio longitudinal que realizan con 105 sujetos, comparan tres grupos de niños en el preescolar y luego en el primer año de la escuela primaria; dichos grupos los distribuyen de la siguiente forma: un grupo con discapacidad en el aprendizaje de las matemáticas (MLD), otro con logro bajo (LA) en el desempeño matemático y el tercer grupo con logro normal (TA); para determinar si la amplitud y la gravedad de los déficits en la cognición matemática son diferentes para los grupos diagnosticados con criterios severos (MLD) y los definidos con criterios leves (LA), y la medida en que los diferentes componentes de la MT intervienen en las diferencias de grupo en cuanto a la cognición matemática. Para ello evalúan los desempeños matemáticos de los sujetos: conocimientos de conteo, estimación, estrategias de adición y MT, mediante diferentes tareas: *Prueba de Número de Conjuntos, Estimación del Número en la Recta Numérica, Conocimiento del Conteo, Evaluación de la Estrategia de Adición* y la *Batería de Pruebas Para Evaluar la Memoria de Trabajo en Niños* . Los resultados señalan que los niños con MLD muestran déficits en todas las tareas de la cognición matemática, muchos de los cuales fueron parcialmente o totalmente mediados por la MT y la velocidad de procesamiento (medida con la prueba de *Denominación Rápida Automatizada*). En comparación con el grupo de TA, los niños de LA tienen menos fluidez en el procesamiento de la información numérica y tienen menos conocimiento de operaciones aditivas.

Los diferentes reportes avanzan en la línea de que el ejecutivo central sería el dispositivo de la MT que mejor se relaciona, por sobre el búfer fonológico y la agenda viso-espacial con el aprendizaje de las matemáticas (Siegel y Ryan, 1989; Bull, Johnston y Roy 1999). El ejecutivo central tendría un papel relevante en sostener y monitorizar los problemas aritméticos que requieren múltiples pasos, inhibiendo información mientras se procesa información nueva o recuperando el dato almacenado para integrarlo con el nuevo dato obtenido.

Desde la perspectiva de lo especifico, Alsina y Saiz (2004) en un estudio, se proponen identificar qué subsistema de la MT está más implicado en el cálculo mental de niños de 7 a 8 años; para lo cual aplican dos pruebas aritméticas y nueve pruebas de la *Batería de Test de Memoria de Treball* de Pickering, Baqués y Gathercole (1999) a 94 niños españoles. Los test de aritmética son usados para evaluar los desempeños en numeración y cálculo matemático. Para medir el ejecutivo central se suministran las tareas de: *Recuerdo Serial de Dígitos Inverso, Amplitud de Escucha* y *Amplitud de Conteo*; para la agenda viso-espacial se utiliza el *Test de Matrices, el Test de Memoria Visual Figurativa y el Test Katakana*; y para el caso del búfer fonológico se emplean las tareas de *Recuerdo Serial de Dígitos Directo, Recuerdo Serial de Palabras* y el *Test de Repetición de Pseudopalabras*. Con respecto a la agenda viso-espacial, los resultados señalan que la puntuación de las pruebas aritméticas no correlaciona de forma significativa con ninguna de las pruebas visuales, lo cual indica que tendría un papel nulo en las tareas aritméticas administradas. Respecto al ejecutivo central, el índice de correlación es significativo en todas las pruebas y la correlación más alta se da con la prueba de *Amplitud de Conteo*. Se aprecia además que en el caso del ejecutivo central se obtienen unos índices de correlación superiores que con el resto de pruebas de memoria. En conclusión, los índices de correlación lineales indican que los puntajes en las pruebas aritméticas se correlacionaron con el ejecutivo central y con el búfer fonológico. Sin embargo, no se produce una relación estadísticamente significativa con las pruebas del componente visual de la MT.

Meyer, Salimpoor, Wu, Geary y Menon (2010) investigan la relación entre los componentes específicos de la MT (ejecutivo central, búfer fonológico, agenda viso-espacial) y las operaciones numéricas y de razonamiento matemático con una muestra de 98 niños que cursan 2° y 3° grado de educación básica y que se encuentran entre los 7 y 9 años de edad. Para valorar la MT utilizan cuatro subpruebas de la *Batería de Pruebas Para Evaluar la Memoria de Trabajo en Niños* (WMTB-C sigla en inglés) (Pickering y Gathercole, 2001). Para evaluar el ejecutivo central se administran dos subpruebas: *Recuperación de Conteo* y *Recuperación de Dígitos Inverso*, para el caso del búfer fonológico, emplean el *Recuperación de Dígitos Directo* y para evaluar la agenda visoespacial utilizan la *Recuperación de Bloques*. El WIAT-II en este caso, se utiliza para evaluar las habilidades matemáticas, esta batería evalúa las habilidades académicas y las habilidades de resolución de problemas.

Los resultados muestran que entre los grados 2° y 3º hay cambios significativos en el rendimiento en matemáticas y que las contribuciones de la MT en el rendimiento matemático observado son independientes de los cambios en el desarrollo de la capacidad de la MT. Se ha identificado el período comprendido entre los grados 2º y 3° como un periodo importante para un cambio en los roles diferenciales de los componentes específicos de la MT para el rendimiento en matemáticas. Los resultados de esta investigación señalan que el ejecutivo central y el búfer fonológico desempeñan un papel muy importante para facilitar el desempeño durante las primeras etapas de aprendizaje, y su papel disminuye con la exposición y el aprendizaje. La agenda viso-espacial juega un papel cada vez más importante durante las últimas etapas de aprendizaje, lo que sugiere un cambio hacia un papel cada vez mayor de representaciones viso-espaciales en la resolución de problemas matemáticos.

Otros autores han examinado la MT en relación con el aprendizaje de las matemáticas para establecer relación de predicción, como por ejemplo, Passolunghi, Vercelloni y Schadde (2007) quienes realizan un estudio longitudinal con 170 niños italianos con edad promedio de 6,4 años, que cursan grado 1º de primaria, para investigar si la relación entre las capacidades cognitivas básicas y el aprendizaje de las matemáticas tiene una interpretación causal, y por consiguiente poder identificar los precursores que permiten la predicción de dicho aprendizaje. Los investigadores apoyados en la literatura reciente seleccionan las habilidades cognitivas básicas que tienen mayores probabilidades de predecir el aprendizaje de las matemáticas: memoria de trabajo, capacidad fonológica y competencia numérica referida a la habilidad de conteo, producción y comprensión de los números. Para lo cual aplican tareas de memoria a corto plazo (*Span de Dígitos y Palabras Directo*), memoria de trabajo (*Span de Dígitos y Palabras Inverso* y *Span Escuchando y Completando*), habilidades fonológicas (*Repetición de Palabras y Pseudopalabras*, *Análisis fonético*, *Segmentación Fonética*, *Combinación de Sílabas*), habilidad numérica (*Escritura y Lectura de Números* y *Dictado de Números*), comparación de magnitudes (*Comparación de Objetos*, *Comparación de Imágenes* y *Comparación de Números*) y habilidad de conteo (*Tarea de Conocimiento de Conteo*, *Tarea de Conteo Verbal* y *Tarea de Velocidad de Conteo*).

Según los resultados obtenidos de los desempeños, las tareas de *Span de Dígitos y Palabras Inverso* y *Span Escuchando y Completando*, que requieren de almacenamiento y procesamiento de la información y una función principal del ejecutivo central, son significativas en el rendimiento en las pruebas de matemáticas. Las tareas de memoria a corto plazo no demuestran una relación causal con el rendimiento en matemáticas. La *Tarea de Conteo Verbal* fue predictor con respecto al aprendizaje de las matemáticas. El nivel de inteligencia no es un factor predictivo adicional en la presencia de las habilidades cognitivas consideradas, y no influye directamente en la capacidad de aprendizaje de las matemáticas en el inicio de la escuela primaria. Por consiguiente, se concluye que la MT y en especial el ejecutivo central, son predictores significativos del aprendizaje de las matemáticas en los niños que inician la escuela primaria, de la misma manera, la capacidad de conteo tiene un papel de precursor en el aprendizaje de las matemáticas, mientras la producción y la comprensión de dígitos no muestran una relación causal con el aprendizaje posterior.

Por otra parte, Bull, Espy y Wiebe (2008) en un estudio longitudinal que llevan a cabo con 104 niños escoceses, examinan si las medidas de memoria a corto plazo, MT y la función ejecutiva de niños en edad preescolar predicen en mayor medida la competencia en el rendimiento académico en matemáticas y lectura a los 7 años de edad (tercer año de escuela primaria). Para lo cual, evalúan los desempeños de la MT (con *Corsi Span de Bloques Inverso* y *Span de Dígitos Inverso*), la memoria a corto plazo (con *Corsi Span Directo* y *Span de Dígitos Directo*) y el ejecutivo central (con *Torre de Londres, Cambio de Forma Escolar* e *Inhibición de Forma Escolar*). Los resultados demuestran que los niños que son capaces de mantener cadenas de más dígitos a principios de la primaria, mantienen el grado de dominio de las matemáticas y el rendimiento de lectura en relación con sus pares de todo el período de observación. Un patrón similar de resultados se hizo evidente para la retención de información no verbal evaluada por *Bloques de Corsi*, pero en este caso, el efecto fue significativo sólo para las habilidades matemáticas. Al final del tercer año de la escuela primaria, las tareas que abarcan la memoria a corto plazo (*Span de Dígitos* o *Corsi Span*) no se correlacionaron significativamente con el rendimiento en matemáticas, mientras que todas las medidas del ejecutivo central (tareas de *Span de Memoria de Trabajo, Inhibición* y *Torre de Londres*) se correlacionaron con la capacidad en las matemáticas, la relación más fuerte es con la agenda viso-espacial de la MT. Los desempeños en el *Corsi Span Directo* se mantienen como un importante predictor del rendimiento en matemáticas, mientras que las dos medidas de la memoria a corto plazo (*Span de Dígitos Directo* y *Bloques de Corsi Directo*) permanecen como predictores de éxito en la lectura.

Los atores plantean que antes del inicio del repaso subvocal, los niños dependen en gran medida de las representaciones viso-espaciales para apoyar el mantenimiento de la información en el almacenamiento a corto plazo. Los resultados muestran que de los 7 a 8 años de edad (final del tercer año de la escuela primaria), las habilidades matemáticas son predichas por la MT viso-espacial, mientras que el rendimiento en lectura es predicho por la capacidad de memoria a corto plazo (verbal y viso-espacial). Dichos resultados apoyan la idea de que las funciones ejecutivas centrales pueden predecir mejor el rendimiento matemático y parecen estar relacionados a las competencias matemáticas, incluso en niños preescolares.

Toll y Van Luit (2013), realizan un estudio con 884 niños neerlandeses de edad promedio de 4,5 años, para examinar si el desarrollo de la matemática temprana de los niños con limitaciones (específicas) en sus recursos de MT es comparable al desarrollo de la matemática temprana de los niños con logro típico en las habilidades de MT. Para ello, realizan dos estudios relacionados, en cada estudio, los niños con habilidades limitadas de la MT se clasifican en tres grupos en función de la especificidad de las limitaciones en sus habilidades de la MT. Dichos grupos se distribuyen de la siguiente forma: (1) niños con habilidades limitadas de la MT verbal (Grupo Verbal), (2) niños con habilidades limitadas de la MT visual (Grupo Visual) y (3) niños con habilidades limitadas de MT tanto verbal como visual (Grupo General).

Estos grupos son comparados con un grupo control (4) representado por niños con desarrollo típico de las habilidades de la MT (Grupo de Logro Normal). En ambos estudios la MT se mide mediante cuatro tareas: *Matriz de Puntos*, con esta tarea se evalúa el componente de almacenamiento viso espacial; *El Impar Hacia Afuera*, es una prueba con la cual se mide el componente de procesamiento visoespacial; *Recuperación Progresiva de Palabras*, para evaluar el almacenamiento verbal y *Recuperación de Palabras en Retroceso*, esta tarea evalúa el componente de procesamiento verbal.

En el estudio 1 las habilidades matemáticas tempranas se miden mediante el *Test de Matemática Temprana-Revisado* (ENT- R; Van Luit y Van de Rijt, 2009), el cual evalúa comparación, clasificación, correspondencia, seriación, uso de numerales, conteo estructurado, conteo resultante, conocimiento general de los números y estimación. En el estudio 2 las habilidades matemáticas tempranas se miden mediante 6 tareas: *Comparación de Cantidades*, dos tareas de *Denominación de Números*, dos tareas de *Recta Numérica* y una tarea de *Conteo Oral*. Según los resultados se evidencia un patrón similar para el total de las puntuaciones en matemática temprana y las puntuaciones de todas las sub-habilidades; el Grupo de Logro Normal obtuvo mejores desempeños, seguido del Grupo Visual, luego el Grupo Verbal y por último el Grupo General con el más bajo rendimiento en todas las pruebas. El Grupo General se comporta peor que los otros tres grupos en todas las habilidades a excepción de seriación, conteo, conteo estructurado y contando resultante. En todas las tareas el Grupo Verbal obtiene peores resultados que el grupo Visual. El desempeño de los cuatro grupos difieren en cuatro sub-habilidades: la comparación, la correspondencia, el conteo y la aplicación de conocimiento numérico. Los niños con limitaciones en ambos sistemas de MT tienen mayores dificultades para realizar tareas de aritmética temprana.

Los resultados confirman la hipótesis de que existe una relación predictiva entre la MT y la matemática temprana y que los niños con habilidades limitadas de la MT están, por tanto, en riesgo de desarrollar graves dificultades de aprendizaje matemático durante la educación básica primaria. Esto está en concordancia con investigaciones previas sobre la relación predictiva entre la MT y la matemática temprana (Meyer, Salimpoor, Wu, Geary y Menon, 2010), y es compatible con la implicación de que la MT es un medida útil para identificar posibles dificultades en el aprendizaje de dicha disciplina.

Por otra parte, esto parece indicar que las habilidades de la MT en niños pequeños, y especialmente los que presentan dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, están expuestos a fluctuaciones, lo que sugiere que los déficits en esta edad aún no son estables.

CAPITULO 2

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diversos estudios han encontrado que la MT es un factor importante en el desarrollo matemático de los niños, pero la relación entre sus diferentes componentes y el desarrollo de las habilidades numéricas tempranas aún no está clara, pues mientras algunos estudios han hallado que la agenda viso-espacial se relaciona más con la matemática temprana (Bull, Espy y Wiebe, 2008), otros señalan mayor relación con el ejecutivo central (Siegel y Ryan, 1989, Geary y otros, 2007) y otros con el búfer fonológico (Alsina y Saiz, 2004).

Así mismo, en el caso de los estudios donde se comparan sujetos que tienen algún déficit en matemática con sujetos con desempeños normales (Geary y otros, 2007), han encontrado que los niños con discapacidad matemática tienen un déficit en la MT, específicamente, en el ejecutivo central relacionado con el procesamiento simultáneo (Andersson y Lyxell, 2007). Además, estudios transversales que tienen en cuenta el grado de instrucción, también reportan la relación entre MT y el desarrollo matemático al hallar que el ejecutivo central y el búfer fonológico desempeñan un papel muy importante para facilitar el desempeño durante las primeras etapas del aprendizaje, y que su rol disminuye con el avance en el grado de instrucción (Meyer y otros, 2010).

Una de las posibles causas de estas diferencias puede estar vinculada al rango de edad empleado por los investigadores al tratar de establecer dicha relación, dado que estas varían de un estudio a otro. Por ejemplo, mientras Bull, Espy y Wiebe (2008) realizan su estudio con niños en edad promedio de 4,5 años, Siegel y Ryan (1989) lo hacen con niños de 7 a 13 años y Alsina y Saiz (2004) con niños de 7 a 8 años.

Las diferencias en los resultados también pueden ser debidas al hecho de que los autores han utilizado distintas tareas para medir los componentes de la memoria de trabajo, así como diferentes pruebas para evaluar la habilidad matemática. Por ejemplo, aunque la tarea *Digit Span Backward* es considerada una tarea que evalúa el ejecutivo central, en algunos estudios es empleada para evaluar el búfer fonológico (ver Bull, Espy y Wiebe, 2008) y en otros estudios es utilizada para medir el ejecutivo central (ver Alsina y Sáiz, 2004; Geary y otros, 2007; (Rasmussen y Bisanz, 2005). De la misma manera, mientras Alsina y Sáiz (2004), Meyer y otros (2010) emplean *Corsi Span Backward* para evaluar el ejecutivo central, Bull, Espy y Wiebe (2008) lo utilizan para medir la agenda viso-espacial.

En el caso de la evaluación de las habilidades matemáticas, las pruebas van desde tareas de estimación, comparación, clasificación y conteo (Toll, S. y Van Luit, J. 2013), hasta tareas que involucran problemas de cálculo, ecuaciones simples que requieren suma, resta, multiplicación y división, tanto de números enteros como de fraccionarios o decimales (Meyer y otros, 2010).

En la mayoría de dichos estudios, los investigadores han observado la relación entre las diferentes medidas de memoria de trabajo y sólo una medida de la capacidad matemática general (Rasmussen y Bisanz, 2005) o viceversa, y a menudo dividen a los niños en grupos basados en pruebas estandarizadas donde se categorizan según sus capacidades cognitivas (Andersson y Lyxell, 2007; Geary y otros, 2007; Siegel y Ryan, 1989). Esto sugiere que los criterios para la selección de las muestras también son diversos, algunos tienen en cuenta el rango de edad, otros el CI y otros el nivel de instrucción. Estos factores también marcan la diferencia en los resultados de las investigaciones.

Ahora bien, en cuanto al desarrollo matemático, se puede decir que las matemáticas elementales junto con la lectura y la escritura constituyen los aprendizajes básicos de los primeros años de la escolaridad y, por tanto, la base sobre la que se sustenta la adquisición de conocimientos más complejos. La literatura reporta que el conteo es la habilidad más importante que se aprende en los primeros años de vida y se convierte en la base de todos los otros conceptos matemáticos (Vergnaud, 1977). Una vez que el niño aprende a contar, tiene la posibilidad de proceder con las operaciones aritméticas básicas. Es así como, el conocimiento matemático es necesario para poder responder a las situaciones que se presentan en la vida cotidiana.

En este orden de ideas, se hace necesario tener claridad sobre la relación que tiene la memoria de trabajo y el conteo, puesto que éste, como ya se había mencionado antes, es considerado la habilidad numérica más relacionada con el aprendizaje de las matemáticas (Alsina y Sáiz, 2004; Bull, Espy y Wiebe, 2008; Passolumghi, Vercelloni y Schadee, 2007). Por tanto, el presente estudio pretende realizar un aporte a la investigación de la memoria de trabajo en relación con los desempeños en el conteo de los niños preescolares, el cual facilitaría el diagnóstico temprano de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas en los preescolares y posibilitaría una intervención oportuna.

Lo anterior sugeriría que el funcionamiento de la memoria de trabajo afecta directamente el desempeño del conteo en los niños en su etapa preescolar.

Según lo planteado hasta aquí, se formula la pregunta que define el problema de investigación: *¿Cuál es la relación entre la memoria de trabajo y el conteo en los niños preescolares?*

CAPITULO 3

OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Explorar la relación entre los componentes de la memoria de trabajo de acuerdo al modelo de Baddeley y los principios de conteo, en niños del último año de educación preescolar.

3.2 . Objetivos específicos

- Caracterizar los desempeños en las tareas que evalúan el conteo.
- Establecer la relación de los principios de conteo con la agenda viso-espacial.
- Identificar la relación de los principios de conteo con el búfer fonológico.
- Establecer la relación de los principios de conteo con el ejecutivo central.

CAPITULO 4

ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1. Participantes

En este estudio participaron 48 niños del grado transición (último año de educación preescolar) con edad promedio de 5,3 años (rango=4,1 a 6,3), pertenecientes a la Institución Educativa Técnico Comercial Juan XXII, la cual es oficial y está ubicada al suroriente de la ciudad de Santiago de Cali. Dichos niños eran provenientes de los estratos socio-económicos 1, 2 y 3. Los sujetos objeto de estudio no estaban diagnosticados con deficiencias sensoriales, cognitivas o trastornos emocionales.

La muestra se seleccionó mediante muestreo no probabilístico, en función de la ubicación, accesibilidad y disponibilidad de la institución educativa a la que pertenecen los participantes. Para la selección de los sujetos, hubo una reunión con la Rectora de la I.E. Técnico Comercial Juan XXIII, para darle a conocer los objetivos de la investigación y para solicitarle por escrito el debido permiso para llevar a cabo dicha investigación con ciertos estudiantes de su institución. Se seleccionaron los niños y niñas del grado transición y por medio de la base de datos Zeti, se constató las edades de los sujetos. A través de las docentes directoras de cada grupo se diligenció el consentimiento informado con los padres de familia o acudientes.

4.2. Diseño

Se propuso un estudio transversal y correlacional, puesto que se compararon varias categorías de desempeño y se midió el grado de relación entre dos o más variables en un sólo tiempo. En este sentido, se compararon los desempeños de los diferentes subcomponentes de la memoria de trabajo y los desempeños en cada una de las tareas de conteo, identificando cómo interactúan dichas variables entre sí.

Los análisis estadísticos se elaboraron utilizando el software estadístico SPSS versión 22.0.

4.3. Instrumentos

4.3.1. Tareas de conteo

a) **Tarea: *Elicitación de la lista de conteo*.** El sujeto debe contar en voz alta hasta 10.

   Procedimiento: El experimentador se ubica frente al niño, ambos sentados en el piso. Luego el experimentador le dice al sujeto: *"¿Tú sabes contar?, cuenta hasta donde tú sabes".* En esta tarea sólo se tiene en cuenta el logro.

b) **Tarea: *Correspondencia.*** El sujeto debe contar una colección de objetos presentados y decir el cardinal.

   Instrumento: 10 soldados de plástico idénticos de 5 cm de altura de color naranja y un títere con forma de ardilla llamado "Álvin".

   Procedimiento: El experimentador se ubica frente al niño, ambos sentados en el piso. Luego el experimentador le dice al sujeto: *"Mira, esta es Álvin la ardilla, a Álvin le gusta mucho las matemáticas. Ella tiene unos juguetes y quiere ordenarlos, Álvin quiere saber cuántos juguetes tiene".* El experimentador dispone los soldados de plástico en una sola fila sobre el piso y le dice al niño: *¿Puedes ayudarle a contar sus juguetes?* Si el sujeto realiza el conteo de forma correcta, se pasa a la siguiente tarea. Si el sujeto no logra contar correctamente, se le pie que los vuelva a contar. Si tiene un segundo error, el experimentador le ayuda a contar señalando el juguete para que el niño diga el número.

c) **Tarea:** ***Give a number.*** El sujeto debe entregar la cantidad de elementos solicitados por el experimentador y luego contarlos.

Instrumento: Dos colecciones de pelotas pequeñas, unas de color verde y otras fucsia, del mismo tamaño; cada colección tiene 6 pelotas y se ubica dentro de un recipiente transparente de tal forma que queda una colección de pelotas verdes y otra de pelotas fucsia.

Procedimiento: El experimentador se ubica frente al niño, ambos sentados en el piso, en medio de los dos se ubican los instrumentos. Se dispone una de las dos colecciones de pelotas al alcance del sujeto y se le dice: "te voy a pedir que por favor me pases cierta cantidad de pelota; dame X pelotas por favor (se inicia con 1)", luego se le pide que cuente y que se asegure que hay la cantidad indicada: "¿puedes contar y asegurarte que es X pelotas?", después que el niño cuente la colección solicitada, se regresan las pelotas al recipiente y se hace lo mismo con X+1 y así sucesivamente hasta llegar a 6. Por cada cantidad se hacen tres ensayos. Si el niño no logra entregar correctamente la cantidad solicitada, se realiza el segundo ensayo del número anterior. La prueba se detiene cuando el sujeto presente dos desaciertos en los tres ensayos de un mismo tamaño.

d) **Tarea:** ***Tarjetas rápidas.*** El sujeto debe estimar la cantidad de círculos que están en unas cartulinas.

Instrumento: Dieciocho tarjetas blancas de 25X35 cm, cada una contiene una imagen con una colección de puntos negros que varían de 1 a 6. El área ocupada por los puntos negros en cada tarjeta es constante. Existen tres ensayos para cada tamaño.

Procedimiento: El experimentador se sienta frente al sujeto y le dice: "te voy a mostrar unas tarjetas que tienen unos puntos negros, tú vas a adivinar cuántos puntos hay en la tarjeta, recuerda que este juego es de adivinar no de contar". El tiempo aproximado de presentación de cada tarjeta es de 1 segundo.

4.3.2. Tareas de memoria de trabajo

a) Tarea: ***Corsi forward.*** El sujeto debe reproducir la secuencia de movimientos en el mismo orden en que el experimentador señala una serie de bloques.

Instrumento: Nueve cubos azules de madera del mismo tamaño (2,5 cm) fijados sobre una superficie blanca rectangular plana (27,9 X 22,8) ordenados de manera irregular sobre la presentación original estándar desarrollado por Corsi (1972). Uno de los lados de los bloques esta etiquetado con los números del 1 al 9, quedando a la vista del experimentador. Mientras que el lado opuesto del bloque permanece sin marca a la vista del niño. Existen tres ensayos para cada nivel (1 al 7).

Procedimiento: El niño se sienta frente al experimentador quedando una mesa en medio de los dos. Se coloca el instrumento en la mesa, delante del sujeto lo suficientemente cerca para que él o ella pueda tocar fácilmente cada bloque sin tener que estirarse. Las etiquetas de los bloques quedan frente al experimentador, de tal forma que el niño no las puede ver.

Fase de familiarización: *"Vamos a ver si tú puedes hacer lo que yo hago y tocar el mismo bloque".* El experimentador toca el bloque #6 con su dedo índice. Si el niño lo hace correctamente, se pasa a la practica 1. Si no lo hace bien, se realiza lo mismo pero con el #4 y se pasa a la práctica 1. Si el niño no toca el centro del bloque, en la práctica se puede demostrar y decirle que toque el centro del área superior.

Práctica 1: *"Ahora, vamos a ver si puedes hacer lo que yo hago. Si toco aquí* (señalando el bloque #7 con el dedo índice) *y aquí* (señalando el bloque #3), *¿Puedes tocar los bloques de la misma manera?"*. Si el niño lo hace correctamente, pasa a la fase de experimental. Si el niño no logra hacerlo, se le dice: *"Recuerda que debes tocar los mismos bloques que yo toqué y en el mismo orden. ¿Está bien?, vamos a intentarlo de nuevo. Si toco aquí* (señalando el bloque #7) *y aquí* (señalando el bloque # 3); *¿Puedes tocar los mismos bloques?".* Si el niño logra hacerlo correctamente, pasa a la fase experimental. Si el niño no logra hacerlo, se repite una vez más y pasa a la fase experimental.

Fase experimental: Una vez se ha completado la fase de familiarización, se inicia la fase experimental: "*Muy bien, vamos a intentar un poco más".* Se le presenta al niño el primer ensayo del primer nivel. El señalamiento de los bloques por serie se presenta uno a la vez, a razón de un bloque por segundo. El señalamiento de los bloques siempre se hace con el dedo índice de la misma mano. La serie consta inicialmente de dos bloques y luego aumenta un lugar, y así sucesivamente hasta llegar a ocho bloques. Se presentan tres ensayos para cada nivel. La prueba se detiene cuando el niño no puede reproducir correctamente dos ensayos en cualquier nivel en particular.

b) **Tarea:** ***Test de Matrices.*** El sujeto debe visualizar una matriz que contiene cuadrados blancos y negros y reproducirla de memoria en otra matriz en blanco.

Instrumento: Series de matrices (2x2 hasta 4x4), formadas por celdas de 3cm x 3cm. En las matriz de los niveles 1, 2, 5 y 7, el 50% de las celdas son blancas y el otro 50% negras, mientras que para el nivel 3 las celdas negras ocupan el 44,4%, las del nivel 4 el 41,6% y en el nivel 6 el 43,7%. Las imágenes de las matrices se muestran en una presentación en PowerPoint, en una pantalla de 15.6 pulgadas HD y 1366x768 de resolución. Antes y después de cada matriz aparece una diapositiva en blanco. Existen 7 niveles y por cada nivel hay 3 ensayos.

Procedimiento: En un computador portátil ubicado frente al sujeto, se presentan las matrices una por una, con una exposición de 1 segundo por matriz. Se le dice al niño: *"En este computador te voy a mostrar unas imágenes que tienen unos cuadritos blancos y negros. Debes estar muy atento(a) porque cada imagen va a aparecer por poco tiempo y no se volverá a presentar, luego vas a construir la misma imagen con ayuda de estos materiales* (se muestran las matrices en blanco sobre una cartulina y los cuadrados negros de 3cmx3cm en fomi). Fase de familiarización: el sujeto se ubica frente a la pantalla del computador y se le presenta por el lapso de 2 segundos una matriz de 2X2. Luego, el experimentador ubica la matriz en blanco junto con los cuadrados negros frente al niño y le pide que los ubique en la misma posición vista en la imagen: *"vas a poner los cuadrados negros en la misma posición en la que los viste en la imagen".* Si el niño lo hace correctamente, se inicia con la fase experimental. Si el niño no tiene éxito con este ensayo, se le vuelve a mostrar la matriz y el experimentador la reproduce y le dice al niño: *"mira, debía quedar así* (señalando la matriz reproducida), *para que quede igual a la imagen que viste".* Posteriormente, se realiza otro ensayo. Luego se continúa con la fase experimental.

Fase Experimental: el procedimiento es similar al ensayo de familiarización omitiendo la retroalimentación al sujeto. Las matrices se presentan por orden de dificultad creciente. Por cada tamaño de matriz se hacen tres presentaciones. Si el sujeto pide que se le vuelva a mostrar la imagen, se califica como desacierto. La prueba finaliza cuando el sujeto no logra reproducir correctamente dos de los tres ensayos experimentales.

c) Tarea: *Digit Recall.* El sujeto debe recordar una serie de dígitos pronunciados por el experimentador, recuperándolos en el mismo orden en que se presentaron.

Instrumentos: Series de números de un dígito presentados verbalmente, existen siete niveles y tres series por cada nivel.

Procedimiento: Fase de familiarización: el experimentador ubicado frente al sujeto le presenta la consigna: *"Voy a decirte unos números y tú los vas a* *repetir en el mismo orden en el que yo te los diga"* a continuación se pronuncia la serie de números "dos-uno" con un lapso de 1 segundo por número. Posteriormente el experimentador le pide al sujeto que repita la serie pronunciada. Se espera a que el niño responda, si el sujeto lo hace correctamente, se le dice: "*¡muy bien!"* y se inicia con la fase experimental. Si no responde o lo hace mal, el experimentador repite el ensayo y guía la ejecución: *"mira, la respuesta es dos-uno porque el primer número que dije fue el dos y luego el uno".* Posteriormente, se hace otra serie de ensayo, se pronuncia la serie "siete-cuatro", a continuación el experimentador le pide al sujeto que repita la serie pronunciada.

Fase experimental: El procedimiento es similar al ensayo de familiarización pero sin retroalimentación. El experimentador lee una serie de números de un dígito, y le pide al niño que repita los números en el mismo orden: *"Voy a decirte unos números y tú los vas a repetir en el mismo orden en el que yo los diga"*. Se inicia con una serie de dos números y se aumenta un dígito después de cada presentación, a un máximo de ocho dígitos. Se hacen tres ensayos para cada presentación. Si el sujeto pide que se le vuelva a repetir la serie, se califica como desacierto y se presenta el siguiente ensayo del mismo nivel. La tarea termina después que el niño ha repetido incorrectamente dos series con el mismo número de dígitos. El desempeño es evaluado con el número total de serie recordadas correctamente. Las series de números están organizadas en ocho niveles de complejidad.

d) **Tarea: *Digit Backward.*** El sujeto debe recordar una serie de dígitos pronunciados por el experimentador, recuperándolos en orden inverso en que se presentan.

Instrumento: Series de números de un dígito presentados verbalmente, existen siete niveles y tres series por cada nivel.

Procedimiento: Fase de familiarización: el experimentador ubicado frente al sujeto le presenta la consigna: *"Voy a decirte unos números, pero ésta vez tú los vas a repetir en orden inverso, es decir al contario del orden en el que yo los diga".* A continuación se pronuncia la serie de números "dos-uno" con un lapso de 1 segundo por número. Posteriormente el experimentador le pide al sujeto que repita en orden inverso la serie pronunciada. Se espera a que el niño responda, si lo hace correctamente, se le dice: "*¡muy bien!"* y se inicia con la fase experimental. Si no loga hacerlo, el experimentador repite el ensayo y guía la ejecución: *"mira, la respuesta es uno-dos porque el primer número que dije fue el dos y luego el uno".* Posteriormente, se hace otra ensayo, se pronuncia la serie "siete-cuatro", a continuación el experimentador le pide al sujeto que repita en orden inverso la serie pronunciada.

Fase experimental: El procedimiento es similar al ensayo de familiarización sin tener en cuenta la retroalimentación al sujeto. El experimentador lee una serie de números de un dígito, y le pide al niño que repita los números en orden inverso: *"Voy a decirte unos números, pero ésta vez tú los vas a repetir en orden inverso, es decir al contario del* *orden en el que yo te los diga".* Se inicia con una serie de dos números y se aumenta un dígito después de cada presentación, a un máximo de ocho dígitos. Se hacen tres ensayos para cada presentación. La tarea termina después que el niño ha repetido incorrectamente dos series con el mismo número de dígitos. Si el niño pide que se le repita la serie, se califica como desacierto y se presenta el siguiente ensayo del mismo nivel. El desempeño es evaluado con el número total de serie recordadas correctamente. Las series de números están organizadas en siete niveles de complejidad.

e) **Tarea: *Corsi Backward.*** El sujeto debe reproducir la secuencia de movimientos en orden inverso al modelado por el experimentador en una colección de bloques de madera.

Instrumento: El instrumento es el mismo utilizado en la tarea *Corsi forward* Span, descrito anteriormente.

Procedimiento: El niño se sienta frente al experimentador quedando una mesa en medio de los dos. Se coloca el instrumento en la mesa, delante del sujeto lo suficientemente cerca para que él o ella pueda tocar fácilmente cada bloque sin tener que estirarse. Las etiquetas de los bloques quedan frente al experimentador, de tal forma que el niño no las pueda ver.

Fase de familiarización: Práctica 1: *"Vas a hacer lo que yo hago, pero esta vez lo harás en orden inverso, es decir al contario. Si toco aquí* (señalando el bloque #7 con el dedo índice) *y aquí* (señalando el bloque #3), *¿Puedes tocar los bloques en orden contrario?"*. Si el niño lo hace correctamente, pasa a la práctica 2. Si el niño no logra hacerlo bien, se le dice: *"Recuerda que debes tocar los mismos bloques que yo toque, pero en orden contrario ¿Está bien?, vamos a intentarlo de nuevo. Si toco aquí* (señalando el bloque #7) *y aquí* (señalando el bloque # 3); *¿Puedes tocar los bloques en orden contrario?".* Si el niño logra hacerlo correctamente, pasa a la fase experimental. Si el niño no logra hacerlo, se repite una vez más y pasa a la siguiente prueba de práctica.

Práctica 2: *"Vamos a probar con otra", si toco aquí* (señalando el bloque # 9) *y aquí* (señalando el bloque #5); *¿puedes tocar los mismos bloques, pero en orden contrario?".* Si el niño no logra hacerlo: "*Recuerda, que debes hacer las mismas cosas que yo hago, pero esta vez al contrario. ¿Bueno?, vamos a intentarlo de nuevo. Si toco aquí* (señalando el bloque #9) *y aquí* (señalando el bloque # 5), *¿puedes tocar los bloques en orden contrario?* Si el niño logra hacerlo correctamente, pasa a la fase experimental. Si el niño no logra hacerlo, se repite una vez más y luego se pasa al primer ensayo de la fase experimental.

Fase experimental: Una vez se ha completado la fase de familiarización, se inicia la fase experimental: "*Muy bien, vamos a intentar un poco más".* Se le presenta al niño el primer ensayo del primer nivel. El señalamiento de los bloques por serie se presenta uno a la vez, a razón de un bloque por segundo. El señalamiento de los bloques siempre se hace con el dedo índice de la misma mano. La serie consta inicialmente de dos bloques y luego aumenta un lugar, y así sucesivamente hasta llegar a ocho bloques.

Se presentan tres ensayos para cada nivel. Si el sujeto pide ver nuevamente la serie, se califica como desacierto y se presenta el siguiente ensayo del mismo nivel. La prueba se detiene cuando el niño no puede reproducir correctamente dos ensayos en cualquier nivel en particular.

f) **Tarea: *Counting Recall.*** El sujeto debe contar los puntos rojos de un campo de puntos azules y luego recuperar el cardinal de cada conjunto en el orden correcto.

Instrumento: En una presentación en PowerPoint se muestran series de tarjetas virtuales blancas de 5x2,5 cm que contienen 12 puntos azules y rojos cada una, ordenados de manera aleatoria. El fondo donde está ubicada cada tarjeta es blanco. Esta tarea la componen 7 niveles y cada nivel tiene tres ensayos. Las tarjetas se presentan en forma individual, pero consecutivas por ensayo. Se presenta una diapositiva en blanco antes y después de cada ensayo.

Procedimiento: En un computador portátil ubicado frente al sujeto, se presentan los estímulos de la tarea. Fase de familiarización: el sujeto se ubica frente a la pantalla del computador y el experimentador le dice: "*Ahora vas a ver aparecer unas tarjetas en la pantalla de éste computador, cada tarjeta tiene puntos azules y rojos. Por favor cuenta únicamente los puntos rojos en cada tarjeta y cuando aparezca la pantalla blanca, lo que tienes que hacer es recordar en orden el número de puntos rojos de cada una de las tarjetas. Es muy importante que cada vez que veas una nueva tarjeta, cuentes los puntos rojos iniciando desde 1".* A continuación se presenta la serie de familiarización 2-1. Este ensayo inicia con la pantalla en blanco, luego se presenta la secuencia. Se espera a que el sujeto responda. Si responde correctamente se le dice: *“muy bien”* y se pasa a la fase experimental; si responde de manera incorrecta o no responde, el experimentador guía la ejecución. Se presenta de nuevo la secuencia y se pide al sujeto que diga el número de puntos de cada tarjeta, cuando el sujeto responda el experimentador dice: *“la respuesta correcta es dos-uno, porque en la primera tarjeta habían 2 puntos rojos y en la última había uno”.* Posteriormente se pasa a la fase experimental.

Fase experimental: el procedimiento es similar al ensayo de familiarización omitiendo la retroalimentación al sujeto. Las series se presentan por orden de dificultad creciente. Por cada nivel se hacen tres presentaciones. La tarea se suspende después de que el niño falle en dos ensayos del mismo nivel. El intervalo de presentación entre una tarjeta y otra lo determina la velocidad de conteo de cada sujeto. Si el sujeto pide ver nuevamente la serie, se califica como desacierto y se presenta el siguiente ensayo del mismo nivel.

4.4. Procedimiento

Los niños fueron evaluados de forma individual en una zona tranquila de la escuela en dos sesiones de 20 a 30 minutos. Todas las pruebas fueron administradas por personas capacitadas en el área de la educación o la psicología. En la primera sesión se aplicaron las tareas que evalúan el conteo y tres meses después se aplicaron las de memoria de trabajo. Cada una de las tareas de

MT comenzó con una sesión de práctica corta. El lapso de aplicación entre las tareas de MT y las de conteo se debió a aspectos circunstanciales y no a ninguna tipo de control en el estudio.

CAPITULO 5

RESULTADOS

En el presente estudio se analizaron los resultados de los desempeños en las tareas que evalúan los principios de conteo y los componentes de la memoria de trabajo en 48 sujetos. Para efectos de dicho análisis se tuvieron en cuenta únicamente los aciertos. La presentación de los resultados principalmente se divide en tres partes. Primero se dan a conocer los resultados en los desempeños en las tareas de conteo, luego se exponen los resultados en lo que a la memoria de trabajo respecta y por último se da a conocer la correlación entre los resultados de las tareas que evalúan el conteo y de los resultados en las tareas que evalúan la MT.

5.1. Análisis de los resultados de los desempeños en las tareas de conteo.

5.1.1. Desempeños en la tarea de Elicitación de la lista de conteo

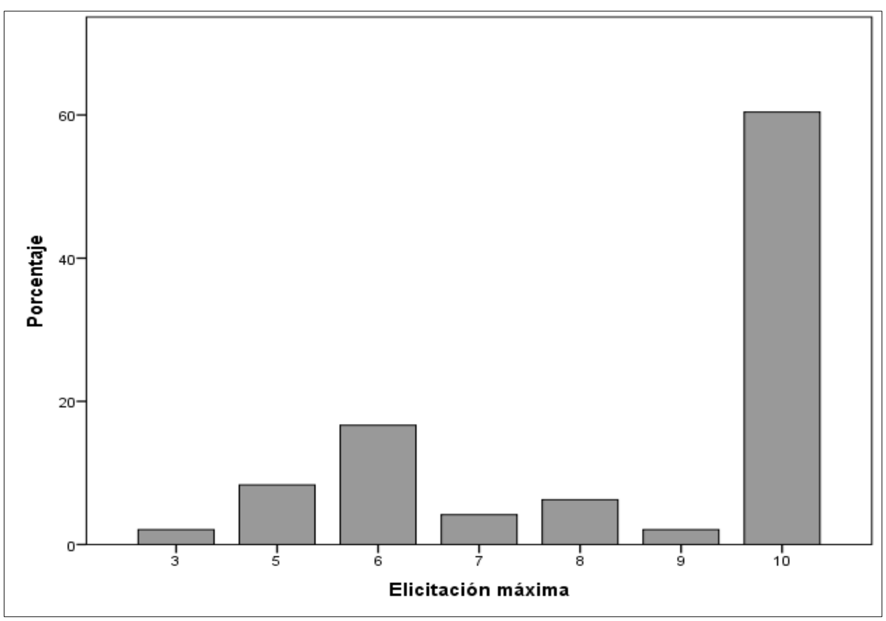


Fig. 1: Resultados de los desempeños en la tarea de elicitación de la lista de conteo en función del numeral máximo elicitado.

Los resultados de los desempeños en la tarea de Elicitación de la lista de conteo, mostraron que no solamente todos los sujetos logran elicitar los números correctamente hasta el 3, sino también que de los mismos 48 sujetos el 60,4% logra enunciar la secuencia numérica hasta el 10 iniciando desde el 1; el 8,3% logra elicitar hasta el 5, el 19,7% hasta el 6, el 4,2% hasta el 7, el 6,3% hasta el 8, y el 2,1% hasta el 9.

5.1.2. Desempeños en la tarea de Correspondencia

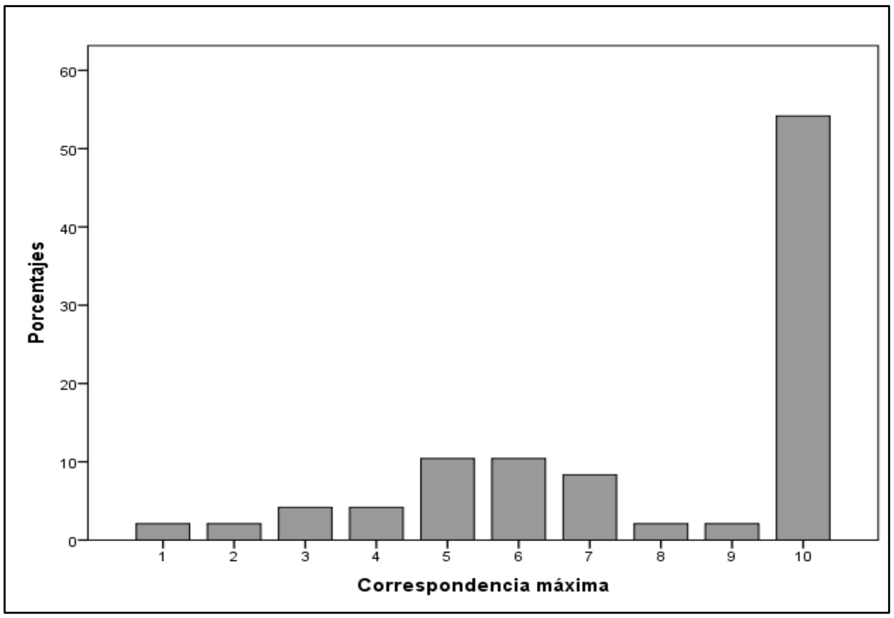


Fig. 2: Resultados de los desempeños en la tarea de correspondencia en función de la cantidad máxima establecida mediante la correspondencia uno a uno

En la tarea de Correspondencia, los resultados mostraron que el 54,2% de los sujetos logran establecer la correspondencia uno a uno en colecciones que tienen hasta 10 elementos idénticos, mientras que sólo el 2,1% lo hacen para colecciones de 8 y 9 objetos en ambos casos. El 8,3 lo logran con conjuntos de 4 ítems, el 10,4% con 5 y 6, el 4,2% con 2 y 3, y el 2,1% con 1 y 2.

5.1.3. Desempeños en la tarea *Give a number*

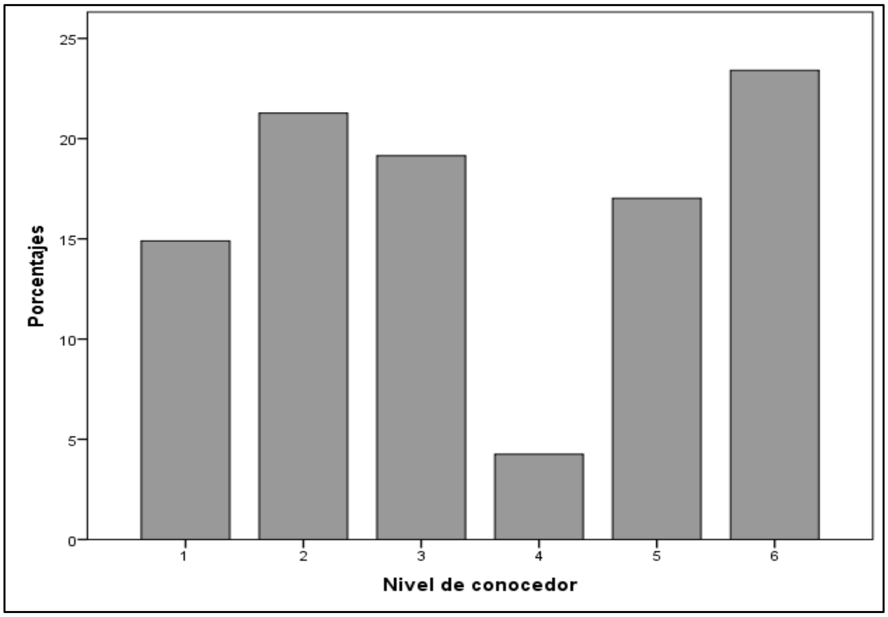


Fig. 3: Porcentajes de los sujetos en función del nivel de conocedor

Según los resultados obtenidos en la tarea *Give a number*, se puede decir que el 14,9% de los sujetos es conocedor 1, mientras el 21,3% es conocedor de 2, el 19,1% es de 3, el 4,3% de 4, el 17% de 5 y el 23,4% es conocedor de 6. Encontrándose que el 55,3% de los sujetos se ubican en el nivel de conocedor de 1 a 3, y que el otro 44,7% en el nivel de conocedor de 4 a 6. Se observa que los mayores porcentajes se ubican en los niveles de conocedores 2, 3 y 6, y que el menor porcentaje está en el nivel de conocedor 4.

5.1.4. Desempeños en la tarea de Tarjetas rápidas

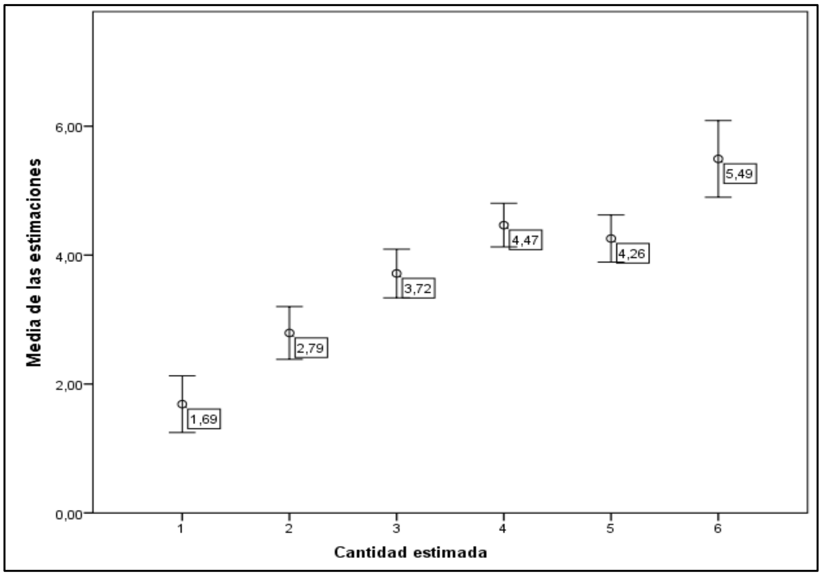


Fig. 4: Puntuaciones medias de los resultados en las estimaciones

Los resultados de los desempeños en la tarea Tarjetas rápidas mostraron que en promedio los niños estiman 2,79 para el tamaño 2 y 4,47 para el tamaño 4. Como se observa la cantidad mejor estimada fue 4, seguida de la de 6.

5.2. Análisis en función de las relaciones entre los resultados de los desempeños en las tareas de conteo

5.2.1. Relación entre los desempeños obtenidos en la tarea de Elicitación de la lista de conteo y la tarea de Correspondencia

Tabla 1. *Relación entre elicitación máxima y correspondencia máxima*

	Elicitación máxima													
	3		5		6		7		8		9		10	
Correspondencia máxima	No. sujetos	% de sujetos	No. sujetos	% de sujeto	No. sujetos	% de sujetos	No. sujetos	% de sujetos	No. sujeto	% de sujetos	No. sujetos	% de sujetos	No. sujetos	% de sujetos
1	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
3	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
4	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	4,2%
5	1	2,1%	1	2,1%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	2	4,2%
6	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	1	2,1%	2	4,2%
7	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	6,3%
8	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
9	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
10	0	0,0%	1	2,1%	6	12,5%	1	2,1%	2	4,2%	0	0,0%	16	33,3%

Los resultados de los desempeños en la tarea de Elicitación de la lista de conteo en relación con los desempeños en la tarea de Correspondencia, mostraron que el 33,3% de los sujetos son capaces de elicitar hasta 10 y establecer la correspondencia uno a uno en colecciones de tamaño 10, mientras que el 12,5% de los sujetos que elicitan hasta 6 también establecen la correspondencia uno a uno en colecciones de tamaño 10. El 6,3% elicitan hasta 10 y establecen correspondencia uno a uno hasta 7. El 2,1% de los sujetos puede elicitar hasta 9 y establecer la correspondencia uno a uno hasta 6.

5.2.2. Relación entre los desempeños en la tarea de Elicitación de la lista de conteo y la tarea *Give a number*

Tabla 2. *Relación entre elicitación máxima y el nivel de conocedor*

	Nivel de conocedor											
	1		2		3		4		5		6	
Elicitación máxima	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos
3	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
5	0	0,0%	2	4,3%	1	2,1%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%
6	4	8,5%	3	6,4%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
7	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%
8	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	1	2,1%	0	0,0%	1	2,1%
9	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
10	2	4,3%	4	8,5%	5	10,6%	0	0,0%	7	14,9%	10	21,3%

La relación entre los resultados de los desempeños de la tarea de Elicitación de la lista de conteo y el nivel de conocedor, mostraron que el 21,3% de los sujetos son conocedores de 6 y elicitan hasta 10. El 14,9% son conocedores de 5 y elicitan hasta 10. El 10,6% de los sujetos son conocedores de 3 y elicitan hasta 10. En general, los sujetos tienden a elicitar numerales mayores al nivel de conocedor en donde se encuentran categorizados.

5.2.3. Relación entre los desempeños en la tarea de Correspondencia y la tarea *Give a number*

Tabla 3. *Relación entre la correspondencia máxima y el nivel de conocedor*

	Nivel de conocedor											
	1		2		3		4		5		6	
Correspondencia máxima	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos	No. de sujetos	% de sujetos
1	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%
3	1	2,1%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
4	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
5	1	2,1%	2	4,3%	1	2,1%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%
6	0	0,0%	1	2,1%	1	2,1%	1	2,1%	1	2,1%	0	0,0%
7	1	2,1%	2	4,3%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%
8	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%
9	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
10	3	6,4%	4	8,5%	6	12,8%	0	0,0%	4	8,5%	9	19,1%

Al relacionar los desempeños de la tarea de correspondencia y el nivel de conocedor, los resultados revelaron que el 19,1% de los sujetos son conocedores de 6 y establecen correspondencia uno a uno en colecciones de tamaño 10. El 8,5% de los sujetos además de ser conocedores de 5, también establecen la correspondencia hasta 10. Mientras que el 12,8% que son conocedores de 3, son capaces de establecer la correspondencia hasta 10.

5.2.4. Relación entre el nivel de conocedor y la estimación

Tabla 4. *Relación entre el nivel de conocedor y la diferencia entre la media de las estimaciones y la cantidad estimada*

	Nivel de conocedor					
	1	2	3	4	5	6
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Estimación de 1	1,52	1,20	,41	,67	,58	,06
Estimación de 2	1,90	1,13	1,07	,33	,13	,18
Estimación de 3	,62	1,83	,81	,33	,50	,36
Estimación de 4	,62	1,17	1,22	1,00	1,13	,61
Estimación de 5	1,76	1,30	1,26	,33	,50	1,00
Estimación de 6	1,90	1,60	1,26	,33	,67	1,94

La relación entre el nivel de conocedor y la estimación reveló que los conocedores de 4, 5 y 6 pueden estimar mejor las cantidades desde 1 hasta 3, cabe anotar que la diferencia entre la distancia media de la estimación y la cantidad estimada para el conocedor de 6 en 1 es de 0,06 y para el conocedor de 4 en 1 es 0,67. Los conocedores de 4 y 5 logran estimar mejor las cantidades de 5 y 6; ya que, por ejemplo, la diferencia de la distancia media y la cantidad estimada para el conocedor de 4 en 5 es de 0,33.

5.3. Análisis de los desempeños en las tareas que evalúan la memoria de trabajo

5.3.1. Resultados en las tareas de la agenda visoespacial

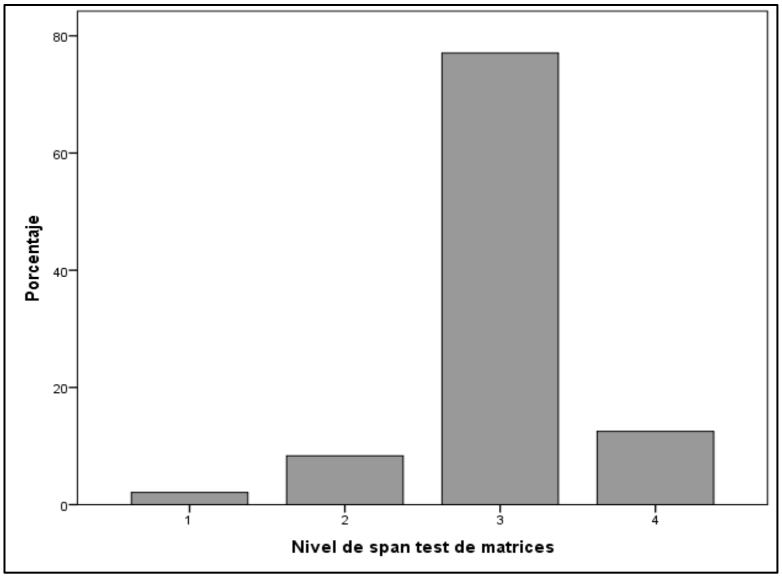


Fig. 5: Porcentajes de los resultados en los desempeños del Test de matrices

Los resultados de los desempeños en el test de matrices, mostraron que la mayoría de sujetos (71,1%) tiene span 3 de memoria viso espacial; el 12,5% de 4, el 8,3% de 2 y el 2,1% de 1.

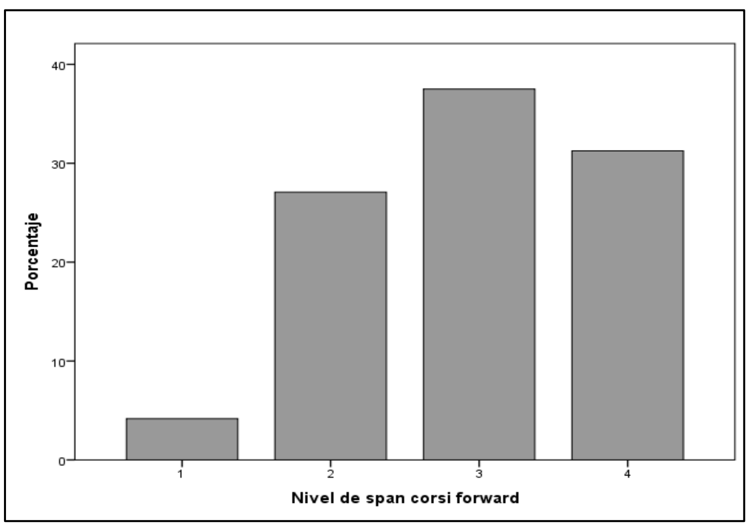


Fig.6: Porcentajes de los resultados en los desempeños del Corsi forward

Los resultados en los desempeños del *Corsi forward*, mostraron que el 37,5% de los sujetos tiene span 3 de memoria viso espacial, el 31,3% presenta span 4, el 27,1% span 2 y el 4,2% span 1.

Tabla 5. *Relación entre los desempeños en el test de matrices y el Corsi forward*

	Corsi forward span							
	1		2		3		4	
Span test de matrices	No. de sujetos	Porcentaje	No. de sujetos	Porcentaje	No. de sujetos	Porcentaje	No. de sujetos	Porcentaje
1	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%
2	0	0,0%	2	4,2%	1	2,1%	1	2,1%
3	2	4,2%	10	20,8%	12	25,0%	13	27,1%
4	0	0,0%	0	0,0%	5	10,4%	1	2,1%

La relación entre los desempeños de las dos tareas que evalúan la agenda viso espacial, mostraron que el 27,1% de los sujetos presentan span 4 en la tarea de *Corsi forward* y span 3 en el test de matrices. El 25% de los sujetos presenta span de 3 en ambas tareas.

A nivel general, el span de los sujetos del estudio para este subcomponente de la memoria de trabajo tiende a ser de 3.

5.3.2. Resultados en la tarea que evalúan el búfer fonológico

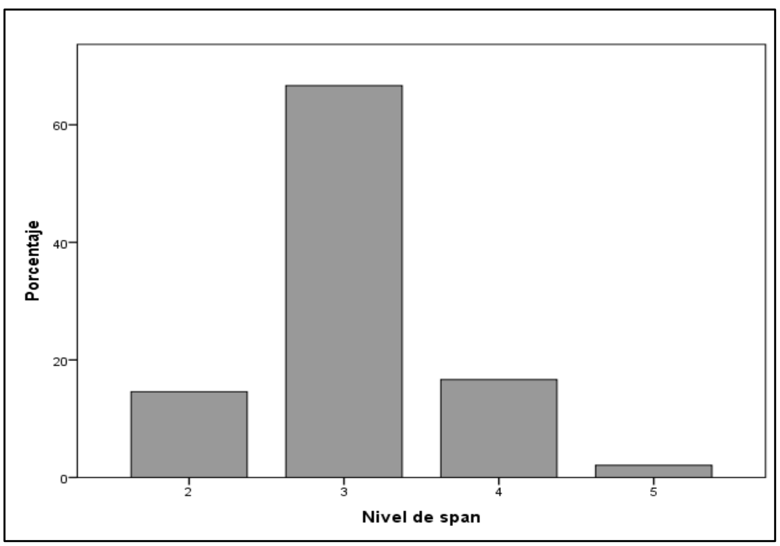


Fig. 7: Porcentajes de los sujetos en función del nivel de span en la tarea Digit forward

Los resultados en los desempeños en la tarea *Digit forward*, revelaron que el span para esta tarea está en el rango de 2 a 5 y que la mayoría de los sujetos (66,7%) tienen span 3, seguido del 16,7% que presentan span 4. Sólo el 2,1% de los sujetos tienen span 5.

5.3.3. Resultados en las tareas que evalúa el ejecutivo central

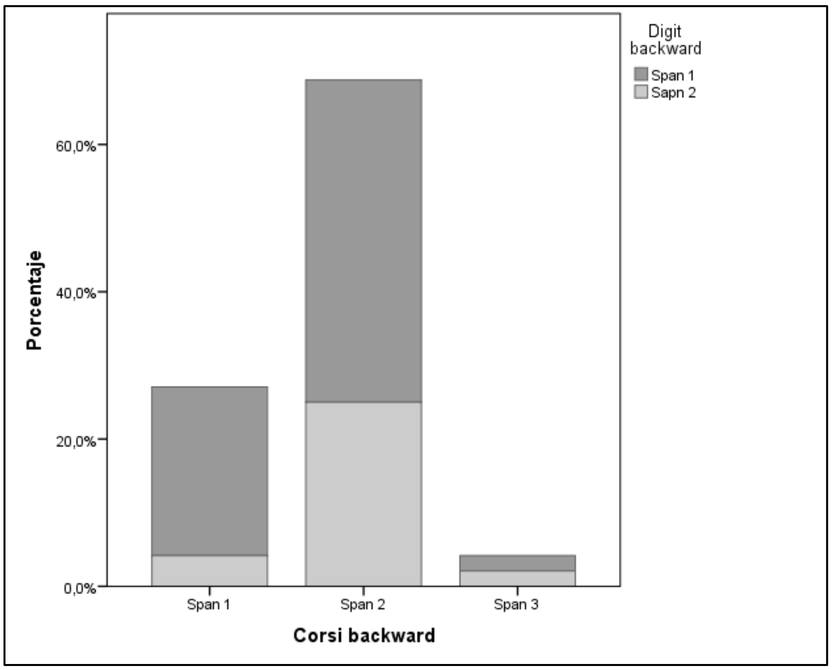


Fig. 8: Relación entre el span en la tarea Corsi backward y Digit backward

La relación entre los desempeños en las tareas *Corsi backward* y *Digit backward,* mostraron que el 43,8% de los sujetos presentan span 2 en la tarea de *Corsi backward* y span 1 en la tarea *Digit backward,* el 25% presentan span 2 para ambas tareas y el 22,9% muestran span 1 en las dos tareas.

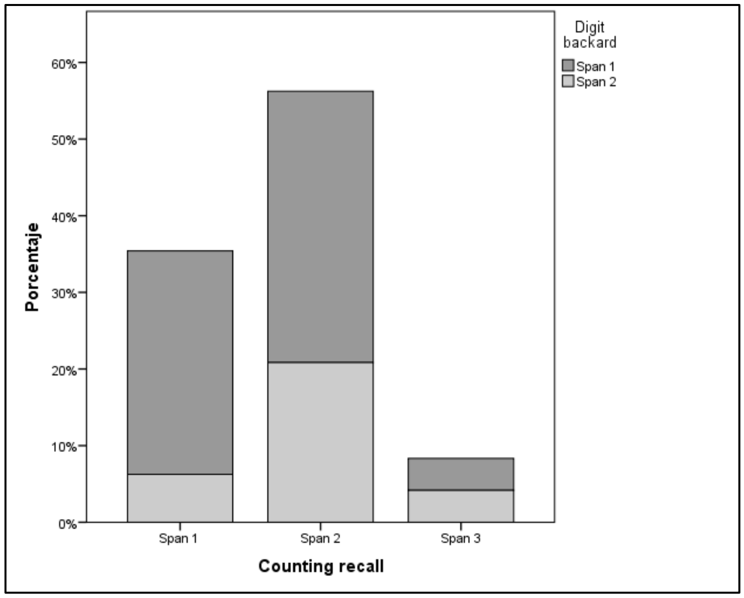


Fig. 9: Relación entre el span en la tarea Digit backward y Counting recall

La relación entre los desempeños en las tareas Digit backward y *Counting recall*, mostraron que el 35,4% de los sujetos presentan span 2 en la tarea de *Counting recall* y span 1 en la tarea de *Digit backward.* El 29,2% presenta span 1 en ambas tareas.

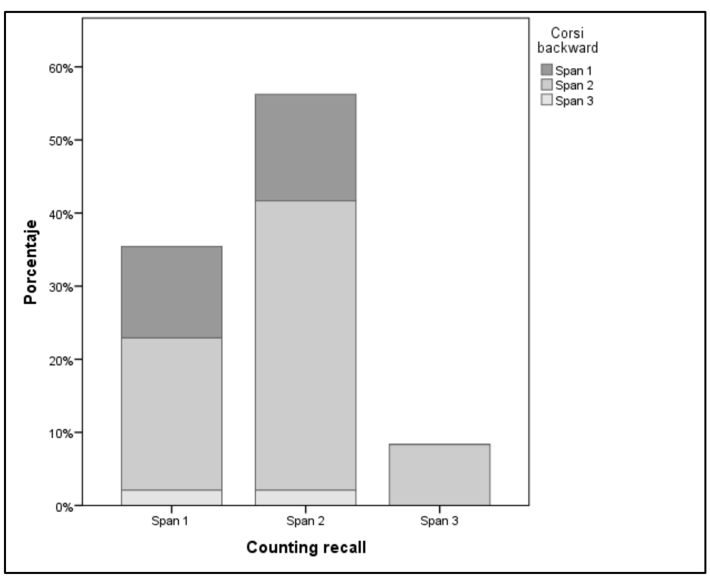


Fig.10: Relación entre el span en la tarea Counting recall y Corsi backward

La relación entre los desempeños en las tareas *Corsi backward* y *Counting recall*, mostraron que el 39,6% de los sujetos presentan span 2 para ambas tareas. El 20,8% presentan span 1 en *Counting recall* y span 2 en *Corsi backward*. El 14,6% presenta span 2 en *Counting recall* y span 1 en *Corsi backward*. El 2,1% tienen span 1en *Counting recall* y span 3 en *Corsi backward*.

5.4. Relación entre los desempeños en las tareas de conteo y los desempeños en las tareas de memoria de trabajo.

Tabla 6. *Media de los aciertos en cada tarea*

	Media	Desviación típica	N
Nivel de Conocedor	3,57	1,83	47
Elicitación Máxima	8,50	2,06	47
Correspondencia Máxima	7,85	2,69	47
Digit Forward	6,04	1,71	47
Digit Backward	1,02	1,36	47
Corsi Forward	5,90	2,20	47
Corsi Backward	2,23	1,22	47
Test de Matrices	6,08	1,51	47
Counting Recall	2,21	1,65	47

Los porcentajes de aciertos mostraron que en promedio los sujetos son capaces de establecer la correspondencia uno a uno en colecciones de hasta 8 elementos aproximadamente y que la mayoría tienden a establecer dicha correspondencia con tamaños que se encuentran entre 5 y 11. Los resultados también revelaron que en promedio los sujetos son capaces de elicitar hasta el numeral 8 aproximadamente y que la mayoría tienden a elicitar la secuencia numérica hasta los numerales que están entre 5 y 11. Estos resultados indican que los niños tienden a establecer la correspondencia uno a uno en cantidades mayores al nivel de conocedor donde se ubican. La mayoría de los sujetos en promedio presentaron 6 aciertos en el Test de matrices y sólo 1 acierto en *Digit backward.*

Tabla 7: *Coeficientes de regresión lineal*

Variables	Coeficientes estandarizados		
	Beta	t	Sig.
(Constante)		,012	,991
Digit Backward	,411	3,400	,001
Elicitación Máxima	,401	3,316	,002
Correspondencia Máxima	,078	,638	,527
Digit Forward	,061	,512	,611
Corsi Forward.	,127	1,041	,304
Corsi Backward	,018	,137	,892
Test de Matrices	-,018	-,144	,886
Counting Recall	,034	,253	,801

En el modelo de regresión lineal se tomó el *Nivel de conocedor* como variable dependiente, considerando que dicha variable da cuenta del conocimiento del cardinal. Las variables independientes fueron *Digit forward*, *Digit backward*, *Corsi forward*, *Corsi backward*, Test de matrices, *Counting recall*, Elicitación máxima y Correspondencia máxima. En éste modelo fueron significativas sólo dos variables: Digit backward y Elicitación máxima, las cuales explican el 40% (R^2 =0.379) de la varianza de la variable *Nivel de conocedor*.

CAPITULO 6

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente investigación ha tenido como objetivo explorar la relación entre los componentes de la memoria de trabajo y los principios de conteo en niños que cursan el último año de educación preescolar. Para tal fin, se emplearon distintas tareas que evalúan el conteo, como también tareas que dan cuenta de los desempeños de los componentes de la MT dentro del modelo de Baddeley y Hitch (1974). En éste apartado se discuten los resultados a la luz de la revisión de la bibliografía propuesta al inicio de éste estudio con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación planteada: *¿Cuál es la relación entre la memoria de trabajo y el conteo en los niños preescolares?* Como primera medida se analizan los desempeños en las tareas de conteo y los desempeños en las tareas de MT, en función de los aciertos para ambos casos, para posteriormente dar paso a detallar la correlación hallada entre MT y conteo.

6.1. Desempeños en las tareas de conteo

En la tarea de elicitación de la lista de conteo se les pidió a los sujetos que contaran hasta donde sabían: *"cuenta hasta donde tú sabes"*. Así que, *elicitación máxima* hace referencia al mayor número elicitado correctamente dentro de la secuencia numérica convencional iniciando en 1. Aunque algunos sujetos (el 39,6%) recitaron la secuencia numérica mayor a 10 (algunos hasta 24), para efectos de la codificación de los datos, estos niños se clasificaron como si su elicitación máxima hubiese sido 10. Cabe anotar que todos los sujetos al solicitarles el conteo, respondieron con una secuencia numérica y no con otro tipo de secuencia como podría haber sido una idiosincrática; lo cual indica que los niños preescolares del presente estudio asocian la palabra conteo con la secuencia de palabras numéricas convencional usada en nuestro idioma, estos datos convergen con los resultados obtenidos en los estudios de Wynn (1990, 1992) donde el desarrollo de las tareas indican que los niños desde los 2,6 años de edad, de una u otra forma son capaces de diferenciar las palabras-número de las palabras que no denotan cantidad.

Así mismo, todos los niños de la muestra del presente estudio lograron elicitar los números hasta 3 iniciando en 1, esto confirma los resultados de estudios anteriores (Wynn, 1990, 1992; Le Corre y Carey, 2007) donde los autores argumentan que los niños aprenden los nombres de los números secuencialmente hasta las palabras “dos” o “tres”, y luego adquieren los significados cardinales de los nombres de los números mayores en relación con el principio cardinal. Además, desde los 2 años de edad aproximadamente los niños parecen tener conocimiento que las palabras-números denotan numerosidad (Wynn, 1992).

Se debe agregar que la mayoría de los sujetos (el 60,4%) de éste estudio logran enunciar la secuencia numérica hasta 10 iniciando en 1. Esto no quiere decir que los niños poseen un conocimiento innato de las palabras numéricas, ellos tienen que aprender los nombres de los números de su idioma y asignarlos autónomamente a una lista ordenada de etiquetas numéricas mentales. Esta tarea, sin embargo, se les facilita a los niños por el hecho de que las palabras-números se utilizan de acuerdo con los mismos principios que sus etiquetas numéricas mentales, tienen un orden fijo en el que se utiliza constantemente, y se aplican a colecciones para establecer el cardinal. Esto permite a los niños desde muy temprano identificar la actividad lingüística de conteo. Sin embargo, los niños pasan por un proceso en el que logran comprender que las palabras-número no se refieren a los elementos individuales o a propiedades de los elementos individuales, sino más bien a las propiedades de conjuntos de elementos (Wynn, 1992).

Existen varias hipótesis para explicar cómo los niños logran atribuir numerosidad a las palabras-número. Una de ellas es que puede ser que la sintaxis de los nombres de los números de una u otra forma les indica a los niños que estas palabras hacen referencia a las propiedades de conjuntos de objetos, no a objetos individuales. En un estudio realizado por Wynn (1992) con niños de 2 a 6 años, los datos sugieren que incluso en una fase muy temprana del conteo, los niños saben que las palabras de contar refieren numerosidad.

En éste orden de ideas, Syrett, Mosulino y Gelman (2012) proponen dos hipótesis distintas sobre el papel de las claves lingüísticas en una consideración de bootstrapping sintáctico del significado de las palabras-número. La primera hipótesis es que las claves lingüísticas podrían obligar a los niños a postular una nueva categoría léxica (la de los nombres de los números) o, si tal categoría ya está en el espacio lingüístico y conceptual de los niños, las señales permitirían a los niños identificar nuevas palabras que pertenecen a ella. La segunda hipótesis es que las claves lingüísticas podrían ofrecer soporte para el concepto que denota la cantidad de palabras de números, poniéndolos en compañía de los cuantificadores no exactos (por ejemplo, algunos, pocos, todos, muchos) y que, por tanto, permite a los niños hacer un primer acercamiento importante a través de posibles significados de las palabras. Aquellos investigadores llegan a la conclusión de que el *bootstrapping* sintáctico conjuntamente con los principios de conteo podría actuar en conjunto para ayudar a los niños a identificar palabras- números y a adquirir su significado preciso.

El objetivo de la tarea de *Correspondencia* fue evaluar si los sujetos logran asignar una sola etiqueta numérica a cada uno de los elementos de una colección de 10 objetos idénticos presentados en fila, y a cada etiqueta hacerle corresponder un sólo elemento; de modo que, la *correspondencia máxima* hace referencia a la mayor cantidad numérica lograda al coordinar con éxito el proceso de partición y el de etiquetación. Los resultados aquí descritos, evidencian que más de la mitad (el 54,2%) de los sujetos de la muestra lograron establecer la correspondencia uno a uno en dicha colección, y que 10 de los 48 sujetos establecen esta correspondencia para sets de tamaño 5 o 6. En ésta tarea también se evidenció que todos los sujetos emplearon la secuencia numérica convencional para establecer el conteo. Estos datos apoyan la idea de Wynn (1990) que hace referencia a que una palabra-número se utiliza en un contexto cardinal cuando se usa para describir la cardinalidad o numerosidad de un conjunto de objetos. Los niños no logran dicha comprensión de los significados de las palabras de los números hasta mucho después de que son capaces de contar correctamente. Cabe aclarar, siguiendo la idea de Wynn, que el conocimiento del significado de una palabra-número no precisa el conocimiento de la palabra que hace referencia al principio cardinal.

En la tarea de *Correspondencia*, de los 48 niños de la muestra, 9 presentaron error en la aplicación del principio de correspondencia uno a uno, error que se vio reflejado al coordinar la etiquetación y la participación. Según Gelman y Gallistel (1897), esto se debe a una falta de habilidad y no a la falta de un concepto implícito apropiado, además entre mayor sea el tamaño de la colección a contar, existe mayor probabilidad de perder la noción del proceso de partición y así omitir un elemento o contarlo doble. Por tanto, se considera que la tarea de *Correspondencia* es más demandante que la tarea de Elicitación de la lista de conteo, dado que la correspondencia máxima exige que el sujeto además de recuperar de su memoria a largo plazo la lista de conteo, debe coordinar la etiquetación y la partición en el conjunto de elementos dados, es así como en esta investigación, en la mayoría de los casos, los sujetos lograron elicitar un numeral mayor para el que podían establecer la correspondencia uno a uno.

La tarea *Give a number* se empleó para explorar el *nivel de conocedor* de los sujetos. El *nivel de conocedor* demuestra la cardinalidad que el niño ha logrado hasta el momento. Es una forma de evidenciar la capacidad del niño de cuantificar con precisión la numerosidad de una palabra-número y si ha aprendido su significado cardinal (Wynn, 1992, Le Corre y Carey, 2007). Por tanto, en el presente estudio, el *nivel de conocedor* se toma como variable dependiente, porque es el componente que determina el cardinal y éste a su vez, establece el conocimiento numérico principal (Wynn, 1992; Le Corre y Carey, 2004, 2007; Passolunghi, Vercelloni y Schadde, 2007). Los resultados de la presente investigación muestran que el 55,3% de los sujetos se ubican en el nivel de conocedor de 1 a 3, y que el otro 44,7% en el nivel de conocedor de 4 a 6, mientras sólo el 4,2% (1sujeto) es conocedor de 4, como se observa el menor porcentaje está en el nivel de conocedor 4. Estos resultados son indicativos al igual que los llevados a cabo por otros investigadores (Wynn, 1992; Le Corre y Carey, 2007) de que esta fase de nivel conocedor (conocedor de “cuatro”) es mucho más corta que las otras debido a que la secuencia de aprendizaje numérica que conduce a la adquisición de los principios de conteo no sólo implica aprender significados numéricos para los numerales “uno”, “dos”, "tres” a la vez, sino que también implica aprender un significado numérico para “cuatro”; más, una vez aprendido “cuatro”, los niños aprenden simultáneamente el significado cardinal de los nombres de los números mayores dentro de su rango de conteo (“cinco”, “seis”…) (Wynn, 1992; Le Corre y Carey, 2007).

Así mismo, muchos estudios han investigado (Le Corre et al, 2006; Sarnecka y Gelman, 2004; Wynn, 1990, 1992) cómo los niños adquieren significados de los números en su lista de conteo antes de la adquisición de los principios de conteo. Estos estudios han encontrado consistentemente que, antes de dominar los principios de conteo, los niños aprenden difícilmente significados numéricos exactos para “uno”, “dos”, “tres” y a veces “cuatro” en ese orden.

A continuación, se analizará el desempeño de los niños en la tarea de *Tarjetas rápidas,* la cual es una tarea de estimación numérica verbal, pero da cuenta de la representación numérica pre-verbal. En esta tarea, se le mostró a cada niño colecciones de 1-6 puntos negros sobre una cartulina blanca y se le pidió que proporcionara una estimación de la cantidad observada en cada grupo sin contar, cada colección se expuso por el lapso de 1 segundo aproximadamente. El tamaño de cada conjunto se presentó a cada niño 3 veces para que obtener una media de la estimación para cada tamaño de la colección.

Los resultados de los desempeños en ésta tarea mostraron que en promedio los niños estiman cantidades aproximadas para los tamaños presentados, por ejemplo, la media para la estimación del tamaño 2 fue 2,79 y para el tamaño 6 fue 5,49. Otro aspecto que se hizo presente fue que los sujetos no utilizaron números mayores a 9 para estimar las cantidades presentadas, sólo hubo un caso donde un sujeto estimó 16 para el conjunto de tamaño 6.

Cabe anotar, que si bien las medias de las estimaciones de los sujetos son aproximadas a las cantidades exhibidas, el valor de estas estimaciones tiende a ser igual o menor a la cantidad presentada, a excepción del tamaño 4. Por ejemplo, para el tamaño 3, el 70,8% de los sujetos estimó de 1 a 3. Además, si se revisan las frecuencias con relación a las estimaciones exactas, se puede apreciar que para los tamaños 1, 2 y 3, es donde se agrupa mayor frecuencia por estimación de cada tamaño, así, por ejemplo, de 48 sujetos 31 estimaron 2 para el tamaño 2. Estos datos confirman la hipótesis sobre que el mapeo de “uno” a “cuatro” es parte del proceso mediante el cual se construyen los principios de conteo, pero la asignación de los números más allá de “cuatro” en magnitudes análogas no lo es (Le Corre y Carey, 2007). Es así como Le Corre y Carey proponen un modelo de representación del cardinal, a saber, la individuación en paralelo enriquecida, la cual hace referencia a las representaciones numéricas creadas a partir de la combinación del sistema de individuación en paralelo y cuantificación basada en conjuntos, aquí los vínculos entre los números y sus correspondientes modelos serían almacenados en la memoria a largo plazo.

6.2. Desempeños en las tareas de memoria de trabajo

Con respecto a la MT se evaluaron tres de los cuatro componentes que la integran (Baddeley, 2000) a saber, la agenda visoespacial, el buffer fonológico y el ejecutivo central. La agenda visoespacial fue probada por dos tareas: el Test de matrices y el *Corsi forward*. El Test de matrices se empleó para evaluar el sistema de almacenamiento visual, mientras que el *Corsi forward* se usó para avaluar el sistema de almacenamiento espacial. Para ambas tareas el span de los sujetos es 3 y el número de aciertos tiende a ser 6. Estos resultados son similares a los encontrados por Andersson y Lyxell (2007) quienes realizan un estudio para examinar si la hipótesis de déficit de MT incluye todo el sistema de la MT o sólo componentes específicos.

El búfer fonológico se evaluó con *Digit forward*, los resultados señalan que en promedio el span para este subcomponente de la MT es 3,06 y que la media de los aciertos es 6,04. Aunque el presente estudio es de corte transversal, cabe anotar que un patrón similar de resultados se hizo evidente en un estudio longitudinal realizado por Bull, Espy y Wiebe (2008), en donde la medida de este subcomponente mediante el *Digit forward* (M=3,54) fue un predictor en el desempeño de las matemáticas y la lectura, “los niños que fueron capaces de mantener cadenas numéricas de más dígitos a principios de la primaria, mantienen el grado de dominio de las matemáticas y el rendimiento de lectura en relación con sus pares” (Bull, Espy y Wiebe, 2008, p.

9). No obstante, en el presente estudio el comportamiento de los resultados en el *Corsi forward*, no sugiere lo mismo, puesto que no se halló una correlación significativa entre esta tarea y el conteo (Nivel conocedor). Así mismo, según Rasmussen y Bisanz (2005), desde la edad de siete años en adelante, los niños cada vez se basan en el repaso subvocal para mantener la información en la MT, por lo que para el grado primero de instrucción, el bucle fonológico se convierte en el mejor predictor del rendimiento en los problemas matemáticos verbales.

El ejecutivo central se evaluó mediante tres tareas: *Digit backward, Corsi backward* y *Counting recall*. Los resultados del Digit backward indican que en promedio los sujetos presentan 1,02 aciertos. Ésta tarea además del almacenamiento temporal de los datos, requiere la manipulación de la información en la MT, y ha sido utilizada con éxito como una medida del ejecutivo central en sujetos de 6 a 7 años de edad (Gathercole y Pickering, 2000) y en niños a partir de los 4 años de edad (Rasmussen y et al, 2003). Para la tarea *Counting recall*, un poco más de la mitad de los sujetos presentan span 2 y en promedio los sujetos obtienen el 2,21 de los aciertos. En *Corsi backward*, la mayoría de los sujetos presenta span 2 y en promedio logran el 2,23 de los aciertos (SD=1,22). Los diferentes hallazgos avanzan en la línea de que el ejecutivo central sería el subcomponente de la MT que mejor se relaciona, por sobre el búfer fonológico y la agenda visoespacial con el aprendizaje de las matemáticas (Siegel y Ryan, 1989; Bull, Johnston y Roy 1999).

Hasta aquí se han revisados los desempeños en las diferentes tareas que evalúan el conteo y los tres componentes de la MT. Ahora se prosigue en explicar las correlaciones halladas en dichas tareas para poder establecer la relación de la MT y el conteo.

6.3. Relación memoria y conteo

Para establecer la relación entre MT y conteo se llevó a cabo un análisis de regresión lineal en donde la variable dependiente fue el Nivel de conocedor, y las variables independientes fueron las demás tareas de conteo y las tareas de los diferentes componentes de la MT. El análisis de regresión lineal evidenció que sólo Digit backward y Elicitación máxima fueron significativas en este modelo y explican el 40% (R^2 =0.379) de la varianza de la variable Nivel de conocedor, lo cual indica que *Digit forward*, *Corsi forward*, *Corsi backward*, Test de matrices, *Counting recall* y Correspondencia máxima, no tendrían ningún rol en el desempeño de la tarea de conteo *Give a number*. Cabe señalar también, que Digit backward se correlacionó positivamente con la tarea *Counting recall*, estas dos tareas se usaron en el presente estudio para evaluar el ejecutivo central, es decir, que la presente investigación apoyaría la hipótesis de que el ejecutivo central es el componente de la MT que más se relaciona con el aprendizaje de las matemáticas y más específicamente con la adquisición de los principios de conteo.

Los resultados de una investigación llevada a cabo con sujetos que cursan los grados 2º y 3°, apoyan este hallazgo al señalar que el ejecutivo central desempeñan un papel muy importante para facilitar el desempeño matemático durante las primeras etapas de aprendizaje y su papel disminuye con la exposición y el aprendizaje (Meyer, Salimpoor, Wu, Geary y Menon, 2010). Por otra parte, en un estudio propuesto por Passolunghi, Vercelloni y Schadde, según los resultados obtenidos de los desempeños en las tareas de Span de dígitos inverso, Span de palabras inverso y Span escuchando y Completando, que requieren de almacenamiento y procesamiento de la información y una función principal del ejecutivo central, son significativas en el rendimiento en las pruebas de matemáticas. De tal forma que dicho estudio también apoya la hipótesis de que el ejecutivo central, es un predictor significativo del aprendizaje de las matemáticas en los niños que inician la escuela primaria, de la misma manera, la capacidad de conteo tiene un papel de precursor en el aprendizaje de las matemáticas, (Passolunghi, Vercelloni y Schadde, 2007). Los resultados de un estudio realizado por Toll y Van Luit (2013) con niños preescolares, también confirma la hipótesis de que existe una relación predictiva entre la MT y la matemática temprana.

Los hallazgos de la presente investigación no coinciden con algunos estudios, que sugieren que los preescolares tienden a desempeñarse mejor en las tareas aritméticas no verbales y que la capacidad de la agenda visoespacial es el mejor predictor de estas habilidades en este grupo de edad (Rasmussen y Bisanz, 2005). Esta diferencia puede deberse a aspectos metodológicos en ambas investigaciones.

Según Geary et al., (2004) una función importante del ejecutivo central durante las primeras etapas de la adquisición de habilidades matemáticas puede ser la de orientar el uso de estrategias de conteo que los niños pequeños suelen utilizar para resolver problemas aritméticos. Asimismo, el ejecutivo central tendría un papel relevante en sostener y monitorizar los problemas aritméticos que requieren varios pasos, inhibiendo información mientras se procesa información nueva o recupera el dato almacenado para integrarlo con el nuevo dato obtenido.

Por otra parte, la tarea *Give a number* requiere además del conteo, que el niño retenga en su memoria de trabajo la cantidad solicitada mientras obtiene el conteo solicitado (doble demanda). De una u otra forma, se emplean materiales que son muy atractivos para los niños, como muñecos de plástico o pelotas que pueden requerir más atención por parte del sujeto a la hora del conteo y así afectar la solución exitosa de la tarea. Para próximas investigaciones se sugiere tener en cuenta los componentes del ejecutivo central (inhibición, cambio atencional, actualización y monitorización) a la hora de evaluarlo, de esta forma poder establecer con más precisión la relación de este subcomponente de la MT con el conteo.

En el presente estudio, la Elicitación máxima también tuvo correlación significativa con el Nivel de conocedor, y aunque estos resultados no son compatibles con muchos estudios (Gelman y Gallistel, 1978; Le Corre et al., 2006; Le Corre y Carey, 2004; Sarnecka y Carey, 2008; Wynn, 1990, 1992) que revelan que el hecho que el niño sea capaz de recitar la secuencia numérica no da cuenta de su conocimiento numérico; en un estudio realizado por Passolunghi, Vercelloni y Schadde (2007), la tarea *conteo verbal* fue predictiva con respecto al aprendizaje de las matemáticas y en esa misma investigación, las funciones ejecutivas también fueron un precursor directo en los inicios del aprendizaje de las matemáticas.

La correlación significativa entre la Elicitación máxima y el Nivel de conocedor puede deberse también al rango de edad en la que se encuentran la mayoría de sujetos, pues resulta ser un rango para el que la literatura previa muestra que los niños ya han interpretado la lista de conteo y han logrado ser conocedores de los principios de conteo (Le Corre y otros, 2006; Wynn, 1990, 1992). Habría que decir también, que los niños no son reproductores pasivos de los patrones producidos por sus cuidadores, ellos en realidad están interpretando los estímulos en términos de sus estructuras mentales innatas. Cuando los niños establecen la relevancia numérica de una lista memorizada, que por lo general tiene un orden estable, lo hacen porque han interpretado su lista de conteo como la creación de instancias verbales de los principios de conteo no verbal (Le Corre y otros, 2006).

Aunque en el presente estudio se realizaron las respectivas evaluaciones en función del grado escolar y no de la edad, cabe anotar que la muestra estuvo integrada por sujetos desde los 4,1 hasta los 6,3 años de edad, lo cual indica que según estudios anteriores (Le Corre y Carey, 2007;

Wynn, 1990, 1992), este periodo de tiempo comprende tanto la edad en que la mayoría de niños inicia la adquisición de los principios de conteo, como también la edad en donde ya se han adquirido estos principios. Por tanto, para futuras investigaciones se sugiere reducir el rango de edad pero manteniendo el grado de instrucción, como también se sugiere reducir el lapso entre la aplicación de las tareas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alsina, A. y Sáiz, D. (2004). ¿Es posible entrenar la memoria de trabajo?: un programa para niños de 7 a 8 años. *Infancia y Aprendizaje, 27 (3), 275-287.*

Alsina, A. y Sáiz, D. (2004). El papel de la memoria de trabajo en el cálculo mental un cuarto de siglo después de Hitch. *Infancia y Aprendizaje, 27 (1), 15-25.*

Alsina, A. (2007). ¿Por qué algunos niños tienen dificultades para calcular? Una aproximación desde el estudio de la memoria humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 10* (3), 315-333.

Alsina, A., y Saiz, D. (2003). Un análisis comparativo del papel del búfer fonológico versus la agenda viso-espacial en el cálculo en niños de 7-8 años. *Psicothema, 15* (2), 241-246.

Baddeley, A. D. y Hitch, G. (1974). Working memory. En G. H. Bower (Ed.), The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory (Vol. 8, pp. 47-89). New York: Academic Press.

Baddeley, A. D. (1999). *Memoria Humana Teoría y Práctica*. Madrid: Mc. Graw Hill.

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? Trends in Cognitive Sciences, 4, (11), 417-423.

Booth, J. y Siegler, R. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development, 79,* (4), 1016-1031.

Briars, D., y Siegler, R. S. (1984). A featural analysis of preschoolers' counting knowledge, *Developmental Psychology, 20,* 607-618.

Bruce, B. y Threlfall, J. (2004). One, Two, Three and Counting. *Educational Studies in Mathematics, 55* (1), 3-26.

Bull, R., Espy, K. y Wiebe, S. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychology*, *33* (3), 205–228.

Bull, R., Johnston, R. y Roy, J. (1999). Exploring the Roles of the Visual-Spatial Sketch Pad and Central Executive in Children's Arithmetical Skills: view from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology, 15* (3), 421-442.

Camos, V., Barrouillet, P. y Fayol, M. (2001). Does the coordination of verbal and motor information explain the development of counting in children? *Experimental child psychology, 78*, 240-262.

Carey, S. (2004). Bootstrapping and the origin of concepts. *Daedalus*, 59–68.

Chamorro, M. (2005). *Didáctica de las matemáticas para la educación preescolar.* España: Pearson Educación.

Cordes, S. y Gelman, R. (2005). The Young Numerical Mind When Does It Count? *Handbook of Mathematical Cognition*. London: Psychology Press. 127-142.

Das-Smaal, E. A., De Jong, P. F. y Koopmans J. R. (1993). Working memory, attentional regulation and the star counting test. *Personality and individual differences, 14* (6), 815-824.

Dehaene, S. (1997). *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*. New York: Oxford University Press.

Dehaene, S. (2001). Precise of the number sense. *Mind and language, 16* (1), 16-36.

Dehaene, S., Bossini, S., Giraux, P., (1993).The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology General, 122* (3), 371-396.

Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets. M. M, Hamby, A., Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26,* 465–486.

Frydman, O. y Bryant P. (1988). Sharing and the understanding of number equivalence by young children. *Cognitive Development, 3,* 329-339.

Fuson, K. y Pergament, G. (1985). Collection terms and preschooler´s use of the cardinality rule. *Cognitive psychology, 17*, 315-323.

Fuson, K. (1988). *Children's counting and concepts of number.* New York: Springer-Verlag.

Gallistel, C. R. y Gelman R. (2005). Mathematical Cognition. En Holyoak, K. y Morrison, R. (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 559-584). New York: Cambridge University Press.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., y Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78, 1343–1359.

Gelman, R. (1978). Counting in the preschooler: What does and does not develop. En R. S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, N. J: Erlbaum, 8, 213-240.

Gelman, R. y Meck, E. (1983). Preschooler's counting: principles before skill, *Cognition*, 13, 343-360.

Gelman, R., Meck, E., and Merkin, S. (1986). Young children´s numerical competence. *Cognitive Development*, 1, 1-29.

Hecht, S. A. (2002). Counting on working memory in simple arithmetic when counting is used for problem solving. Memory y cognition, 30 (3) , 447-455.

Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., Volkmann, J. (1949). The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology, 62,* 498-525.

Le Corre, M., y Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition* 105 (2007) 395–438.

Le Corre, M., Brannon, E.M., Van de Walle, G., y Carey, S. (2006). Re-visiting the competence/performance debate in the acquisition of the counting principles. *Cognitive Psychology*, 52 (3), 130-169.

Logie, R. H., Gilhooly, K. J. y Wynn, V. (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory y Cognition*, *22* (4), 395-410.

Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., y Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences, 20,* 101-109.

Moreno, M. (1997), *Intervención psicoeducativa en las dificultades del desarrollo*. Barcelona: Ariel Educación.

Noël, M. P. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, 45, 1630–1643.

Orozco, M. y Otálora, Y. (2003) Los niños y las actividades matemáticas en preescolar. En B. Orozco (Comp.), *El niño: científico, lector y escritor, matemático* (pp, 175-209). Santiago de Cali: Artes gráficas del Valle Editores-impresores Ltda.

Orozco; M. y Otálora, Y. (2003) Las competencias matemáticas de los niños pequeños. En B. Orozco (Comp.), *El niño: científico, lector y escritor, matemático* (pp, 139-173). Santiago de Cali: Artes gráficas del Valle Editores-impresores Ltda.

Passolunghi, M. y Siegel, L. S. (2004), Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Experimental Child Psychology*, *88,* 348-367.

Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., y Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development, 22,*165-184.

Passolunghi, M., Mammarella, I., y Altoe, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grads. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 229−250.

Rasmussen, C., y Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Experimental Child Psychology 91, 137–157.*

Sarnecka, B.W. y Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition,* 108 (3), 662-674.

Siegel, L. y Ryan, E. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children*. Child Development, 60,* 973-980.

Sophian. C. (1998). A developmental perspective on children´s counting. En C., Donlan. (Ed.), *The development of mathematical skill* (pp. 27-41). UK: Psychology Press.

Syrett, K., Musolino, J., y Gelman, R. (2012), How can syntax support number word acquisition? *Language Learning and Development* 8, 146-176.

Toll, S. y Van Luit, J. (2013). The development of early numeracy ability in kindergartners with limited working memory skills. *Learning and Individual Differences, 25,* 45-54.

Torbeyns, J; Verschaffel, L; Ghesquiere, P. (2004). Strategy Development in Children with Mathematical Disabilities: Insights from the Choice/No-Choice Method and the Chronological-Age/Ability-Level–Match Design. *Learning disabilities, 37,* 119-131.

Vergnaud, G. (1977). Actividad y Conocimiento operatorio. Traducción en Coll, C. (1983), *Psicología Genética y Aprendizajes Escolares*. Madrid: Siglo XXI. (pp, 91-104).

Von Glasersfeld, E. (1982). Subziting: The role of figural patterns in the development of numerical concepts. *Archives de Psychologies*, *50*, 191-218.

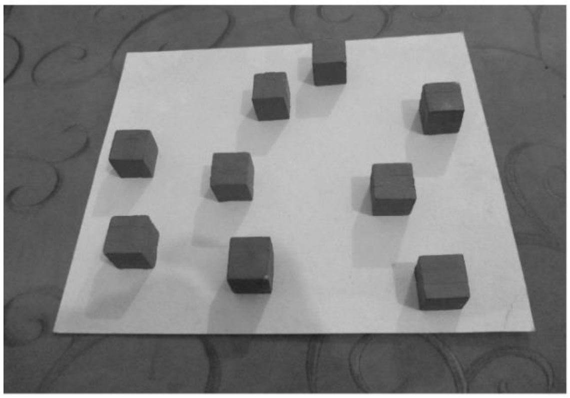
Von Glasersfeld, E., Steffe, L. P., Richards, J. y Thompson, P. (1983). An analysis of counting what is counted. En L.P. Steffe; E. Von Glasersfeld; J. Richards y P. Cobb (Eds.), *Children´s counting types: Philosophy, theory, and application*. New York: Praeger.

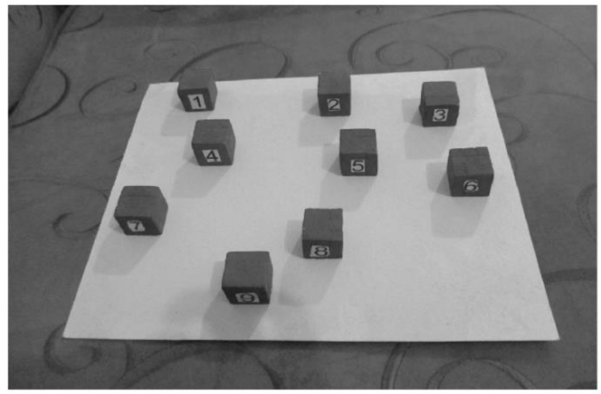
Wynn, K. (1990). Children’s understanding of counting, *Cognition*, 36, 155–193.

Wynn, K. (1992). Children’s acquisition of number words and the counting system, *Cognitive Psychology*, 24, 220–251.

ANEXOS

Corsi

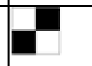
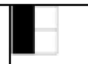
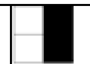
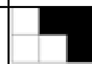
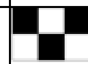
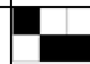
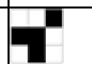
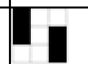
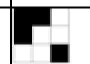
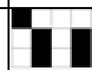
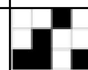
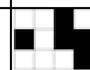
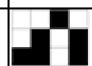
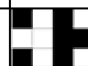
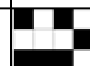
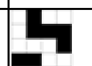
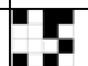
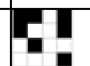
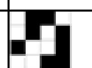
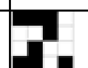
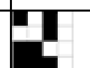




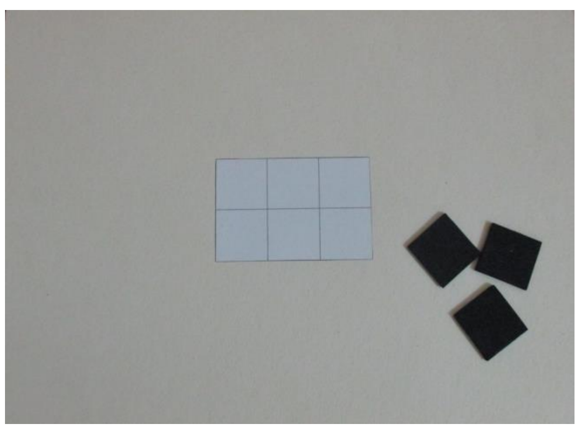
Ensayos por cada nivel del *Corsi forward*

Nivel	Ensayos		
1	17	63	28
2	532	694	491
3	6439	7286	8536
4	42731	75836	27168
5	619473	392487	574261
6	5917428	4179386	3826974
7	58192647	38295174	87519324

Ensayos por cada nivel del *Test de matrices*

Nivel	Ensayos		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Ejemplo de matriz en blanco del *Test de matrices*



Ensayos por nivel del *Digit backward*

Nivel	Ensayos		
1	24	57	42
2	629	415	685
3	3279	4968	2693
4	15286	61843	85264
5	539418	724856	642953
6	8129365	4739128	3751846
7	94376258	72819653	28396415

Ensayos por nivel en *Counting recall*

Nivel	Ensayos		
1	13	52	42
2	531	513	314
3	1351	4251	3142
4	31524	24153	52413
5	314251	251425	514241
6	1352413	3535142	2413525
7	35142415	42513524	41524153

Ensayo 1 del nivel 2 del *Counting recall*