



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Desarrollo de la capacidad numérico ordinal en  
la infancia temprana

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA  
P R E S E N T A:  
SOFÍA LÓPEZ DE NAVA TAPIA

DIRECTOR: DR. JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ  
REVISOR: DR. ÓSCAR ZAMORA ARÉVALO  
SINODALES: DR. GUSTAVO BACHÁ MÉNDEZ  
DR. ÓSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO  
LIC. JOSÉ LUIS REYES GONZÁLEZ

Facultad  
de Psicología

México, D.F.

SEPTIEMBRE 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

A mis padres  
Con todo cariño

## De recuerdos y agradecimientos...

A Dios por prestarme la vida hasta hoy, fortalecer mi fe y esperanza siempre... y por decirme aquí estoy cuando más lo he necesitado.

A mi papá Servando y mi mamá Alina por su amor, apoyo, comprensión, por cuidar de mí y porque sé que siempre podré contar con ustedes. Por sus enseñanzas sobre la vida y por la educación que me han brindado. Gracias por consentirme tanto, guiarme por el mejor camino para alcanzar mis metas y darme la mejor familia que podría tener. Los amo y este trabajo es una pequeña muestra de todo el agradecimiento que les tengo y que siempre les tendré.

A mi novio Diego Vanegas Ramírez, por comprenderme, integrarme a su linda familia y sobre todo por amarme. Gracias por ser mi compañero y amigo, mi pareja, mi confidente, mi nene osito. Por hacerme sonreír y reír por más gris que este el día y porque en vez de ir al cine o por un helado, preferiste estar a mi lado mientras realizaba la investigación. Eres el amor de mi vida, ¡Te amo!

A mi hermana Victoria Guadalupe y mi cuñado Alejandro, por su compañía, apoyo y cariño, porque están bien loquitos y por motivarme con dulcecitos y panquecitos... ahí les va un chiste: duermo en un cajón!!!

A mis ángeles de peluche, †Cirilo, Camila, Dakota y †Nicolás... por su gran corazón a pesar de su tamañito, por esos ojos tan hermosos que siempre hacen que las llene de besos y deje que hagan lo que quieran. Mis chiquillas bananas, las adoro.

A mis instituciones educativas, Jardín de Niños Citlaltepelt, Escuela Primaria Republica de Guinea, Escuela Secundaria Técnica N° 97, Escuela Nacional Preparatoria N° 5, a todas ellas por darme excelentes maestros que supieron guiarme hacia mi vocación. Muy en especial a la prepa 5 por regalarme a mi amigo Ernesto Cárdenas, una amistad que perdurará para toda la vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Psicología por acogerme gran parte de mi vida, por brindarme una educación de excelencia, con profesores destacados y por acercarme a la investigación haciéndola parte de mis conocimientos, para que hoy entregue un producto de ello como muestra de retribución y agradecimiento.

A mis amigos psicólogos Raúl Tapia, Guillermo Guinea, Betsabe García y Patricia De León porque sin ustedes no hubiera sido tan divertido y cultural el proceso. También a Irene Urbano y Hugo Resendiz por su calidez y gran ambiente que creamos en el laboratorio, hacemos un buen equipo aunque a veces se ponen en contra de todo y todos. Gracias por hacer crecer mi trabajo.

Al Dr. Gustavo Bachá Méndez, por su confianza y calidez como profesional y como persona, gracias por su conocimiento y por los comentarios que enriquecieron el trabajo dándome una visión diferente de él, que por cierto me agrado mucho.

Al Dr. Vladimir Orduña Trujillo, por las grandes aportaciones que hizo al trabajo, por su ayuda y paciencia ante mis errores y por enfrentarme a ellos y aunque me aterro la revisión, al final del día me demostró que no era tan malo, regalándome una sonrisa. Aprendí mucho, gracias.

Al Lic. José Luis Reyes González, por gran conocimiento y experiencia que apporto a la investigación, por las consultas improvisadas sobre desarrollo y lenguaje, por siempre permanecer alegre y con un gran sentido del humor que contagia a todos.

Al Dr. Julio Espinosa Rodríguez y al Dr. Óscar Zamora Arévalo, porque gracias a ustedes y al gran conocimiento que transmiten pude entender a la verdadera psicología, desistiendo de la idea de cambiarme de carrera. Por su gran apoyo a lo largo de toda la licenciatura, su paciencia para a veces entenderme, por brindarme una gran e invaluable amistad. Los aprecio, estimo y respeto mucho.

Dr. Óscar gracias por su ayuda en la revisión y análisis de datos del trabajo, por motivarme a hacer las cosas rápido y bien hechas. Y por todas aquellas pláticas muy amenas que tuvimos a lo largo de estos casi cinco años.

Dr. Julio gracias por dejarme formar parte del laboratorio, y por aprender un poquito de lo que es la docencia, y sobre todo enseñarme a hacer investigación en éste campo, que para mí es maravilloso. También agradezco su paciencia ante mis divagaciones en la escritura del trabajo y cotidianamente.

En fin podría aquí seguir escribiendo otras varias líneas sobre lo que todos han contribuido en mi vida personal y profesional, pero terminaría con un párrafo sin punto y sin comas, aunque creo que ya lo hice je je. No me queda más que agradecerles dejarme estar cerca de cada uno de ustedes aprendiendo cada día y dando lo mejor de mi misma... una vez más ¡Gracias por todo!

Y por supuesto agradezco a todos los niños y a sus mamás, abuelitas, tías, hermanas o cuidadoras que participaron en el estudio, porque sin su colaboración, esto no existiría.

Ericka Rosales, Estrella Rodríguez, Antony Hurtado, Yarim Bocanegra, Alexa Domínguez, Yareni Leyva, María García, Dilan Ávila, Héctor Hernández, Luna Vázquez, Ariaslyn Reyes, Alison Ramírez, Cristian Martínez, Maite Cornejo, Giovanni Rodríguez, Dulce Rodríguez, Axel Martínez, Armando Calderas, Sherlyn Martínez, Carlos Centeno, Alan Santillán, Christopher Uscanga, Salvador Nájera, Claudia Díaz, Adrian Martínez, Ingrid Ríos, Luis Salazar, Cristal Mena, Carlos Duarte, Fátima Blanco, Valeria Piña, Omar Ramírez, Miriam Vargas, David González, Emmanuel García, Naomi Ramos, Claudia Ortiz, Jesús García, Kevin Mejorada, Brian Vallejo, Edwin Kaiser, Leslie Gutiérrez, Luciano Vallejo, Mía Miramontes, Abigail Flores, Donovan Mentado, Fernando Sánchez, Itzel Hernández, Randy Solís, Juan Pablo Rodríguez, Fernanda Quezada, Vanessa Ríos, Armando Calderas, Estephania Santillán, Jennifer Vázquez, Luis Palacios, Azul Gómez, Andrea Salazar, Valentina Nájera, Paola Duarte, Joshua Vera, Rosario Rosales, Nataly Martínez, Josselyn Sánchez, Ian Sánchez, Benjamín Gutiérrez, Eder García, Yesenia Hernández, Diana Rosales, Perla Márquez, Adriana Gutiérrez, Jeovany Flores, Joaquín Lavielle, Miguel Hernández, Jesús Vázquez, Ximena Martínez, Ángel Lozada, Shalyn Pastrana, Ángel Vázquez, Christopher Solís, Ángel Miramontes, Dayana Martínez, Ángel Careaga, Diego Cornejo, Dulce Galindo, Stephany Duerto, Giovanna Reyes, Francisco Vaca, José Martínez, Ailany Rosas, Rodolfo Sánchez, Andrés Candelaria, Axel Pérez, Kevin Uscanga, Karla Mendoza, Ángel Gómez, Alejandra Díaz, Ángel Salazar, Jonathan Lorenzo, Naomi Robledo, Ricardo Navarrete, Georgina Miguel, Michael Pardave, Daniela Martínez, Said Galicia, Santiago Martínez, Oscar Vázquez, Andrés Olea, Camila Valencia, Josselin Vázquez, Laura Robledo, Arexi Pérez, Dilan Calixto, Kenia Solano, Rosario Miguel, Manuel Nambo, Oscar Sánchez, Fernanda Ayala, Amaidani Padrón, Ariadna Robledo, Omar Nicolás, Dulce Melo, Vanessa Vázquez, Jessica Martínez, Nancy Sánchez, Daniela Salgado, Ximena Pardave, Natanael Sánchez, Ezequiel Rojas, Derek Soria.

La gravedad explica el movimiento  
de los planetas pero no puede explicar  
quién pone a los planetas en movimiento,  
Dios gobierna sobre todas las cosas  
y sabe todo lo que pasa y puede pasar.

Issac Newton

Y una cosa es absolutamente segura,  
la vida jamás había  
sido tan dulce.

**Charlie and the chocolate factory**

**(2003)**

## Índice

Resumen .....	i
Introducción.....	8
Desarrollo del lenguaje en la infancia temprana .....	10
Desarrollo de las habilidades numéricas en la infancia temprana .....	13
Atención en la ejecución de una tarea .....	17
Evidencia empírica con animales no humanos .....	19
Evidencia empírica con humanos.....	23
Justificación del problema y objetivo .....	27
Método .....	29
Participantes .....	29
Material e Instrumentos .....	29
Escenario .....	30
Diseño Experimental .....	30
Procedimiento .....	30
Resultados .....	34
Discusión y conclusiones .....	45
En conclusión .....	50
Referencias .....	53
Apéndice A. Protocolo de aplicación de la Escala de Investigación del Desarrollo de Denver .....	58
Apéndice B. Muestra de estímulos de la tarea experimental.....	59

## Resumen

Una de las propiedades básicas involucradas en el desarrollo del pensamiento matemático es la capacidad de ordinalidad, ésta contribuye a la formación de la representación abstracta y simbólica de las numerosidades, la actividad de conteo y al aprendizaje de las habilidades aritméticas básicas. En el presente estudio se examinó el desarrollo de la ordinalidad en la infancia temprana en 120 niños divididos en tres grupos, asignados aleatoriamente a tres condiciones experimentales (control, con entrenamiento ascendente y con entrenamiento descendente). Las variables controladas fueron edad, dominio del lenguaje, desarrollo infantil y dos tipos de asociación en función del orden numérico. Con un diseño factorial de 3 x 3, el estudio se dividió en dos sesiones por participante con una duración, cada una, de 15 minutos aproximadamente; la tarea consistió en ordenar una secuencia de estímulos numéricos abstractos con un rango del 1 al 9. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las edades, la interacción de las fases entrenamiento y prueba, y la interacción entre las condiciones experimentales (ascendente y descendente) con las tres edades. La capacidad numérico ordinal es expresada entre diferentes especies, específicamente en los humanos su desarrollo y práctica se encuentra sustancialmente en evolución entre los tres y cinco años y existen factores culturales y cognitivos como el lenguaje y la categoría de número que intervienen en su trascendencia.

*Palabras clave: Capacidad ordinal, Conteo, Aprendizaje serial, Desarrollo, Infancia temprana, Categoría de número*

## Introducción

Desde las partículas que conforman un átomo hasta los comportamientos y razonamientos de mayor complejidad, el orden es una propiedad presente universalmente y ha sido estudiado de manera sistemática por las ciencias exactas (e.g. física, química, matemáticas). Numerosos procesos cognitivos nos han acompañado a lo largo de millones de años como producto de un desarrollo evolutivo. Se han encontrado vestigios fisiológicos y conductuales de funciones cognitivas superiores tales como memoria, aprendizaje, emoción, cognición, estimación temporal, pensamiento numérico y lenguaje, en organismos no humanos, a través de diferentes aproximaciones (Subiaul et al., 2006; Rosati et al., 2007), hallazgos que ayudan a conocer y aproximarse al estudio y entendimiento del comportamiento además de su relevancia adaptativa. Sí bien algunos investigadores afirman la improbabilidad de hallar huellas evolutivas de comportamientos de los procesos cognitivos básicos y superiores (Buller, 2009), la evidencia empírica muestra resultados concluyentes en los que se asume que los organismos aplican alguna capacidad o habilidad cognitiva en la solución de problemas (Lee, McGreevy & Barraclough, 2005; Nieder, 2005; Clayton & Rusell, 2008), tal es el caso de las investigaciones sobre la adquisición y desarrollo de las habilidades numéricas.

Los procesos básicos pueden estudiarse en diferentes especies mediante los cambios pertinentes tanto en la metodología como en el procedimiento. Una forma de interpretar sus resultados, es analizando la compatibilidad y evidencia de su presencia dentro de una escala filogenética, tipificando el proceso cognitivo con mayor o menor dominio general o específico, dependiendo de los requisitos del procedimiento de aproximación (Hauser, 2000; Carey, 2001; Rosati et al., 2007).

Retomando, el orden es una herramienta que ayuda a simplificar al mundo que nos rodea, dotando a los organismos de una estrategia reflejada en diversas situaciones que van desde el caminar, cocinar, hablar correctamente o bien tocar un instrumento. De igual manera, en los animales no humanos se observa dicha capacidad en muchas conductas como en las rutas migratorias, las danzas de cortejo y apareamiento, entre otras.

Dentro de una perspectiva conductual, todas las actividades que realiza cualquier organismo pueden ser consideradas como una gran secuencia encadenada de

conductas que llevan un orden hacia un objetivo o finalidad (Swartz, Chen & Terrace, 2000; Colombo & Frost, 2001; Terrace, Son & Brannon, 2003; Wasserman & Zentall, 2006). En este sentido, la capacidad ordinal funciona como promotora y moduladora de procesos cognitivos superiores entre los que se encuentran el razonamiento abstracto, las representaciones complejas, el cálculo matemático, la reproducción del habla y la toma de decisiones. Un ejemplo de su vinculación con los aspectos cognitivos, es el papel que juega en el desarrollo de las habilidades numéricas.

Desde la antigüedad, con el desarrollo del pensamiento matemático y su aplicación, el razonamiento e intelecto del hombre rápidamente fue utilizado como una forma de expresión e interpretación, explorando diversas áreas del conocimiento. Por otra parte, el estudio de las bases del desarrollo y conocimiento matemático es un área de la psicología aun reciente basada en diferentes aproximaciones para poder explorar el fenómeno, tanto de forma independiente como en interacción con otros procesos y entre diferentes especies. Una de las aproximaciones de mayor peso por su trascendencia explicativa y generalidad es la evolutiva y del desarrollo (ver Davis & Perusse 1988; Villarroel, 2009).

La capacidad ordinal, como se mencionó, se encuentra bajo un dominio general presentándose en diversas actividades entre las diferentes especies (e.g. organización social, jerarquización, lenguaje, cultura); al entrar en contacto con otro tipos de actividades como la adquisición, desarrollo y empleo de habilidades numéricas como los juicios relativos de discriminación numérica entre elementos y el propio conteo, da un giro total del dominio general al dominio específico, convirtiéndose en una herramienta fundamental promotora de eventos numéricos superiores.

El campo de estudio del desarrollo humano engloba diferentes áreas de conocimiento como el crecimiento físico, la fisiología estructural, la especialización de órganos, los aspectos conductuales y cognitivos que se manifiestan en las etapas del ciclo de vida, siendo las primeras etapas definitivas y dictaminadoras de las capacidades y habilidades que se poseerán. Desde el nacimiento y hasta la infancia temprana, se transita por cambios físicos, cognitivos, conductuales y sociales muy significativos que contribuyen al desarrollo íntegro de cada individuo.

Al entrar en una perspectiva de desarrollo cognitivo humano, se amplían las variables a controlar, pues existen diferentes factores que influyen en la manifestación

de la capacidad ordinal, tales como la edad, el lenguaje, la atención, la memoria, el contacto cultural y el mismo desarrollo motor y cognitivo.

La tradición del desarrollo psicológico ha estudiado con gran perseverancia y amplitud los procesos cognitivos que conforman a un engranaje que mueve y evoluciona al individuo desde el periodo prenatal hasta su muerte. En la infancia temprana, etapa comprendida entre los 3 y 6 años, los niños adquieren habilidades y desarrollan una variedad de capacidades que pueden dividirse en: físicas y motrices, cognitivas y lenguaje, culturales y personales (Papalia, Wendkos & Duskin, 2010).

Las habilidades físicas y motrices consisten en una amplia gama de características que involucran tanto al movimiento motor grueso (e.g. saltar en ambos y en un solo pie, dar saltos amplios, caminar, correr y patear una pelota entre otras) como al movimiento motor fino (e.g. coordinación ojo - mano, hacer trazos circulares, cuadrados, líneas y trazos complejos como la representación de la figura humana, formar figuras con bloques, doblar papel, etc.). Por otra parte, las habilidades de pensamiento, lenguaje, culturales y personales están interrelacionadas, ya que al interactuar entre sí favorecen o retrasan el desarrollo en una o varias áreas; un ejemplo de ello es el lenguaje.

### ***Desarrollo del lenguaje en la infancia temprana***

Los estudios sobre lenguaje y la estructura del pensamiento han sido fuente de amplio bagaje teórico y controversial (innato vs aprendido) ante su aparición. Las investigaciones que estudian la creación de categorías y conceptos y el desarrollo del lenguaje (Palkhivala, 2007; Tomasello, 2006; Leroy et al., 2011), señalan las posibles relaciones entre aspectos evolutivos y de desarrollo conforme a diferentes características genéticas y culturales de los organismos.

Hasta hace algunos años se consideraba que el lenguaje (recepción y articulación, refiriéndose a la percepción y reproducción) aparecía alrededor de los seis a nueve meses de vida (Carey & Bartlett, 1978; Chomsky, 1980), sin embargo, para otros autores el simple balbuceo es considerado hoy en día una respuesta fonológica (Palkhivala, 2007). En infantes de tres meses se ha comprobado que existe mayor actividad metabólica de glucosa en regiones frontales ante estímulos sonoros que involucran rasgos fonológicos (Chugani et al., 1987). De igual forma se estudiaron las vías

lingüísticas cerebrales en infantes de dos a 16 semanas de edad, donde se encontró una maduración asimétrica de las vías dorsales y de algunas estructuras temporales de cada uno de los participantes (Leroy et al., 2011); con estas conclusiones puede hablarse de una actividad lingüística desde los periodos post natales, con cambios de desarrollo estructurales y conductuales que evolucionan de forma rápida. Considerando lo anterior, en la infancia temprana los niños comienzan a tener una mayor y acelerada adquisición y reproducción de palabras, gracias a este proceso se forman nuevas representaciones mentales que son almacenadas según el significado y simbolismo que se les asigne.

Al inicio de la infancia temprana las habilidades lingüísticas han sufrido un enorme cambio, su habla es entendible en un 75% u 80% y está compuesta por oraciones que comprenden de tres a cinco palabras; los pequeños se identifican frecuentemente con su nombre, comienzan a añadir su primer apellido; entienden preposiciones (e.g. arriba, abajo, atrás, adelante); responden a cuestionamientos del qué, cuándo y dónde; identifican los colores primarios; repiten la narración de cuentos sencillos y de representación fotográfica. Algunas de las actividades lúdicas típicas de esa edad son la predilección de algún cuento, la constante repetición de sonidos de animales, de instrumentos musicales y de palabras desconocidas, además del aprendizaje de colores y de los números, surgiendo una de las primeras representaciones numéricas simbólicas, a través de la asociación de los primeros tres o cuatro números con los dedos la mano para poder expresar física y verbalmente las cardinalidades (e.g. su edad), aunque habrá que decir que la mayoría de las veces es variante y poco acertada la coordinación de ambas, debido a la novedad y acercamiento a los términos y conceptos numéricos. Existen también diferentes factores culturales que influyen en la formación y desarrollo del lenguaje, pero principalmente y como moderadoras de esta habilidad están las instituciones educativas. Por tal causa, muchos niños que ingresaron tempranamente a ellas se ven fortalecidos con la práctica desarrollando un mayor nivel de precisión del lenguaje.

Por otra parte, la mayoría de los niños de cuatro años de edad comienzan a tener contacto directo con las instituciones educativas y otras instancias culturales, lo que provoca cambios en las habilidades que poseían a los tres años, ya que ahora se identifican con su nombre completo (nombre (s) y apellidos), reconocen algunas letras y símbolos (semáforo, baño, comida, etc.), su habla es totalmente comprensible, cantan

canciones sencillas, construyen sus propias historias basadas en ilustraciones, siguen dos o tres instrucciones, nombran más de cuatro colores y tres formas, además de enlistar los números del 1 al 9 aunque no reconocen su simbología. Es preciso señalar las modificaciones y cambios existentes, ya que las actividades lúdicas (e.g. jugar a nombrar formas, colores y cantidades, repetir canciones o historias y platicar) y pedagógicas (e.g. inventar sus propias historias, jugar por turnos, leer con ellos libros con imágenes) harán que el desarrollo siga adelante y pueda alcanzarse un grado más de especificación y especialización del lenguaje en la infancia (Oesterreich, L., 2004).

Hacia la recta final de la infancia temprana, después de los cinco años, los cambios son menores según las habilidades adquiridas, pero mayores sobre su desarrollo, ya que los infantes escriben algunas letras tratando de formar palabras o escribir su nombre; el habla es correcta y tiene algunos toques de formalidad, se expresan de manera propia y tienen una mayor capacidad del procesamiento de palabras; surge el reconocimiento y asociación entre conjuntos de objetos y su etiqueta verbal o símbolo numérico y abstracto (Oesterreich, L., 2004).

Hasta ahora se ha asignado al lenguaje la función de herramienta cognitiva para cada individuo, ya que además de ser una forma de expresión es la forma más sencilla de comunicarnos con los demás. Sin embargo, muchas de las habilidades que dota el lenguaje mediante su desarrollo pueden ser observadas en otras especies, o bien fuera de los parámetros de edad estipulados para la verbalidad en los niños bajo preparaciones experimentales con restricciones de lenguaje también conocidas como tareas no verbales o no simbólicas (Wynn, 1992, 1996; Biro & Matsuzawa, 1998; Brannon, 2002; Tomasello, 2006). Es decir, no es necesario poseer el lenguaje para resolver la tarea en cuestión.

Por otra parte, la literatura acerca del estudio de las capacidades lingüísticas comúnmente margina al desarrollo de las habilidades numéricas como un proceso concomitante (Abbot-Smith, Lieven & Tomasello, 2000; Ballem & Plunkett, 2005; Tomasello, 2006). Igualmente, las investigaciones sobre desarrollo de las habilidades numéricas (Starkey and Cooper, 1980; Wynn, 1992, 1996; Mix, Huttenlocher & Levin, 2002a, 2002b; Brannon, 2001, 2002; Suanda et al., 2008), excluyen y dan por sentada la nulidad ante las posibles influencias que tiene el desarrollo del lenguaje. Por lo tanto para fines de este estudio el lenguaje fue una variable cuantificada por medio de una escala y restringida dentro de la tarea experimental.

### ***Desarrollo de las habilidades numéricas en la infancia temprana***

La importancia del estudio del desarrollo de las habilidades numéricas, trasciende a numerosos aspectos de la vida cotidiana, pero en mayor proporción en el área del conocimiento matemático. Es de gran importancia social el estudio del aprendizaje y pedagogía con la que se estimulan los primeros conocimientos, hasta características del desarrollo cognitivo para obtener herramientas metodológicas y de integración que fortalezcan su enseñanza.

En las últimas décadas algunas áreas de la psicología experimental y cognitiva se han dedicado al estudio de las habilidades numéricas en organismos humanos y no humanos. Las habilidades numéricas son un conjunto de herramientas cognitivas que poseen diversos organismos, desde un pez betta, un león, hasta un primate y sirven para poder adaptarse y sobrevivir en cada uno de sus hábitats (Brannon, 2006; Wasserman & Zentall, 2006; Gallistel, 2001; Hauser, 2000; Matsuzawa, 1998; McComb et al., 1994; Boysen, 1990).

En el caso de los humanos, por muchos años se creyó que las habilidades numéricas emergían sólo después de muchos años de vida escolar. A partir de las observaciones sobre la cognición de los niños realizada por Piaget (1952), se propusieron básicamente cuatro etapas agrupadas por edad (etapa sensorio-motriz que va desde el nacimiento hasta los dos años, etapa preoperatoria comprendida de los dos a los seis años, etapa de las operaciones concretas de los 6 a los 12 años y etapa de las operaciones formales que va de los 12 años a la edad adulta) que describen las diferentes habilidades y capacidades cognitivas; dentro de las cuales se sugiere que la aparición de las habilidades numéricas ocurre alrededor de los cinco años. Tiempo después, se propuso que dichas habilidades numéricas tenían precedentes en tempranas edades (a partir de los nueve meses de edad), además de contar con diversas habilidades de mayor simplicidad a las habilidades numéricas. Tal es el caso de los juicios relativos de numerosidad, discriminación entre conjuntos, discriminación entre características atributivas de los elementos, la representación de la unidad, la ordinalidad y la cardinalidad por mencionar algunas (Fantz & Fagan, 1975; Starkey & Cooper, 1980; Wynn, 1992, 1996; Brannon, 2002; Mix, 1999; Mix, Huttenlocher & Levine, 2002b, Towse & Saxton, 1997).

Wynn (1992) planteó una situación experimental novedosa con niños de cinco meses de edad, con el objetivo de conocer si éstos poseían la capacidad de discriminar entre una serie de eventos las operaciones básicas de suma y resta. El resultado general consistió en un mayor tiempo de atención focalizada (tiempo que observaban los infantes al escenario donde aparecían y desaparecían marionetas) ante la adición o sustracción de algún elemento, en comparación a cuando el escenario no cambiaba o se presentaba vacío. A partir de éste resultado, el área de estudio sobre el desarrollo numérico comenzó a preguntarse sobre los orígenes de las formas más básicas de manifestación numérica.

La forma más simple de la cognición numérica es la representación mental de cantidad. Se han propuesto dos tipos de representaciones sobre cantidades (Mix, Levine & Huttenlocher, 2002a), las continuas (unidades no contables como el agua, los granos de azúcar o el área de una superficie) y las discretas (unidades contables como las cabezas de ganado, las flores o los lados de un cuadrado). A grosso modo, las representaciones básicas sobre cantidades permiten al organismo identificar y discriminar entre un elemento o un conjunto.

La evidencia empírica tanto de animales no humanos como de infantes humanos, apoya la presencia de juicios relativos de numerosidad (discriminación entre conjuntos), lo cual indica continuidad y similitud del proceso entre las especies, que quizá con la intervención del desarrollo del lenguaje diverja en mayor proporción el desarrollo y aplicación de la discriminación entre elementos y/o conjuntos.

La representación sobre la cantidad y el conocimiento de las características de los elementos de un conjunto forma parte del desarrollo de lo que se denomina concepto y categoría de número; ambas instancias poseen propiedades fundamentales para la adquisición y el desarrollo de las habilidades numéricas y posteriormente matemáticas (Mix, Huttenlocher & Levine, 2002a; Rips et al., 2008). En este sentido la formación y el funcionamiento del concepto de número se ha explorado en diferentes especies, obteniendo hallazgos de relevancia ontológica que afirman la presencia del concepto de número en una amplia rama filogenética (Carey, 2001). El concepto de número es definido como la unidad cognitiva de significado numérico, tiene aspectos de abstracción y representación mental y tiene además la función de formar conocimiento. En cuanto a la presencia del concepto de número en la especie humana, existe evidencia y la argumentación teórica, y en menor proporción empírica, sobre su formación y

desarrollo (Spelke, 2000; Condry & Spelke, 2008; Rips et al., 2008). Hasta ahora se ha inferido que con la adquisición del lenguaje se desencadena la formación de conceptos e implícitamente el concepto numérico, sin embargo, es preciso señalar la diferencia entre concepto y categoría de número, ya que suelen ser confundidas en cuanto a definición y funcionamiento. La categoría de número es una propiedad cognitiva que ayuda al organismo a simplificar las características de los conjuntos unificándola (Hauser, 2000). En este caso el número, como toda categoría posee las características de estructura y de transicionalidad, en otras palabras, contiene una organización taxonómica de las representaciones de los objetos, posee una flexibilidad inmensa de identificación e igualación e implícitamente se encuentra el concepto numérico. Por ejemplo, se presume que un organismo cuenta con la categoría de número cuando puede reconocer la numerosidad “cuatro” entre cuatro círculos, cuatro árboles, cuatro plumas, cuatro raciones de alimento, cuatro gotas de jugo e inclusive dentro de su propia conducta como en la emisión de cuatro respuestas a un operando en una condición experimental (Rips et al., 2008).

En el área de investigación sobre el desarrollo de habilidades numéricas, existe un fenómeno denominado conteo, entendido como, la asignación de símbolos y/o etiquetas verbales a entidades de un conjunto (Brannon & Roitman, 2003). La conducta de conteo es el fenómeno más estudiado dentro del área y se ha abordado mediante experimentos que utilizan animales no humanos y con humanos infantes, niños-adolescentes y adultos como sujetos y participantes. Los resultados en general aportan evidencia empírica sobre los precursores, adquisición y desarrollo de la habilidad y la relación entre ellos.

En la infancia temprana la actividad de conteo se manifiesta alrededor de los cuatro años (Spelke, 2000; Piaget, 1952), sin embargo su proceso de adquisición inicia poco antes de los tres años, con la discriminación entre cualidades de los objetos y entre cantidades continuas y discretas, el reconocimiento de conjuntos, la formación y aplicación de concepto y categoría de número, la representación mental de cantidades y el agrupamiento de elementos en un orden; así es como el proceso de adquisición de la actividad de conteo se va afinando hasta culminar en dicha habilidad según el criterio propuesto en el modelo de Gelman & Gallistel (1978).

Una particularidad, tema de conflicto y debate en el área, es la influencia del lenguaje en la adquisición de habilidades numéricas en humanos, ya que la conducta de

conteo es una habilidad que va más allá de simplemente recitar una serie de números. Por esta circunstancia algunos autores han propuesto distintos modelos no verbales, los cuales restringen la influencia del lenguaje, tales como el modelo constructivista del desarrollo cognitivo (Piaget, 1952), el Modelo de Subitizing (Trick & Pylyshyn, 1993), el Modelo del Acumulador (Meck & Church, 1983), el Modelo Conexionista de Estimación Temporal (Church & Broadbent, 1990), el modelo de red neuronal (Dehaene & Changeux, 1993), el Modelo de Representación de Objetos Contables (Simon, 1997) y el Modelo de Hipótesis Arbitraria de Numerosidad (Gelman & Gallistel, 1978), el cual, por ser de importancia para la presente investigación se describirá a continuación.

El Modelo de Hipótesis Arbitraria de Numerosidad propuesto por Gelman & Gallistel (1978); se compone de cinco principios. Dentro de éstos cabe señalar la dependencia y correlación que existe entre ellos, en otras palabras, cada principio debe presentarse secuencial y acumulativamente para que la actividad objetivo, en este caso el conteo pueda darse; y son:

- a) *Correspondencia uno a uno*: indica que en la actividad de conteo debe ser mapeado una y sólo una de las numerosidades.
- b) *Ordinalidad*: requiere que para cada numerosidad se aplique un orden consistente.
- c) *Cardinalidad*: indica que la última numerosidad asignada a un elemento del conjunto representará y nombrará al mismo.
- d) *Abstracción*: indica que la actividad de conteo es generalizable con cualquier objeto o símbolo.
- e) *Irrelevancia de orden*: indica la flexibilidad cognitiva para poder contar elementos de diversas índoles en cualquier orden.

Con base en el modelo anterior se han explorado en conjunto las capacidades de conteo en la infancia y niñez temprana, sin embargo, se ha restado importancia al principio de ordinalidad, concentrándose única y específicamente en el desarrollo de la cardinalidad.

En los siguientes apartados se describirán algunos estudios con animales y humanos, que muestran contribuciones importantes en el estudio de la ordinalidad y su relación con la adquisición del proceso de conteo.

### ***Atención en la ejecución de una tarea***

Una forma de aproximarse al estudio sobre el desarrollo de las habilidades numéricas, específicamente de la capacidad ordinal, ha sido mediante el empleo de procedimientos experimentales relacionados con las técnicas y principios del aprendizaje serial. Este paradigma ha permitido abordar de forma pertinente el fenómeno, ya que se trabaja bajo los supuestos básicos del condicionamiento operante, ayudando a controlar y evitar algunos de los sesgos de atención, memoria, habituación y asociación (Swartz, Chen & Terrace, 2000; Brannon & Terrace, 2000; Colombo & Frost, 2001; Brannon, Cantlon & Terrace, 2006). Los estudios con animales no humanos en el área de aprendizaje se caracterizan por tener más de una sesión con un gran número de ensayos y un factor motivacional intrínseco al sujeto (e.g. privación de alimento o bebida) que permite moldear y mantener por un periodo mayor de tiempo a la conducta. Por el contrario en el caso de la especie humana, se tiene la restricción del número de sesiones, ensayos y el reforzador o recompensa; presentándose como problemática el agotamiento, la falta de interés hacia la tarea, decaimiento de los niveles de atención focalizada y de otros factores motivacionales y de aprendizaje.

En las investigaciones con niños hay una serie de problemas que no se comparten con los estudios con animales no humanos, como es el desarrollo y los niveles de maduración (e.g. estudios transversales y longitudinales), factores de la tarea experimental, que sea factible y viable, concreta y breve para evitar que la atención y sentido de la misma se pierda. Una herramienta para solucionar dicho problema es la planificación de un procedimiento experimental atractivo, dinámico y en un corto periodo de tiempo, ya que la literatura menciona que la atención focalizada en la niñez se ubica entre los 10 y 15 minutos, además de que hay una mayor rapidez en el procesamiento de estímulos cuando el entorno es dinámico (Kail, 1991).

Buscando mantener el interés y los niveles de atención óptimos en los participantes, en el presente trabajo se desarrolló una tarea asociada a un programa de reforzamiento de segundo orden. Los programas de reforzamiento primario están basados en la triple contingencia, es decir, estímulo, respuesta y reforzador o consecuencia (E --R-- S<sup>+/-</sup>), por otra parte los programas de reforzamiento secundario o de segundo orden, son de mayor complejidad, toman como base el mecanismo básico de la triple contingencia, sin embargo su objetivo es encadenar serialmente la conducta, conduciéndola hacia una consecuencia específica y delimitada. Es definido bajo el paradigma que se divide en dos

partes, en la primera consiste en el entrenamiento donde un tipo dado de asociación con un reforzador primario, se usa para la adquisición algunos estímulos arbitrarios con propiedades de reforzadores condicionados; la segunda parte consiste en una prueba sobre la presencia de respuesta ante la ausencia del reforzador condicionado y el reforzador secundario, proceso al denominado extinción (Honig & Staddon, 1975, p.386). Un procedimiento experimental que emplea un programa de reforzamiento de segundo orden o de reforzadores condicionados, se compone generalmente de dos fases: el establecimiento del reforzador condicionado y la fase de extinción que se lleva a cabo con la finalidad de conocer los efectos del aprendizaje. Aplicado lo anterior al presente estudio, los reforzadores primarios por sus características, se intercambiaron por una retroalimentación sonora y visual de una zanahoria conforme a la didáctica de la tarea, igualmente sucedió con los reforzadores secundarios los cuales se representaron por una retroalimentación sonora y visual de un conejo, posteriormente el establecimiento del reforzador condicionado y la fase de extinción correspondieron a la fase(s) de entrenamiento y la fase de prueba respectivamente.

En numerosos trabajos con especies no humanas, el programa de reforzamiento de segundo orden ha sido empleado como un procedimiento de moldeamiento de conducta ante la complejidad de la(s) operante(s), así mismo se ha utilizado para los estudios en los que se requiere un encadenamiento de respuestas y también en el aprendizaje de secuencias (Preston & Fantino, 1991; Swartz, Chen & Terrace, 2000; Colombo & Frost, 2001; Soto, McDowell & Dallery, 2005). Los resultados que muestran las investigaciones se analizan en términos de la curva de aprendizaje, en lo relacionado a las fases de entrenamiento y posteriormente al proceso de extinción, observándose comúnmente un efecto de generalización.

Por otra parte, en el caso de la especie humana, los estudios con el procedimiento de reforzador condicionado han sido cada vez menos y sólo se ha trasladado a los escenarios clínicos y psiquiátricos; en la década de los 60's fue ampliamente utilizado para mediciones de comportamiento en escenarios naturales (Fort, 1961). Los estudios refieren un patrón de comportamiento similar entre las especies, es decir, humanos niños y adultos muestran que la adquisición de la respuesta está en función de la asociación entre los estímulos. Una de las diferencias y limitantes, como ya fue discutido, son el número de ensayos y los factores motivacionales del reforzamiento. Exceptuando lo anterior, muestran curvas pertenecientes al proceso de aprendizaje en ambas fases

(adquisición y extinción), igualmente en la fase de extinción los participantes muestran la formulación y derivación de una regla generalizable al reforzador secundario que hace que la relación sea mayor.

También se habla de los efectos de encadenamiento que llevan a los participantes a la concentración en la tarea, la novedad de los estímulos y el poco riesgo de tener respuestas azarosas (Brannon & Terrace 1998, 2000; Colombo & Frost, 2001; Soto, McDowell & Dallery, 2005).

### ***Evidencia empírica en animales no humanos***

El principio de ordinalidad se ha explorado en animales como macacos Rhesus y chimpancés, de forma reducida pero más directa en comparación con los trabajos con los humanos (Newman & Berger, 1984; Biro & Matsuzawa, 1998; Orlov, Yakovlev, Hochstein & Zohary, 2000; Orlov, Amit, Yakovlev, Zohary & Hochstein, 2006; Brannon y Terrace, 1998, 2000; Brannon, Cantlon & Terrace, 2006). El objetivo general en estas investigaciones fue conocer si la capacidad ordinal era manifiesta en los organismos.

Con procedimientos tomados del aprendizaje serial, Biro & Matsuzawa (1998) exploraron la capacidad numérica ordinal bajo el modelo de planeación y ejecución, con la finalidad de conocer si la representación mental numérica era consistente con la ordinalidad y cardinalidad involucradas en la actividad de conteo. La preparación experimental consistió de dos condiciones: en la primera un chimpancé (*Pan troglodytes*) fue colocado frente a una pantalla sensible al tacto donde apareció una serie de tres dígitos con un rango del 0 al 9 (de la numeración arábiga, ya que el sujeto había sido entrenado en el manejo del lenguaje) para producir la secuencia correctamente de forma ascendente. Al tocar el dígito menor en la pantalla éste desaparecía mientras los demás dígitos permanecían en el mismo lugar. En la segunda condición el procedimiento fue el mismo, la variante consistió en que en el momento de ordenar la secuencia correctamente de forma progresiva, al tocar el dígito menor los otros dígitos cambiaban de lugar; descartando así la preferencia de respuesta a un solo lugar o el aprendizaje de una secuencia motora. Los resultados obtenidos mostraron un margen de error del 20% para los ensayos de la primera condición, mientras que para la segunda condición el nivel de ejecución alcanzó sólo el 45% de respuestas correctas. No obstante lo anterior, en el análisis de los tiempos de reacción no existieron diferencias

significativas entre una y otra fase cuando las respuestas fueron correctas. De esta manera, se concluyó que el sujeto en condiciones previas a la experimental fue capaz de ordenar de forma ascendente los números del 0 al 9; sin embargo al presentarse dígitos no consecutivos la exactitud en la ejecución disminuyó significativamente. Además de proponer un análisis basado en el modelo de planeación y ejecución (en él se señalan las funciones básicas del procesamiento de información y planeación de conducta), de tal forma que se explica que en la primera condición el sujeto memoriza y planea los lugares donde se le refuerza. Por otra parte, en la segunda condición al ser variable el lugar de aparición de los dígitos el sujeto no puede planear hacia donde dirigirá su movimiento, descartando la memorización del sitio, por esta razón el desempeño se ve empobrecido.

Posteriormente, Orlov, Yakovlev, Hochstein & Zohary (2000) pusieron a prueba nuevamente la capacidad ordinal eliminando la simbología y características numéricas de los estímulos, reduciéndolos a grupos de imágenes atractivas por su color pero de una semántica abstracta. Se elaboró una serie de secuencias arbitrarias dividiendo los ensayos en estímulos básicos, desconocidos, aleatorizados y desconocidos - aleatorizados, que eran mostradas a los sujetos (Macacos Rhesus, *Macaca Mulatta*) en una pantalla sensible al tacto. Cada una de las imágenes contenía tres estímulos que aparecían de forma secuencial durante 500 ms, al finalizar aparecían en la pantalla los tres estímulos mostrados previamente más un distractor; la tarea consistió en oprimir los estímulos en el mismo orden de aparición ignorando al distractor. Las variables controladas fueron la semántica de cada estímulo, el grupo de estímulos y el cambio constante de posición en la pantalla. Se observó que los sujetos formaron categorías de los estímulos para resolver la tarea, ya que al presentarse todos los estímulos (la secuencia y el distractor) de forma totalmente homogénea o heterogénea los niveles de aciertos fueron igual al nivel del azar. La conclusión principal del estudio fue que los sujetos muestran una sensibilidad ante el orden de aparición de los estímulos al poder clasificarlos construyendo categorías.

A la par de los dos estudios antes mencionados, Brannon & Terrace (1998, 2000) investigaron la habilidad de monos Rhesus para discriminar numerosidades en un rango del 1 al 9, además de su representación ordinal. Los tres sujetos (Macacos Rhesus, *Macaca Mulatta*), de manera previa al entrenamiento, se expusieron al aprendizaje de la formación de una secuencia de cuatro imágenes fotográficas que aparecían en cierto

orden (que iba de los objetos más conocidos a los de menor conocimiento) en una pantalla sensible al tacto. El estudio consistió de dos experimentos de tres fases, pre-entrenamiento, entrenamiento monótono o no monótono y transferencia o prueba. En el entrenamiento del experimento 1, a dos de los sujetos se les enseñó a responder en un orden ascendente y descendente (monótono), a un conjunto de valores numéricos pequeños (ascendente: 1-2-3-4; descendente: 4-3-2-1), mientras que el otro sujeto fue entrenado con una secuencia no monótona con el mismo rango de valores (3-1-4-2). Después de seis sesiones, los monos fueron puestos a prueba en la habilidad para ordenar conjuntos de tres estímulos que contenían ejemplares novedosos extendiendo el rango de numerosidad del 1 al 9. Los resultados en general mostraron que existe un sesgo natural por ordenar las numerosidades de forma ascendente, como fue el caso de la ejecución del sujeto al que se entrenó con una secuencia no monótona, además de reportar la adquisición de una regla de orden en el caso del sujeto entrenado ascendentemente. Por el contrario, la ejecución del sujeto entrenado descendientemente no superó el nivel de azar. El experimento 2 se realizó con la finalidad de hacer claro cómo fue que los sujetos adquirieron una regla ordinal ascendente o descendente. En el pre-entrenamiento se realizó la misma tarea que en el experimento 1, formación de una secuencia en una pantalla sensible al tacto, el entrenamiento para dos de los sujetos fue ascendente y para el restante fue descendente; en la prueba sólo se presentaron un par de estímulos con un rango de numerosidad del 1 al 9. Se tuvo un riguroso control de estímulos, los cuales se agruparon como familiares a los que contenían las numerosidades del 1 al 4, novedosos a los que abarcaban del 5 al 9 y familiares-novedosos a todo el rango del 1 al 9. Así mismo se controló área, superficie, color y contenido, además de la aleatorización del lugar de aparición en la pantalla. En ambos experimentos el desempeño de los monos entrenados en un sentido ascendente (y no monótono) superó el nivel de azar, sugiriendo la derivación y aprendizaje de una regla de orden numérico; mientras que la ejecución del mono entrenado en un sentido descendente, se ubicó por debajo al nivel del azar, planteando la dificultad ante la derivación y aprendizaje de la regla de ordenamiento descendente para su aplicación.

En 2006, Brannon, Cantlon & Terrace en busca de respuesta a dicha dificultad abordaron el problema a través de un procedimiento de entrenamiento con mayor espectro numérico (posición de la numerosidad en la recta numérica), utilizando los valores centrales conforme a su posición en relación con el rango establecido del 1 al 9.

En este caso, se emplearon tres monos Rhesus entrenados a responder ascendente o descendente a una secuencia de valores numéricos (4-5-6; 6-5-4) para después poner a prueba la habilidad ordinal con pares de numerosidades con un rango del 1 al 9. Los resultados obtenidos mostraron que el desempeño de los sujetos fue superior a los estudios de Brannon & Terrace (1998; 2000), sin embargo, para el sujeto en la condición descendente los datos mostraron ejecuciones al nivel del azar. Se concluyó que la ordinalidad está presente bajo condiciones específicas de un procedimiento de adquisición en particular.

En la mayoría de los resultados mencionados, en las fases de prueba se presentan consistentemente los efectos de primacía y recencia (Biro & Matsuzawa, 1998; Orlov et al., 2000; Brannon & Terrace, 2000 exp.1), lo que indica un gran índice de aciertos en el primer y último estímulos de las secuencias, resultado que genera una frecuencia alta de rendimiento correcto. Por otro lado, al probar la relación ordinal ascendente o descendente en dos estímulos (reduciendo la secuencia) puede demostrarse claramente la capacidad de ordenar de forma correcta una secuencia, generalizándola a cualquier número de elementos utilizados en el estudio (Brannon & Terrace, 2000, experimento 2). Sin embargo, reducir el margen de los estímulos puede cambiar radicalmente la tarea de orden fijo y específico a un orden entre comparaciones que involucran una estimación numérica. Al no tener una cardinalidad exacta, no se presenta la búsqueda de la (s) unidad (es) de forma ordenada en un sentido prospectivo o retrospectivo, convirtiéndose en una discriminación de conjuntos (e.g. pocos ítems contra muchos ítems), descartando de esta manera la presencia de la capacidad ordinal en actividades como el conteo (ver Davis & Perusse 1988).

Los resultados en general muestran que algunos organismos (principalmente mamíferos) pueden hacer discriminaciones y elegir entre uno y dos elementos o un conjunto de ellos, siendo sensibles a las contingencias del ambiente (Hauser, 2000). Respecto al estudio de la capacidad ordinal un procedimiento de aproximación común ha sido el aprendizaje de secuencias que ayuda a tener un mayor control sobre la interpretación de sus resultados, sin embargo existen características específicas de las especies que impiden una comparación y generalización de la capacidad. La problemática de mayor peso es preguntarse si la representación de número para un mono, un niño o un adulto humano, son semejantes: la respuesta es no. El lenguaje (en sus modalidades de representación, simbólica, semántica, comprensión y reproducción)

es la gran brecha por la que la especie humana verbal difiere del resto de las especies para ser medida dentro de los mismos parámetros; su problemática reside en la dificultad para controlar o restringir la verbalidad y simbolismos en una tarea.

### ***Evidencia empírica en humanos***

Dentro del campo empírico, la investigación realizada con humanos (principalmente con bebés menores a los 12 meses de edad) ha tenido como objetivo general analizar los orígenes de la capacidad ordinal; los resultados en general dan evidencia de que desde los primeros meses de vida la ordinalidad está presente (Brannon & Van de Walle 2001; Brannon, 2002; Suanda, Tompson & Brannon, 2008). La problemática central de algunas investigaciones que a continuación se describen, está en función de la variable dependiente empleada, ya que pueden presentarse diversos tipos de interpretaciones y explicaciones desde las ambientales, atributivas, intrínsecas, entre otras. Por lo anterior, la importancia del estudio científico de la ordinalidad como un componente del conteo (entendido por la asignación de símbolos o etiquetas a entidades discretas de un conjunto (Brannon, 2002)), recae en la trascendencia de éste en el desarrollo del entendimiento matemático, ya que ese considera como precursor de actividades como las relaciones numéricas, las operaciones aritméticas básicas, la flexibilidad y reversibilidad del pensamiento matemático y la conservación de las propiedades numéricas.

En 2001 Brannon & Van de Walle, exploraron el conocimiento ordinal dentro de los parámetros de discriminación numérica. Los participantes fueron niños que formaron dos grupos, uno de dos y otro de tres años de edad. En el experimento 1 participaron niños de dos años en una tarea de orden constituida por las fases de muestra (un ensayo), entrenamiento (cinco a 10 ensayos) y generalización (cinco ensayos). La tarea consistió en elegir el mayor de dos conjuntos abstractos presentados simultáneamente intercambiando la posición de los conjuntos mayores, con un rango del 1 al 5, y controlando el tamaño de los estímulos (estampitas). Los resultados mostraron que los niños de dos años son capaces de discriminar de forma ordinal sin importar el orden de aparición (si el mayor o menor aparecía de izquierda a derecha o viceversa) ante el reconocimiento de los conjuntos señalándolos de mayor a menor. Ante los resultados del experimento 1, donde se demostró la sensibilidad ordinal de los

estímulos numéricos en los niños de dos años, se realizó un segundo experimento en el que se manipularon las áreas de superficie de los sitios de presentación. Con el objetivo de conocer las diferencias entre las edades y el desarrollo, en el experimento 2 participaron niños de tres años, el procedimiento y la tarea experimental fueron iguales al experimento 1 con la única diferencia de que los estímulos empleados fueron cajitas de diferentes tamaños, manipulando la acumulación de las áreas de superficie de las cajas. Los resultados apoyan que el conocimiento de las relaciones ordinales entre estímulos es mejor cuando los estímulos representan únicamente numerosidades sin modificarse otras características físicas de los mismos.

Brannon (2002) estudió la ordinalidad en infantes de nueve y 11 meses de edad (N= 32), mediante un procedimiento de habituación y prueba. En el primer experimento en la fase de habituación, se mostró a cada bebé una serie de estímulos monocromáticos representando varias numerosidades de forma no simbólica, apareciendo en la pantalla tres estímulos de forma simultánea, mientras que en la fase de prueba sólo se presentó un par de estímulos secuencialmente con numerosidades familiares y novedosas. Los resultados obtenidos mostraron un cambio significativo en el tiempo de observación entre ambas formas de presentación, aunque los periodos atencionales decaían rápidamente. Por esta razón se realizó un segundo experimento donde se tuvo el mismo procedimiento con la excepción del cambio de los estímulos monocromáticos por multicolores, para tener una mayor saliencia y un efecto de mayor atención en los bebés. Los resultados confirmaron la presencia de un sentido ordinal, inferido del aumento en el tiempo de observación de los infantes a cada estímulo ordinalmente (e.g. observar un primer estímulo y en el siguiente) en la fase de prueba. Por último el tercer experimento se llevó a cabo únicamente con bebés de nueve meses de edad, encontrando que pueden llegar a detectar las relaciones ordinales y su reversibilidad aunque sin la misma exactitud (en función a los tiempos de visualización) que los bebés de 11 meses. El hallazgo más relevante es que la afinación de la capacidad ordinal ocurre entre los nueve y 11 meses.

Recientemente se llevó al escenario experimental la capacidad ordinal (Suanda, Tompson & Brannon, 2008) replicaron el estudio de Brannon (2002) tomando como punto de partida la evidencia que arrojó demostrar que infantes de 11 meses de edad son sensibles a las relaciones ordinales, mientras que los infantes de nueve meses muestran sólo algún indicio de esta capacidad. A lo largo de cinco experimentos, con el

objetivo de conocer a fondo el despertar de la sensibilidad ordinal entre los nueve y 11 meses de edad, bajo la tarea de reconocer las relaciones ordinales basadas en el tiempo de atención focalizada, dependiendo de las características atributivas de los estímulos, tales como aglomeración, estilo de los iconos y color (mono y multicromático). Los resultados, en general, apoyan la sensibilidad que tienen los infantes de 11 meses para detectar relaciones ordinales entre diferentes estímulos basados en número, tamaño y área, mientras que los infantes de nueve meses tienden a la confusión.

López De Nava & Espinosa (2010) de manera exploratoria retomaron el estudio realizado por Brannon & Terrace (2000) con la finalidad de conocer el impacto de la tarea de formación de secuencias en conjunto con la capacidad ordinal en niños preescolares. Participaron 30 niños con un rango de edad de entre tres y seis años. El estudio consistió de tres fases experimentales, pre-entrenamiento, entrenamiento y prueba. El pre-entrenamiento fue una tarea de igualación a la muestra utilizando conjuntos de estímulos que representaban numerosidades del 1 al 4; posteriormente, en el entrenamiento se programaron dos condiciones experimentales, ordenamiento ascendente y ordenamiento descendente, el participante tenía que ordenar diferentes secuencias numéricas, del 1 al 4, según la condición asignada. Finalmente, en la fase de prueba el participante debía ordenar según la condición de entrenamiento, un par de estímulos presentados en la pantalla; en este caso se amplió el rango numérico del 1 al 9. Los resultados mostraron una ejecución ligeramente por arriba del nivel del azar para la condición de ordenamiento ascendente, mientras que el otro grupo experimental expuesto al ordenamiento descendente no alcanzó el nivel del azar. Por otra parte se controlaron los aspectos cualitativos de cada uno de los estímulos (área de superficie igual, tamaño igual y aleatorio y semántica) para su análisis, obteniendo un índice de menor confusión y mayor número de respuestas correctas ante los ensayos que contenían estímulos con características de tamaño igual, seguidos por los que mostraban una característica semántica (e.g. caballos, pelotas, dulces, etc.). La conclusión más importante es que existe una dificultad en los participantes para ordenar un conjunto de elementos en constante cambio (diferencia entre estímulos), al no contar con las mismas características físicas y de contenido ni la permanencia en el mismo lugar de aparición a lo largo de los ensayos.

Como ya se ha descrito hasta ahora, existe una variabilidad en cuanto a procedimientos de aproximación al fenómeno ordinal la cual fortalece al área de estudio en cuanto a que hay diversas formas de abordar la problemática, por otra parte reduce la posibilidad de generalizar el proceso. Por tal razón es necesario tomar una metodología que favorezca a la validez interna y externa del estudio.

## Justificación del problema y objetivo

Hoy en día la importancia de estudiar las bases conductuales y cognitivas de fenómenos como la adquisición y desarrollo de las habilidades matemáticas son de gran relevancia interdisciplinar y social, ya que su conocimiento es de ayuda en el apoyo y fortalecimiento en el área educativa, pedagógica y docente.

La investigación en el área, tanto en animales no humanos como en humanos tiene aspectos que evalúan diferentes cualidades de la capacidad ordinal. Específicamente, en la especie humana la ordinalidad se ha estudiado bajo escenarios numéricos y atributivos, en su mayoría con participantes de apenas meses de edad, en los que la unidad de análisis (tiempo de observación fija al estímulo) es cuestionable y poco concluyente al carecer de sustento teórico, instrumental y conductual para apoyar sus resultados.

Se han propuesto numerosos modelos de conteo verbal y no verbal, en todos ellos no se hace evidente tener por precursores las herramientas cognitivas de concepto y categoría de número, sin embargo, es importante señalar su función en la adquisición y formación del raciocinio numérico primario. Si bien se ha demostrado que infantes desde los 11 meses de edad detectan relaciones ordinales (Brannon, 2002; Suanda et al., 2008), una pregunta pendiente, es qué sucede con niños en edades en las que existen cambios a nivel de desarrollo, madurez, afectivos, sociales y culturales como la escolaridad institucional, el lenguaje y la escritura, obteniendo como producto la formación y estructuración del pensamiento a través de la adquisición de nuevo conocimiento, organizándolo mediante el desarrollo de conceptos y categorías; explícitamente las que refieren al número, que desembocan en la actividad de conteo.

De acuerdo a lo anterior, se esperaría que niños en edades preescolares contaran con herramientas cognitivas como concepto y categoría de número, que pudieran facilitar y promover las actividades involucradas con el conteo, precursores de la adquisición y desarrollo de habilidades aritméticas. Es importante señalar que la capacidad ordinal está basada en una representación abstracta que ocupa un lugar en tiempo y espacio, características que otros principios del conteo y conocimientos numéricos básicos no las poseen.

En resumen sí los niños de tres, cuatro y cinco años cuentan con los elementos cognitivos y conductuales antes mencionados, ante la percepción de un estímulo o un

conjunto serían capaces de aprender o reconocer las relaciones ordinales de un rango numérico de una sola cifra.

En una primera investigación que abordó directamente la temática López de Nava & Espinosa (2010) trasladan el uso de una metodología diferente a las investigaciones con infantes humanos sobre ordinalidad, obteniendo en los resultados el procesamiento de estímulos abstractos basados en la categorización, es decir, a mayor homogeneidad de los estímulos, mejor era su comprensión de respuesta al número. Por otra parte en cuanto a la ejecución de los niños, los niveles de aciertos se centraron en la franja del azar. Ante estos resultados se propone la existencia de variables extrañas tales como las características de desarrollo, maduración y lenguaje, que deberían ser controladas o cuantificadas a través de su instrumentación con la finalidad de delimitar su influencia,

Considerando lo anterior, surge la pregunta sobre cómo se desarrolla la capacidad numérico ordinal en niños de tres, cuatro y cinco años de edad.

Con un procedimiento experimental de una especie no humana (Brannon & Terrace, 2000) basado en la producción de secuencias, con las modificaciones y adaptaciones pertinentes a la especie humana y la edad, se abordó el cuestionamiento anterior con el objetivo de conocer los efectos de dos diferentes condiciones de instrucción nombradas como entrenamiento ascendente y descendente, en la ejecución de una tarea de dominio numérico ordinal con niños de tres, cuatro y cinco años.

Gracias a la naturaleza de la problemática y la composición experimental, se tuvo el manejo de las siguientes variables: la edad de los participantes como variable atributiva, las condiciones de instrucción o entrenamiento (y su ausencia) como variable independiente y la ejecución ordinal que involucró la tarea como variable dependiente. Otras variables atributivas que únicamente fueron evaluadas son el desarrollo motriz, perceptual, social y del lenguaje de los participantes..

## Método

### *Participantes*

Una población de 120 participantes (131 en total con 11 muertes experimentales) conformados por 40 niños de 3 años (19 niñas y 21 niños; edad promedio: 3.2 años), 40 de 4 años (23 niñas y 17 niños; edad promedio de: 4.4 años) y 40 de 5 años de edad (20 niñas y 20 niños; edad promedio: 5.6 años); residentes de las colonias, Paraje San Juan, Los Ángeles y San Juan Joya, de la Delegación Iztapalapa, en la Ciudad de México.

Se convocó a los padres de familia para que sus hijos participaran en el estudio a través de invitaciones personales, carteles y volantes.

Las condiciones de salud fueron normales conforme a su edad para 118 niños, para los 2 restantes, uno de ellos sufría de un severo retraso del desarrollo del lenguaje y el segundo pequeño padecía de una tumoración cerebral en tratamiento (ambos casos informados por las madres de los pequeños). Ninguno de los niños tenía problemas evidentes de visión, además 119 de ellos no presentaron ningún retraso en el desarrollo motor y cognitivo inferido a partir de la aplicación de la prueba de investigación de Desarrollo de Denver, con la excepción de un participante con retraso severo del lenguaje; sin embargo, los resultados de la ejecución en la tarea experimental no fueron excluidos del análisis estadístico.

### *Aparatos e Instrumentos*

A los participantes se les evaluó con la escala psicométrica de Investigación de Desarrollo de Denver. Además se utilizó una computadora personal de pantalla sensible al tacto de 14.5" con procesador AMD Turión X2, Sistema Operativo Windows Vista, en el que se expuso el programa elaborado en lenguaje SuperLab 4.0.8., en la cual se mostraron los estímulos (imágenes) y registró las respuestas. Una mesa y una silla.

### ***Escenario***

Un espacio de 3.90 x 3.50 x 2.80 m, de una casa habitación, con iluminación natural adecuada, suficiente ventilación y apartado del ruido; en él se ubicó la mesa con la silla para realizar la evaluación psicométrica. También se utilizó una casa de madera llamada “La Granjita” con dimensiones de 1.30 x 90 x 1.27 m en la que se llevó a cabo el experimento computarizado.

### ***Diseño Experimental***

Como se observa en la Tabla 1, los participantes fueron agrupados por edad (3, 4 y 5 años) y por condición experimental, control (N=30), con entrenamiento ascendente (N=45) y con entrenamiento descendente (N=45), teniendo un total de nueve grupos.

<b>N= 120</b>	<b>Control</b>	<b>Entrenamiento Ascendente</b>	<b>Entrenamiento Descendente</b>
<b>3 años</b>	N= 10	N= 15	N= 15
<b>4 años</b>	N= 10	N= 15	N= 15
<b>5 años</b>	N= 10	N= 15	N= 15

**Tabla 1.** Diseño experimental

### ***Procedimiento***

El experimento estuvo basado en una historia sobre una granjita en la que se debía alimentar a un conejo, haciendo del conocimiento de los niños que los conejos comían zanahorias y no otra clase de vegetales tales como jitomates. Según la condición experimental se asignaron diferentes tiempos de exposición de los estímulos, es decir un reforzador primario, en éste caso una zanahoria, que se mostró con una imagen del vegetal animada sonoramente con la palabra “zanahoria” que tuvo una duración de 200 ms. Esto indicó al participante lo acertado de su respuesta, mientras que cuando se presentaba una respuesta incorrecta apareció la imagen de un jitomate con una duración de 100 ms. Por reforzador secundario o condicionado (únicamente cuando se

terminaba la secuencia con el estímulo correcto) se presentó la imagen de un conejo animado sonoramente con la palabra “Si” con una duración de 250 ms.

La preparación experimental se dividió en dos fases aplicadas a lo largo de dos sesiones según el arreglo de los grupos y que a continuación se describen:

*Fase 1A: Entrenamiento (primera sesión para grupos con entrenamiento)* compuesto por 10 ensayos en los que se presentaron conjuntos de estímulos con numerosidades abstractas y no simbólicas con un rango del 1 al 5. Se empleó el procedimiento de reforzadores condicionados, en este caso la imagen de una zanahoria acompañada con un audio de 200 ms que reproducía la palabra “zanahoria”, con la finalidad de mantener la atención y moldear la respuesta de los participantes y con el propósito de encadenar los estímulos (ver en Apéndice B). En esta fase se tuvo una variante que formó las dos condiciones experimentales del estudio: condición de entrenamiento ascendente y condición de entrenamiento descendente. Para la condición ascendente la regla para poder acceder al reforzador fue pulsar en la pantalla los estímulos en un orden progresivo, es decir 1, 2, 3, 4 y 5; para la condición descendente la regla de acceso al reforzador fue pulsar en la pantalla los estímulos en orden regresivo 5, 4, 3, 2, 1. Es preciso señalar que cada ensayo estuvo compuesto por cinco respuestas distribuidas en los diferentes estímulos.

*Fase 1B: Entrenamiento (segunda sesión para grupos con entrenamiento)* tuvo la misma estructura y composición que el entrenamiento de la fase 1A, únicamente se amplió el número de ensayos a 15. Esta fase se aplicó aproximadamente 24 horas después de la fase 1A.

*Fase 2: Prueba (primera sesión para grupo control, segunda sesión para grupos con entrenamiento)* consistió en 20 ensayos, donde se presentaron conjuntos de tres estímulos con numerosidades abstractas y no simbólicas, ampliando el rango numérico del 1 al 9, con el propósito de conocer la existencia de efectos de generalización de la regla del entrenamiento conforme a valores novedosos. Como ya se comentó, en las fases anteriores se utilizó el procedimiento de reforzador condicionado, sin embargo, fue en esta fase donde se expuso a una condición de extinción a los participantes dejando únicamente la aparición del reforzador final o secundario, con el propósito de mantener la atención y motivación de los infantes.

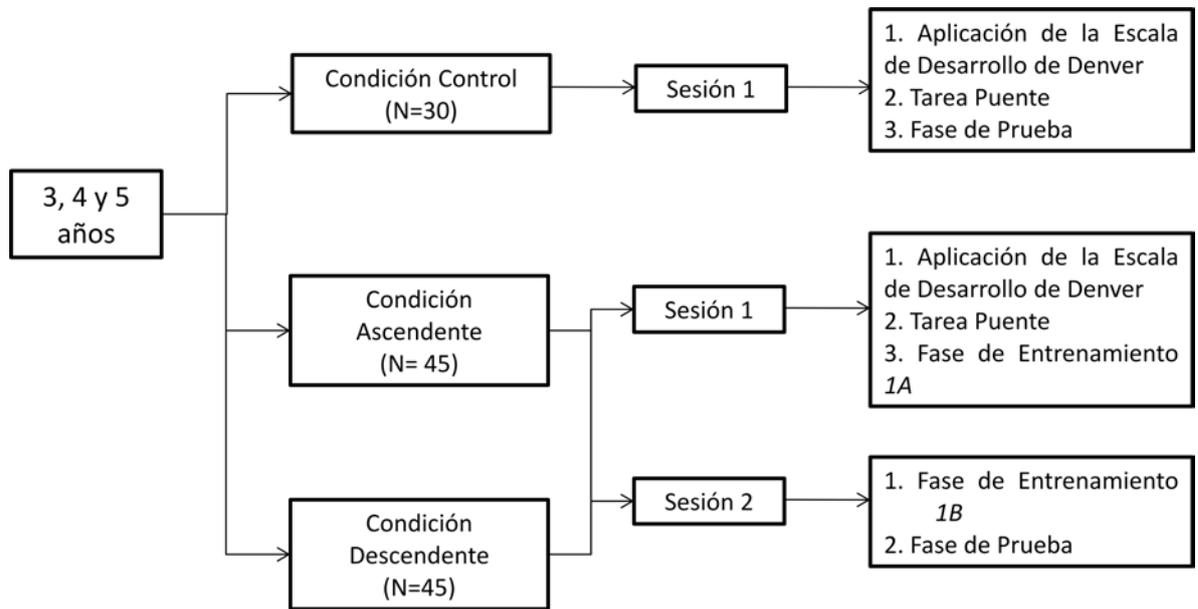
Para cada una de las fases se controlaron las características atributivas de cada estímulo, como el tamaño, el área de superficie, el color, el contenido (abstracto o

simbólico). Tomando como base los resultados de la preferencia de respuestas en los participantes de 3, 4 y 5 años del estudio de López De Nava & Espinosa (2010), se eligió la composición uniforme de cada uno de los estímulos, compuestos por cuadrados de 5 x 5 cm, de color amarillo medio, con la figura de vacas de .75 x .75 cm como ítems numéricos abstractos (ver Apéndice 2). Los tiempos de exposición de los estímulos que fueron empleados como reforzadores y error, no fueron mayores a los 250 ms, con el objetivo de diferenciarlos se les asignó a cada uno una duración determinada (reforzadores primarios, 200 ms; error 100 ms; reforzador secundario 250 ms). También fueron controlados los efectos de tamaño y distancia entre unidades. Para mayor detalle las actividades realizadas en cada una de las sesiones fueron las siguientes, descritas en la Figura 1:

*Sesión 1:* Tuvo una duración aproximada de 20 minutos, en la que se evaluó individualmente a cada participante aplicando la escala de Investigación del Desarrollo de Denver. Posterior a la evaluación se llevó a cabo una tarea de inducción al estudio, la cual sirvió como puente entre la evaluación psicométrica y el experimento computarizado. En ella se mostró al participante un modelo de secuencia, que contenía cinco estímulos en forma de tarjetas con figuras abstractas básicas (círculo, línea diagonal, líneas paralelas, cuadrado y estrella) al participante se le daban el mismo número y contenido de las tarjetas, las cuales tenía que ordenar según el modelo mostrado, al concluir la tarea se invitó al participante a que conociera la granja y trabajara en ella alimentando a un conejito por medio de la computadora; en esta sesión el grupo control pasó por la fase 2; y los grupos con entrenamientos únicamente por la fase 1A.

Al finalizar las fases experimentales, a los participantes pertenecientes al grupo control como recompensa se les entregó una moneda de chocolate y una mochila infantil; a los participantes de los grupos con entrenamiento se les entregó una moneda de chocolate y un vale por un regalo que canjearían al día siguiente.

*Sesión 2:* Tuvo una duración de aproximadamente 15 minutos, esta sesión fue únicamente para los grupos experimentales; al comienzo de la sesión se hacía referencia al participante de la actividad del día anterior, invitándole a pasar a trabajar nuevamente en la granjita; cada grupo con entrenamiento fue expuesto a la fase 1A, 1B y 2 del experimento. Al finalizar la sesión cada participante recibió como recompensa una mochila infantil.

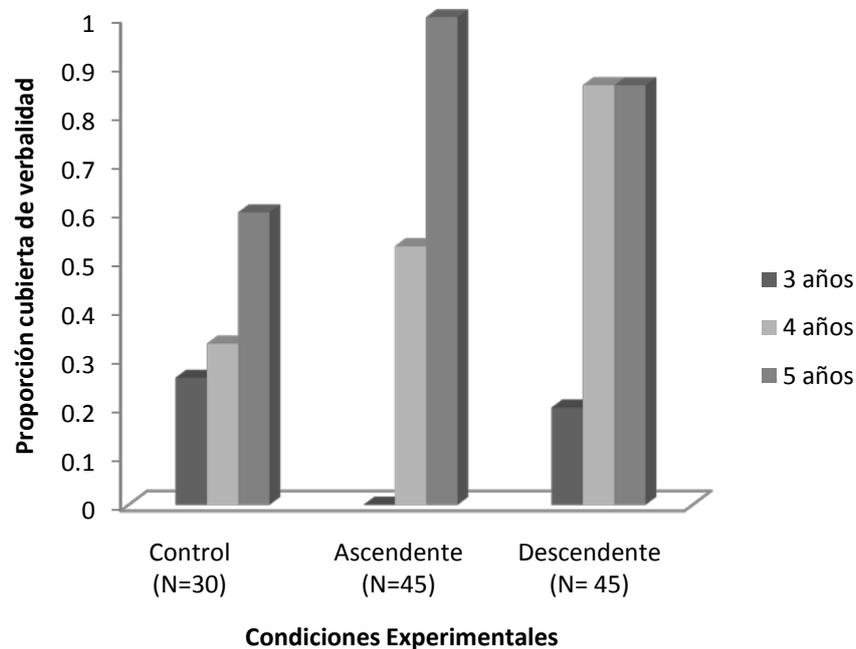


**Figura 1.** Se muestra la secuencia de las condiciones experimentales

## **Resultados**

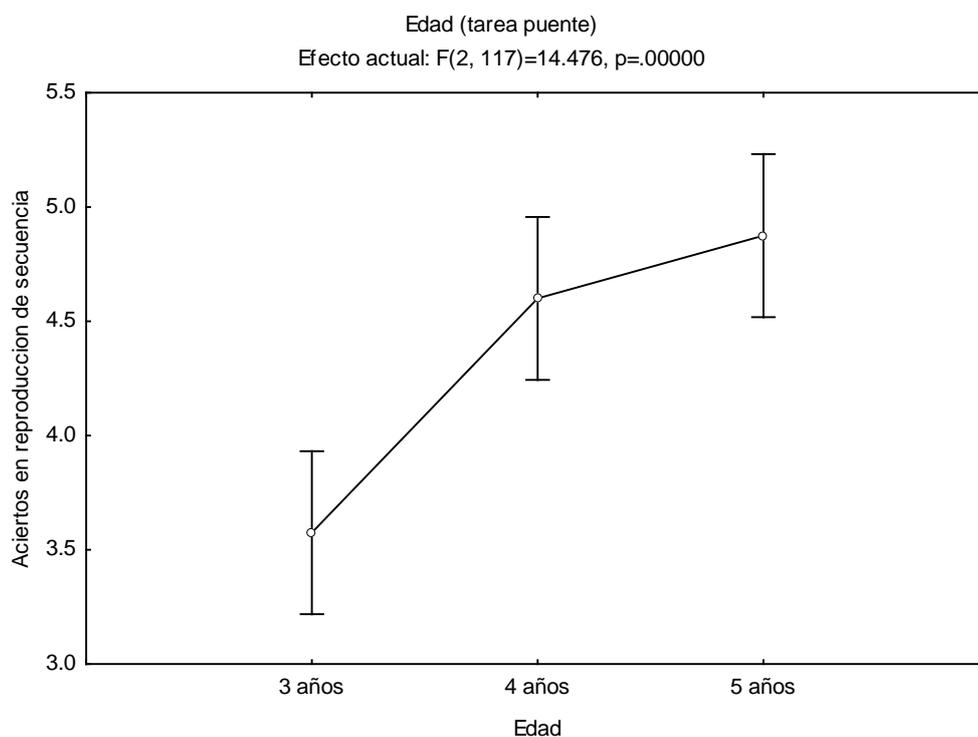
Los resultados de la escala psicométrica de Investigación de Desarrollo de Denver, siguiendo los criterios de calificación y clasificación, muestran que los 119 participantes se ubican dentro de la normalidad del desarrollo respecto a su edad; con la excepción del participante 13 perteneciente al grupo de tres años en condición experimental de entrenamiento ascendente. Se elaboraron diagnósticos individuales, que fueron entregados a cada uno de los responsables de los participantes, en los que se incluían los aspectos normales, los fortalecidos y las áreas de retraso donde se sugerían actividades simples que las madres o cuidadoras de los pequeños pudiesen llevar a cabo desde su hogar para su estimulación.

La escala de Denver además de ubicar a cada participante en el rango de desarrollo respectivo, arroja información sobre el área del lenguaje la cual fue una variable a controlar. Se clasificó mediante el criterio de dominancia del lenguaje (reconoce y reproduce el lenguaje), en verbales a los participantes que poseían las dos características y no verbales a los participantes que no contaban con ellas. En la Figura 2 se muestra la proporción cubierta de verbalidad según el criterio de la escala de Denver, para cada edad agrupado por la condición experimental. Donde se observa el efecto de la edad sobre la proporción de participantes que cubrieron el criterio de verbalidad, al tener una mayor proporción los participantes de cinco años respecto a los de cuatro y tres años. A pesar de la ausencia de proporción cubierta de verbalidad en el caso de los niños de tres años condición ascendente, no se presentan anomalías, retraso o atrofias en el desarrollo. Ya que la escala de Denver cuenta con diferencia entre los reactivos evaluables para los niños de tres años respecto a los de cuatro y cinco años.



**Figura 2.** Proporción de participantes que cubrieron el criterio de verbalidad de acuerdo a la Escala de Denver

Los datos que se presentan en este apartado corresponden al promedio en el número de aciertos de las fases experimentales de los participantes en todos los casos, exceptuando el análisis de los tiempos de reacción acumulados por condición experimental, mostrado en la Figura 7. A lo largo de la sesión experimental se incluyó una tarea puente con el objetivo de conocer el desempeño de los niños para formar una secuencia, es decir, descartar problemas de visión, de percepción e integración y la inducción a la tarea computarizada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, con el número de aciertos al reproducir la secuencia respecto a las tres diferentes edades, obteniendo ( $F(2, 117) = 14.476, p < 0.05$ ) indicando diferencias estadísticamente significativas en relación a la edad y el nivel de ejecución, tal y como se muestra en la Figura 3. Lo anterior, indica la ausencia de anomalía perceptual, motora y de integración.

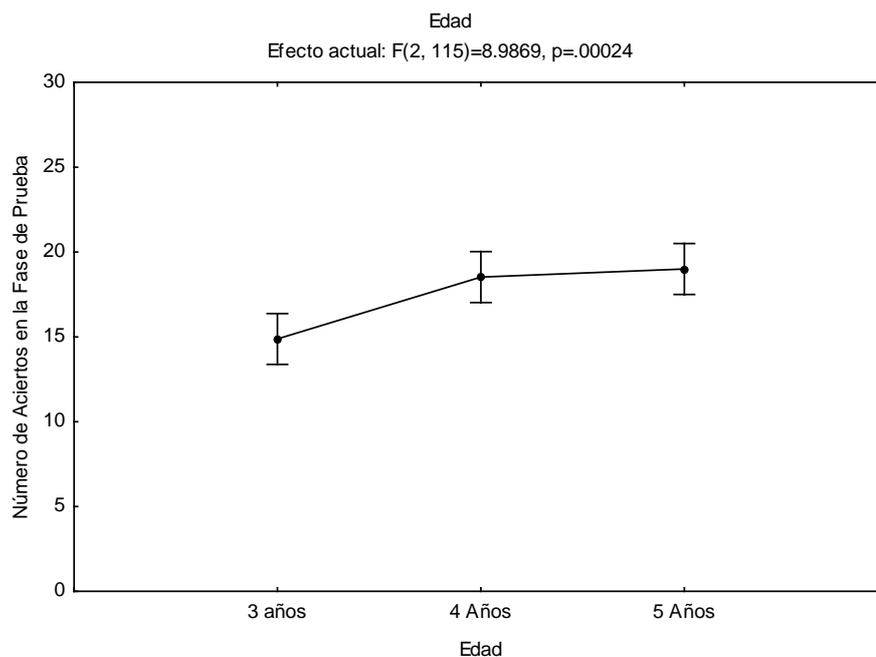


**Figura 3.** Efecto de la edad sobre el promedio del número de aciertos en la fase de

Para conocer a fondo las diferencias en el número de aciertos entre las edades en la tarea denominada “puente”, se realizó un análisis Post Hoc con el test de Sheffé ( $MS = 1.2970; gl = 117.00$ ), obteniendo diferencias significativas entre 3 y 4 años ( $0.000507$ ); 3 y 5 años ( $0.000008$ ), con ello se confirman las diferencias graduales que existen entre los diferentes grupos.

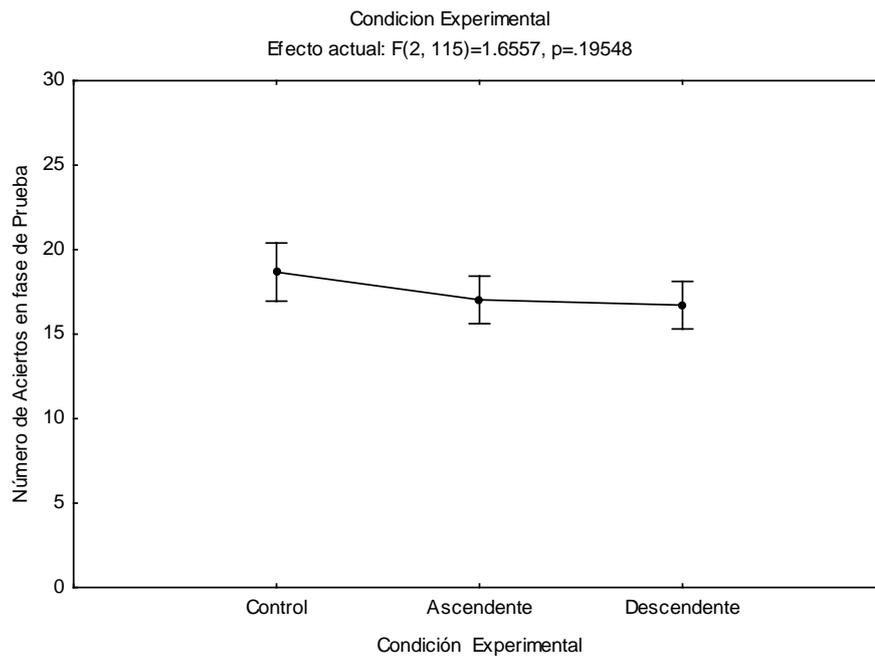
Como se muestra en la Figura 4, los resultados de la ejecución en la tarea computarizada se analizaron con un ANOVA de dos vías, con la finalidad de conocer las relaciones entre el número de aciertos en la fase de prueba para cada grupo asignado por edad y condición. En este caso se obtuvo en Edad ( $F(2,115) = 8.987, p < 0.05$ ) lo cual indica que existen diferencias significativas dentro del número de aciertos obtenido en la fase de prueba conforme a la edad. Es decir a mayor edad mejor es el desempeño en aciertos, tanto en la condición control como en las de entrenamiento ascendente y descendente.

En el análisis Post Hoc con el test de Sheffé ( $MS = 22.927; gl = 117.00$ ) se demostraron las diferencias significativas entre 3 y 4 años ( $0.003926$ ); 3 y 5 años ( $0.000924$ ).



**Figura 4.** Distribución del desempeño en promedio en la fase prueba en relación con la edad.

La diferencia en el número de aciertos entre condiciones experimentales se describe en la Figura 5. En este caso el análisis muestra que no existe efecto significativo entre las condiciones control, ascendente y descendente en relación al desempeño de cada grupo ( $F(2,115) = 1.656, p > 0.05$ ).



**Figura 5.** Promedio del número de aciertos en la fase prueba en relación con las condiciones experimentales

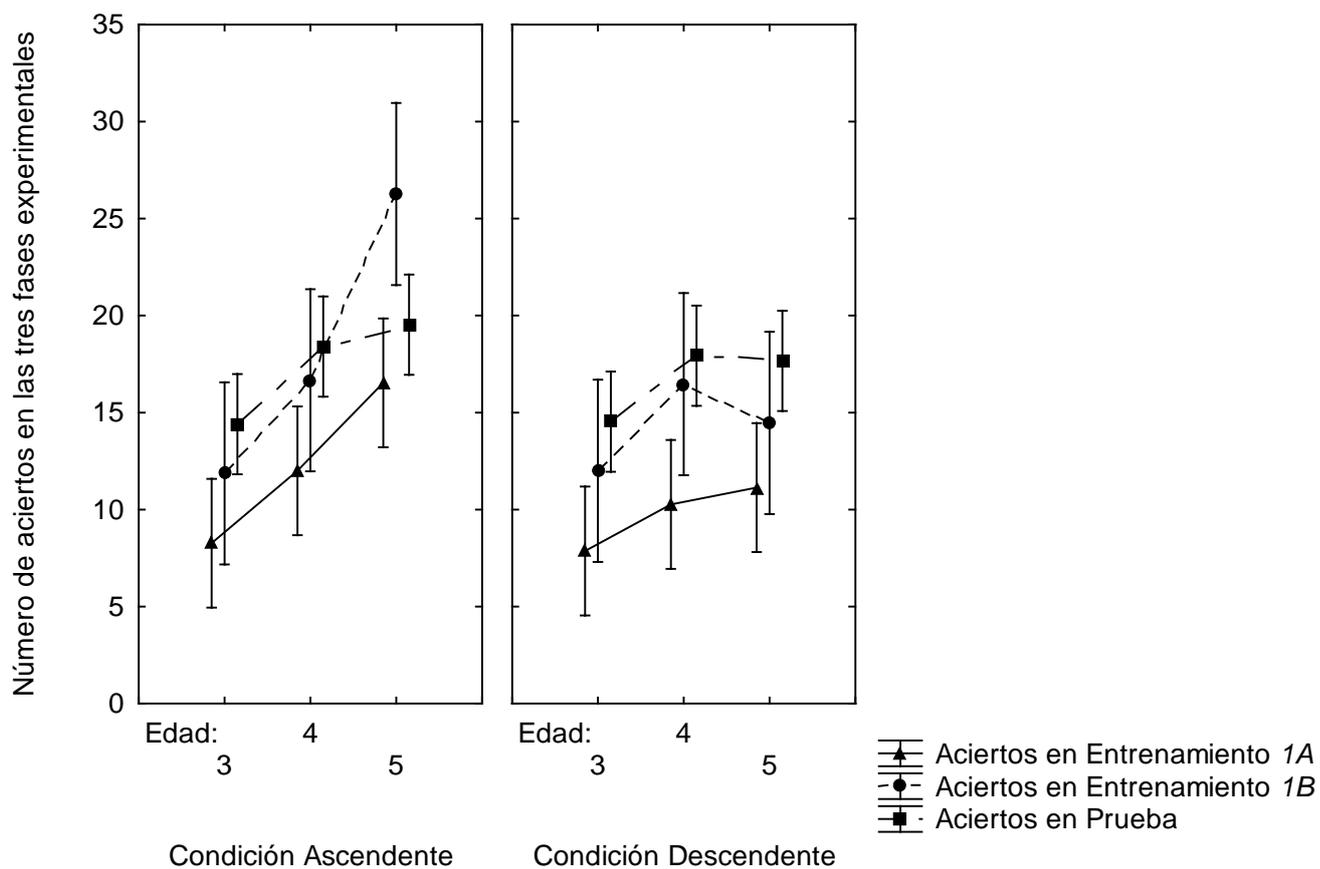
En la Figura 6 se observa el análisis con un ANOVA de medidas repetidas del número de aciertos para cada fase conforme a la condición experimental y la edad. Al igual que en el análisis anterior, la edad cuenta con significancia estadística de acuerdo al desempeño en las fases ( $F(4,168) = 8.5285, p < 0.05$ ); comportándose de la misma forma los efectos de las condiciones experimentales ( $F = 3.8696, p < 0.05$ ) y la interacción entre ambas ( $F(4,168) = 3.8696, p < 0.05$ ). Por otra parte se obtuvo un efecto de interacción ( $F(4,168) = 588.0192, p < 0.05$ ), descrito, bajo las diferencias significativas entre el número de aciertos de las fases entrenamiento 1A, entrenamiento 1B y prueba, ( $F(4,168) = 38.9879, p < 0.05$ ) y la interacción entre los aciertos de las tres fases, las dos condiciones experimentales (ascendente y descendente) y las tres edades ( $F(4,168) = 2.7329, p < 0.05$ ). Los efectos entre el número de aciertos con la edad ( $F(4,168) = 1.6483, p < 0.05$ ) y con las condiciones experimentales ( $F(4,168) = 2.3336, p < 0.05$ ) no representaron ningún nivel de diferencia significativa entre ellos.

En este caso, se observa que los grupos ascendentes y descendentes en las fases experimentales de entrenamiento, mostraron un mejor nivel en el entrenamiento 1B; mientras tanto en el caso de la fase de prueba los participantes de la condición ascendente presentan un menor índice de aciertos en relación al entrenamiento 1B. Un efecto contrario se presentó para los grupos descendentes, ya que su aumento en el nivel de aciertos en las fases es gradual, siendo la última fase (prueba) la de mejor desempeño. Sin embargo no se puede hablar de una curva de aprendizaje, ya que tanto el número de respuestas y ensayos entre las fases no son equiparables.

Aciertos de las tres fases experimentales \* Condición experimental \*

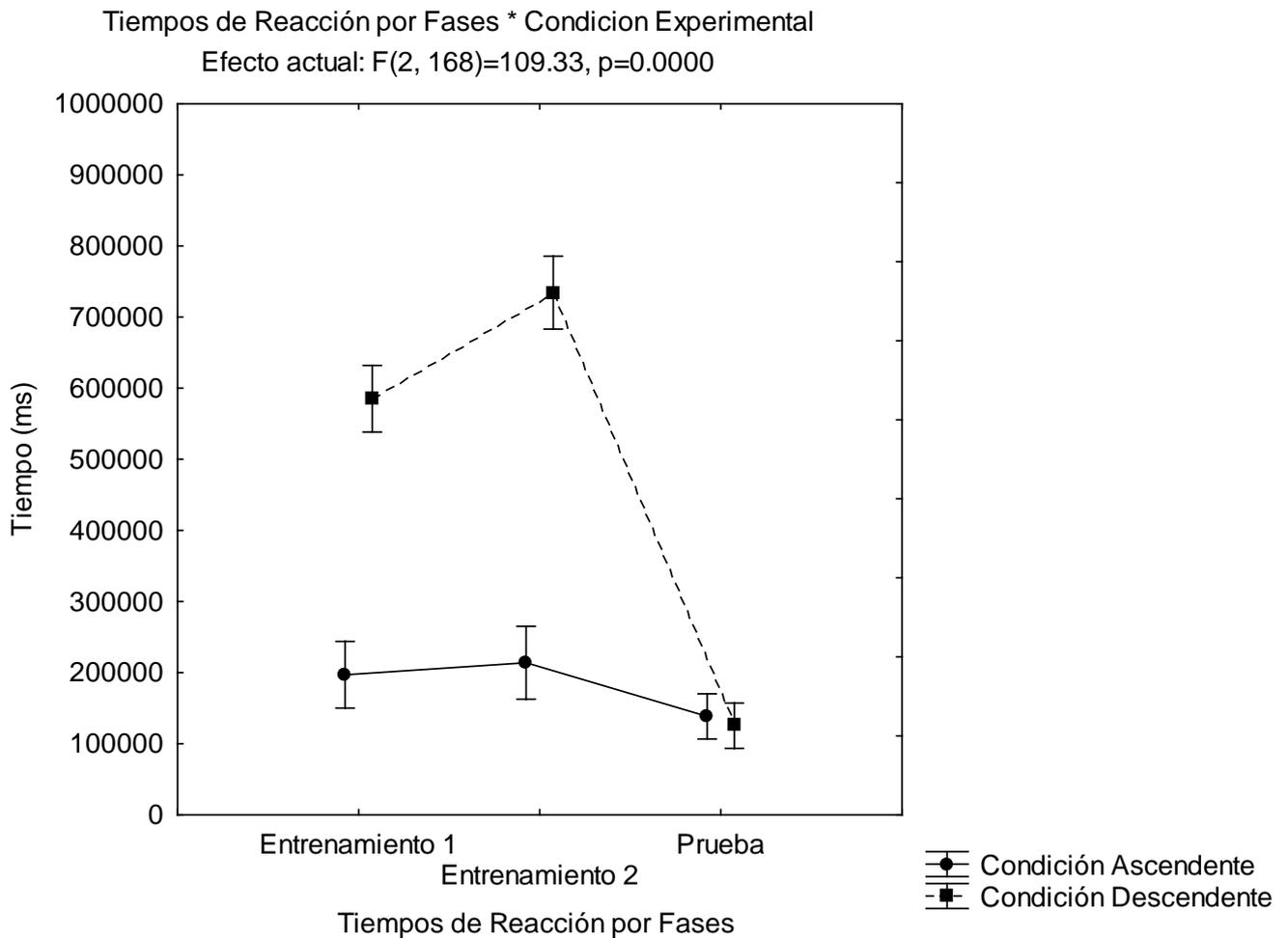
Edad

Efecto Actual:  $F(4, 168)=2.7329, p=.03075$



**Figura 6.** Muestra los efectos de interacción entre el promedio del número de aciertos por fases, condiciones experimentales y edades.

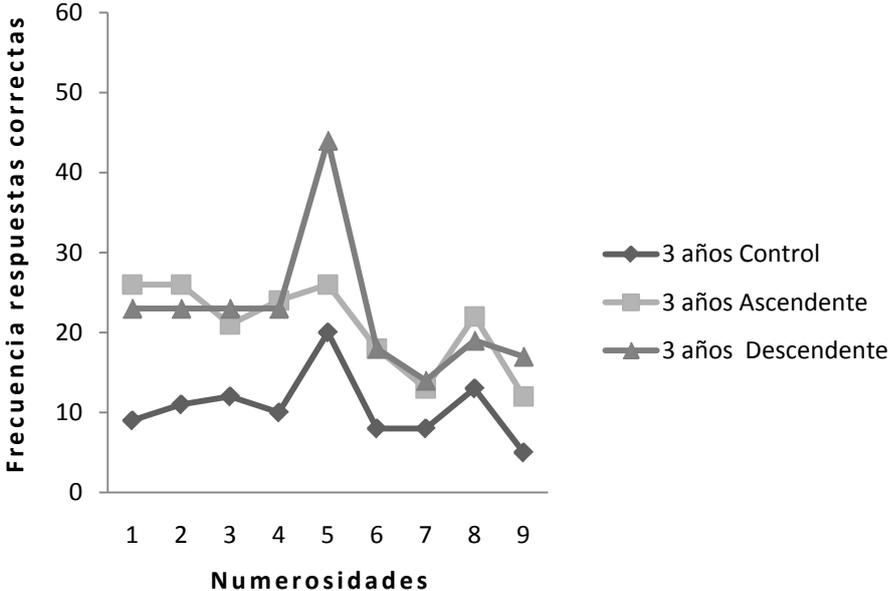
Existe una medida que brinda confiabilidad y ayuda a esclarecer si la ejecución de los participantes fue guiada por la tarea y su dinamismo o simplemente por el azar o indiferencia es el tiempo de reacción. Para su análisis se aplicó un ANOVA de medidas repetidas, representado en la Figura 7, observándose efectos de interacción ( $F(2,168)=861.4324$ ,  $p < 0.05$ ) basados en las diferencias significativas presentes entre las condiciones experimentales ( $F(2,168)=173.6708$ ,  $p < 0.05$ ) y los tiempos de reacción en cada fase ( $F(2,168)=180.4626$ ,  $p < 0.05$ ); los cuales en interacción muestran un alto nivel de significancia estadística ( $F(2,168)=109.3315$ ,  $p < 0.05$ ).



**Figura 7.** Efectos de interacción entre el tiempo de reacción por fase y las condiciones experimentales.

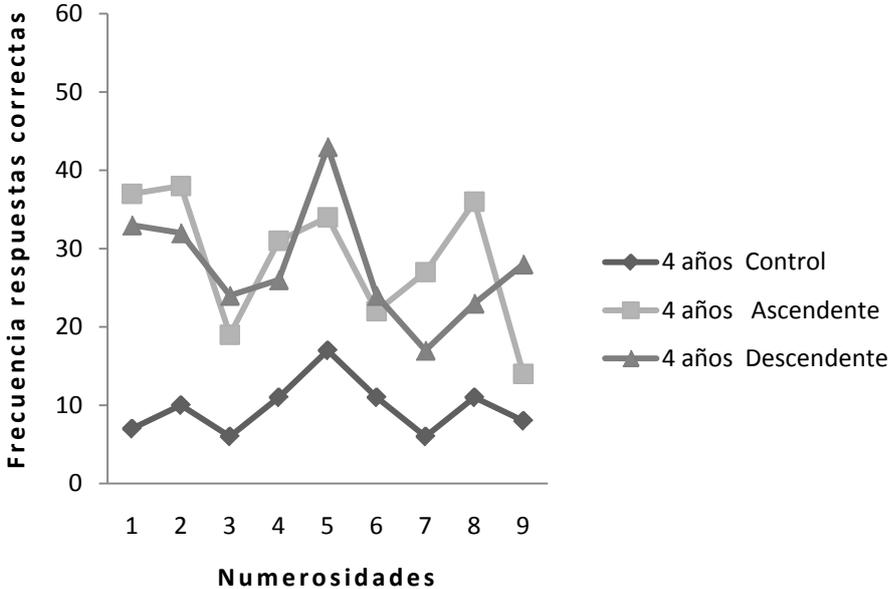
Para fines de la investigación y del control de rasgos simbólicos se utilizaron numerosidades abstractas, factor que reduce las posibilidades de la aparición de una respuesta debido a cualquier otro indicador en el ambiente que no sea el número.

En la figura 8 se muestran los índices de frecuencia de respuesta para cada numerosidad en el grupo de tres años en sus tres condiciones experimentales (control, con entrenamiento ascendente y descendente). En la condición control se observa una mayor frecuencia de respuesta en el número 5 disminuyendo progresivamente hasta el número 9; por otra parte el grupo con entrenamiento ascendente presenta una distribución de respuestas similar para las diferentes numerosidades, obteniendo una mayor frecuencia para 1 y decremantando hasta llegar a 9. En la condición descendente, al igual que la condición control, se observa una mayor frecuencia para la numerosidad 5, mostrando una menor frecuencia para el número 7.



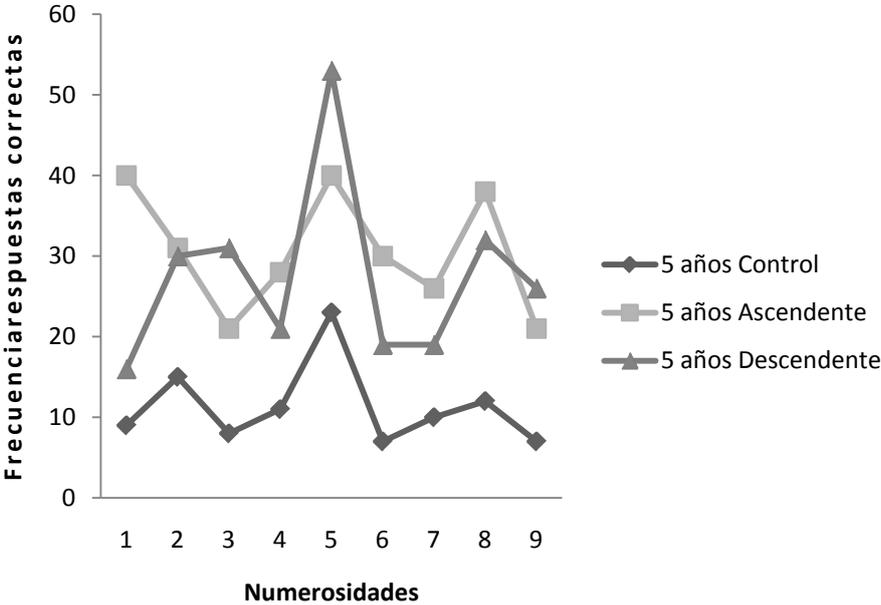
**Figura 8.** Frecuencia de respuestas en la fase de prueba para el grupo de tres años en sus tres condiciones experimentales.

En el grupo de cuatro años, los niveles de frecuencia para los grupos control y descendente fueron mayores en el número 5, mientras que la menor frecuencia fue registrada en la numerosidad 7 para ambos, sin embargo existe un mayor número de respuestas de todo el rango para el grupo descendente en comparación al otro grupo control. El grupo ascendente tuvo una mayor frecuencia de respuesta a la numerosidad 2 y un menor índice en la numerosidad 9 (Figura 9).



**Figura 9.** Frecuencia de respuestas correctas en la fase de prueba para el grupo de cuatro años en sus tres condiciones experimentales.

La distribución de frecuencia del grupo de cinco años, presentó un comportamiento similar a los grupos de tres y cuatro años en los grupos control y con entrenamiento descendente, como se muestra en la Figura 10; ya que para ambos se registró una mayor frecuencia para el número 5. Por el contrario el menor nivel de frecuencia para el grupo control fueron las respuestas para los números 6 y 9, mientras en el grupo descendente fue para el 1. Para el grupo ascendente las mayores frecuencias de respuestas estuvieron distribuidas en las numerosidades 1 y 2, mientras que la menor frecuencia se concentró en las numerosidades 3 y 9.



**Figura 10.** Frecuencia de respuestas en la fase de prueba para el grupo de cinco años en sus tres condiciones experimentales.

## Discusión y conclusiones

Dentro de la investigación sobre adquisición de habilidades numéricas, existen variados fenómenos de interés, entre los que destaca el conteo; una habilidad que es adquirida con base a tres principios según el Modelo de Hipótesis Arbitraria de Numerosidad (Gelman & Gallistel, 1978). La ordinalidad es el segundo principio de esa propuesta y su presencia es predecesora de la cardinalidad.

En el presente estudio se analizó el desarrollo de la capacidad ordinal en infantes bajo condiciones específicas como la edad y diferentes tipos de instrucción, además de evaluar el desarrollo motriz – perceptual, social y del lenguaje de los niños, restringiendo la influencia del lenguaje mediante la eliminación del contenido simbólico numérico del experimento.

El uso de la escala sobre desarrollo de Denver en el estudio, aportó diferentes bondades al mismo entre las que cabe mencionar, la reducción del tiempo total de aplicación de la sesión experimental, además de atraer el interés de los participantes y facilitar el dinamismo y diversidad de las actividades durante las sesiones. Los resultados de la escala mostraron en general normalidad en toda población. Cabe señalar las diferencias existentes entre los reactivos que evalúan a las tres edades (tres, cuatro y cinco años), como se observa en el apéndice 1, el protocolo de aplicación muestra la distribución de los mismos así como su similitud y diferencia. En los aspectos de motricidad gruesa, los niños según su edad, enfrentaron varias actividades físicas, como arrojar una pelota, saltar en un solo pie, caminar hacia atrás, por mencionar algunas, todos los niños a excepción del participante ya referido con severo retraso del lenguaje, las superaron. En las actividades de motricidad fina, como tomar de forma correcta el lápiz y hacer trazos sencillos (e.g. líneas y círculos) y complejos (e.g. la representación de la figura humana), en esta sección los participantes de tres años pudieron realizar las tareas más sencillas, mientras que en su mayoría los niños de cuatro y cinco años realizaban con facilidad las tareas complejas. El área personal-social para todos los niños estuvo en relación conforme a su edad y la normalidad establecida por la escala, sin embargo, el 90% de las madres y/o cuidadoras reportaron problemas de desobediencia y conducta desafiante.

Una de las áreas en las que se enfocó un mayor peso, fue en la del desarrollo del lenguaje, igualmente evaluada por la escala de Denver. Los resultados fueron agrupados por la proporción de los participantes de las tres edades que cubrieron el criterio de comprensión y reproducción del lenguaje, clasificándolos como verbales o no verbales. La distribución de los participantes verbales estuvo en relación con su edad, es decir, los niños de tres años tuvieron un menor índice del manejo del lenguaje en comparación con los niños de cuatro y cinco años, aspecto que es apoyado por la literatura (Oesterreich, L., 2004; Ballem & Plunkett, 2005).

La influencia del lenguaje sobre el uso y dominio de la capacidad ordinal, puede estar en función de un mayor conocimiento y dominio del vocabulario en el que se involucren términos numéricos de mayor especialización, teniendo como resultado un mejor desempeño en niños de mayor edad. Un dato contrastante que arrojó la presente investigación es la ausencia del dominio del lenguaje por parte de uno de los grupos (Figura 2). Si bien lo anterior puede ser causa de controversia acerca del diseño, esta condición aporta riqueza al estudio, proporcionando un parámetro de ausencia del dominio del lenguaje comparado con los grupos que presentaron una proporción cubierta sobre el criterio de verbalidad. Esto indica que ante los resultados de la tarea experimental computarizada, el lenguaje no es una herramienta de influencia que ayude a la solución de la misma, ya que el grupo de tres años con entrenamiento ascendente, aunque careció del criterio, pudo resolver la tarea de manera similar a los niños de tres años con entrenamiento descendente que sí cubrieron una proporción del criterio (Figura 6).

Siguiendo con la estructura de la sesión experimental, la tarea “Puente” tuvo por objetivo descartar anomalías perceptuales y de integración en los participantes, facilitando el acercamiento a la tarea experimental computarizada a través de la formación de secuencias (Subiaul et al., 2006). Los resultados muestran, al igual que los criterios del lenguaje, que la ejecución de los participantes fue acorde a su edad; obteniendo diferencias significativas por grupo, lo cual indica que los participantes conocen, utilizan y tienen la capacidad de formar seriaciones abstractas. Las diferencias significativas entre las edades, apoyan los efectos de maduración y las actividades que los niños pueden realizar en los rangos de edad manejados en el estudio.

En el análisis sobre los niveles de desempeño en la tarea ordinal, los resultados en general marcan diferencias estadísticamente significativas, que son de ayuda para

esclarecer particularmente algunos objetivos planteados en este estudio y que serán discutidos a continuación.

El objetivo del estudio fue conocer el desarrollo de la capacidad ordinal bajo dos diferentes condiciones de instrucción, designadas como entrenamiento ascendente y entrenamiento descendente. Un primer resultado muestra que no existen diferencias entre los distintos grupos (control, ascendente y descendente) en el número aciertos. Lo cual significa que el tipo de entrenamiento o la ausencia del mismo no tienen una influencia inicial notable en relación al desempeño en la fase de prueba. Ésto implica también, que la capacidad para resolver una tarea en la que se pide a los participantes ordenar un conjunto de estímulos con diferentes numerosidades no está influenciada por una condición precedente, en este caso instruccional.

A pesar de las nulas diferencias entre las condiciones experimentales (control, entrenamiento ascendente y descendente), los resultados mostraron un efecto de interacción entre las condiciones, las fases experimentales (entrenamiento 1A y 1B y prueba) y las edades, apoyando las diferencias significativas entre el desempeño y la edad basadas en los efectos de todas las fases para cada condición experimental. Además la interacción entre fases experimentales (número de aciertos) y los dos diferentes modos de entrenamiento (ascendente/descendente) apunta a que los niños de tres, cuatro y cinco años generalizaron su aprendizaje (ascendente o descendente) a estímulos novedosos (del 6 al 9) no entrenados. Dato que además de apoyar la generalización de una regla ordinal a estímulos numéricos novedosos, debe ser tomado con parsimonia conforme con los resultados globales del experimento.

Por otra parte, el análisis de los tiempos de reacción muestra una diferencia significativa entre las fases experimentales y la condición experimental por grupo de edad, lo que indica la dificultad existente en la solución de la tarea de ordenamiento descendente, caso contrario al tiempo requerido para la tarea ascendente (Figura 7).

A pesar de las diferencias entre especies y todo lo que ello involucra, en el trabajo de Brannon & Terrace (2000) las condiciones experimentales aportan diferencias significativas en tanto a la ejecución de los sujetos, sin embargo, el número de animales empleados fue reducido además de tener un evidente problema de diseño al carecer de un tamaño de la muestra igual para cada condición. No obstante ello, la ejecución de los niños de cuatro y cinco años en ambas condiciones en el presente estudio, es semejante a la del sujeto entrenado por Brannon & Terrace (2000) de forma descendente, ya que

generaliza la regla de orden ante los estímulos novedosos, aunque sin mejorar la ejecución.

Al tener un nivel de ejecución por debajo del azar en la tarea, específicamente en la fase de prueba, aunado con la nulidad de diferencias entre las condiciones, puede decirse que los aciertos obtenidos en todas las fases de la presente investigación, están basados en efectos de primacía y recencia (Biro & Matsuzawa, 1998; Orlov et al., 2000; Brannon & Terrace, 2000 exp.1), para las fases de entrenamiento, ya que al presentarse los cinco estímulos había preferencia por el primero o último estímulo que aparecía en la distribución de la pantalla, sin embargo, no es un efecto que sucediera en común en los nueve grupos. Para la fase de prueba se presentó en común el efecto de cercanía con el reforzador del último estímulo, en este caso el tercero, ya fuera el más grande o el que representaba menor numerosidad, dependiendo del tipo de entrenamiento recibido, descartando la existencia de un aprendizaje motor de las secuencias aplicado a la solución de la tarea (Brannon & Terrace, 2000; Brannon, Cantlon & Terrace, 2006).

En contraste con las investigaciones en infantes humanos en las que se afirma que existe una sensibilidad de la detección de relaciones ordinales (Brannon, 2002; Suanda et al., 2008), en el presente estudio esta sensibilidad se encuentra manifiesta en los niños de tres, cuatro y cinco años aplicada de forma general a la ordinalidad dentro de una secuencia. Los resultados del presente estudio apoyan a la literatura sobre la existencia de una predisposición evolutiva ante la discriminación de características atributivas y cantidades continuas (Carey, 2001) y no en específico, tal es el caso de su aplicación en el reconocimiento y ordenamiento de conjuntos de numerosidades discretas.

Una característica de los participantes que trascendió en todas las tareas fue la edad. En la escala de desarrollo de Denver la edad es el factor relevante; la tarea puente se centró en las posibles diferencias entre los niños de tres años con respecto a cuatro y cinco años. Para la tarea experimental computarizada, la edad es un factor potencialmente significativo en relación al número de aciertos en todas las fases experimentales, principalmente en los grupos de tres años en relación con los de cuatro y cinco años. De tal forma que se apoya la relevancia que se le ha asignado a los rasgos de desarrollo y maduración entre las edades, sin embargo no sólo es cuestión de dejar transcurrir el tiempo para que se adquieran y desarrollen distintos tipos de habilidades y capacidades, como la ordinalidad, si no que existen diferentes tipos de variables que

actúan solas o interactuando y que producen un enriquecimiento de su comprensión y dominio. Tales como el contacto cultural, la educación escolar, la adquisición del lenguaje y la estimulación del medio (e.g. actividades lúdicas, ejercicios didácticos, programas educativos).

En modelos como el constructivista de desarrollo cognitivo (Piaget, 1952) se propone que la actividad de contar y junto con ella el principio de orden, emergen alrededor de los cinco años edad, supuesto que es respaldado por la propuesta de Spelke (2000) en la que señala que el núcleo del conocimiento numérico surge y comienza a desarrollarse en edades próximas a los cinco años. Otro modelo que propone una edad circundante a ésta es el modelo de Gelman & Gallistel (1978). En base a éso, pueden ser evaluados y contrastados tanto los resultados del presente estudio como los supuestos propuestos por los mencionados teóricos.

Con los resultados mostrados y los diferentes aspectos anteriormente mencionados de trascendencia cultural y ambiental (Cordes et, al. 2002) y las evaluaciones pertinentes de lenguaje y desarrollo, los niños, demostraron tener un nivel de desarrollo dentro de la normalidad conforme a su edad, ejerciendo diferentes actividades, tal como lo señalan algunos conocimientos en cuanto a las habilidades numéricas, la población del presente estudio cumple con el conocimiento de cantidad y conjunto (Mix, Levine & Huttenlocher, 2002a).

Así como lo propone el Modelo de Hipótesis Arbitraria de Numerosidad (Gelman & Gallistel, 1978), los niños entre los cuatro y cinco años empiezan a manifestar un conocimiento específico y dominio parcial del principio cardinal, con el que se concreta la actividad de conteo. En el caso de los niños participantes del presente estudio, la mayor parte de ellos reconocían cardinalidades, en las tareas de la escala de Denver que las contenían implícitamente (e.g. dibuja dos bolitas, dame cuatro cubos). Por tanto se encuentra una contradicción de los principios establecidos progresivamente como lo señalan Gelman & Gallistel (1978, es decir, la capacidad numérica ordinal debería preceder al conocimiento de la cardinalidad, sin embargo los participantes demuestran tener las características de dominio sobre la cardinalidad como lo establece el modelo, aunque en el caso conocimiento ordinal que los participantes presentaron únicamente es aplicable ante la discriminación de conjuntos o numerosidades (de mayor a menor o viceversa) y no de forma específica asignando un lugar en un orden a una cardinalidad,

con lo que se afirma que la posición que mantiene este principio dentro del modelo es incorrecta.

La capacidad ordinal específicamente aplicada al número, es netamente un componente abstracto al que se le asignan propiedades, ya que no es una propiedad visible o tangible como la cardinalidad, y no se tiene una representación mental estable de la misma.

Por su naturaleza abstracta y mental, está en función del reconocimiento de conjuntos abstractos y su conversión a valores numéricos, acción que se explica en base al modelo de representación lineal mental numérica propuesto por Dehaene, Bossini & Giraux (1993). En este modelo se establece que las representaciones numéricas se basan en el esquema de una recta que comienza en uno y llega al infinito; las primeras numerosidades son representadas como eventos discretos llamados unidades, mientras que para numerosidades mayores a 10 las representaciones se comienzan a distribuir logarítmicamente. Es por ello que conforme a la madurez, adquisición y aplicación de nuevos conocimientos y el aprendizaje de las habilidades numérico-matemáticas, que los niños pasan de realizar juicios relativos de numerosidades e identificación de cardinalidades, a ejecutar cálculos abstractos (e.g. escritura de diversas numerosidades, series numéricas y operaciones aritméticas), no tangibles e infinitos. Con esta idea se sugiere que la edad principalmente, pero también el contacto cultural, deben ser considerados como las variables más determinantes en el desarrollo de la capacidad numérico ordinal en edades posteriores a la infancia temprana.

### ***En conclusión***

El objetivo general de conocer el desarrollo de la capacidad ordinal bajo dos tipos de instrucción (entrenamiento ascendente y descendente) de una tarea numérica fue abordado de manera directa, mostrando que no existen diferencias significativas entre las condiciones de instrucción propuestas. Sin embargo se observó un efecto importante de la edad sobre la ejecución y solución de la tarea, tomando en cuenta los rasgos de madurez y desarrollo, al igual que el dominio de lenguaje. Así mismo, se puede afirmar que este último, en interacción con otros aspectos como los factores culturales, específicamente la escuela, juegan un papel de influencia ante el desarrollo y aplicación de la capacidad ordinal.

A pesar de los resultados sobre la variable independiente del presente estudio, el procedimiento de aprendizaje serial tomado de Brannon & Terrace (2000) con sus pertinentes modificaciones para la especie humana, cumplió su objetivo de mantener la novedad de la tarea y el sostenimiento de la atención focalizada, observado a través del entusiasmo e interés de los participantes. También se logró construir un continuo entre los procedimientos y especies, factor que ayuda en la comparación y ampliación entre los procesos cognitivos compartidos y de relevancia evolutiva.

Si bien la variable independiente propuesta en la preparación no arrojó diferencias significativas, la característica atributiva de los participantes, edad, como ya se mencionó fue la de mayor peso e influencia, además de aportar evidencia sobre la complejidad del pensamiento ordinal y su aplicación al dominio específico numérico, contradiciendo lo propuesto en el modelo de Gelman & Gallistel (1978), ya que puede presumirse que los niños de entre cuatro y cinco años pueden identificar y asignar cardinalidades pequeñas (un rango menor a 5) sin tener el dominio total de la capacidad ordinal.

La abstracción como característica forma parte tanto de la capacidad ordinal, el concepto y la categoría de número, factor en el que convergen e interactúan estos tres productos cognitivos. Específicamente la categoría de número implícitamente retroalimenta a la ordinalidad a través de la transicionalidad y flexibilidad cognitiva de búsqueda y comparación de cardinalidades. Tales aspectos ligados a la evidencia que contradicen al Modelo de Hipótesis Arbitraria de Numerosidad (Gelman & Gallistel, 1978) y en conjunto con los resultados obtenidos de la variable independiente propuesta, los cursos de acción ante las problemáticas presentes, productos de este trabajo se describen a continuación.

En general hacer sustentable, de relevancia y sobre todo de impacto social las investigaciones de ésta área, ya que además de que permiten conocer los fenómenos de manera más precisa y confiable, generan herramientas para la formación e impartición de su conocimiento. Lo anterior, a través de la instrumentación correcta, las pertinentes adecuaciones metodológicas, delimitando las variables de posible influencia (control experimental de ellas y/o evaluándolas psicométricamente) para contar con una fuerte validez interna que sea reflejada en la generalización de los resultados.

A corto plazo la propuesta de acción es un estudio de tipo transversal en el que se evalúe nuevamente el desarrollo de la capacidad numérico ordinal, pero en esta ocasión

ampliando el rango de edades, abarcando otras etapas de desarrollo, para conocer de forma más exacta la continuidad y evolución del proceso de manera natural y sin ningún tipo de instrucción o entrenamiento que pueda influir en el resultado, controlando variables extrañas como el desarrollo, el lenguaje y la escritura, el contacto cultural específicamente la escolaridad y los dominios de la identificación de unidad, la cardinalidad y la categoría de número.

## Referencias

- Abbot-Smith, K., Lieven, E. & Tomasello, M. (2000). What preschool children do and do not with ungrammatical word orders. *Cognitive Development*, (16), 679-692.
- Ballem, K. & Plunkett, K. (2005) Phonological specificity in children at 1;2. *Journal of Child Language*, (32:1), 159-73.
- Berger, C. & Newman, R. (1984). Children's numerical estimation: flexibility in the use of counting. *Journal of educational psychology*, (76:1), 55-64.
- Biro, D. & Matsuzawa, T. (1999). Numerical in a chimpanzee (Pan Troglodytes): planning, executing and monitoring. *Journal comparative psychology*, (113:2), 178-185.
- Boysen, S. & Berntson, G. (1990). The emergence of numerical competence in the chimpanzee (Pan troglodytes). *Language and intelligence in animals: Developmental perspectives*. Cambridge University Press.
- Brannon, E. & Roitman, J. (2003). Nonverbal representations of time and number in animals and human infants. *Functional and neural mechanism of interval timing*. New York, NY: CRC Press. 143- 182.
- Brannon, E. & Terrace, H.S. (1998). Ordering of the numerosities 1-9 by monkeys. *Science* (282) 746- 749.
- Brannon, E. & Terrace, H.S. (2000). Representation of the numerosities 1-9 by Rhesus macaques (Macaca Mulatta). *Journal of experimental psychology: animal behavior processes*, (26:1), 31-49.
- Brannon, E. & Terrace, H.S. (2002). The evolution and ontogeny of ordinal numerical ability. *The cognitive animal*, Cambridge, MA: The MIT Press. 197-204.
- Brannon, E. & Van de Walle, G. (2001). Ordinal numerical knowledge in young children. *Cognitive Psychology*, (43), 53-81.
- Brannon, E. (2002). The development of ordinal numerical knowledge in infancy. *Cognition*. (83) 223-240.
- Brannon, E., Cantlon, J. & Terrace, H. (2006). The role of reference points in ordinal numerical comparisons by Rhesus macaques (Macaca mulatta). *Journal of experimental psychology: animal behavior processes*, (32:2), 120- 134.

- Buller, D. (2009). Evolution of Mind: Four Fallacies of Pop Evolutionary Psychology. *Scientific American*. January
- Carey, S. (2001). Evolutionary and Ontogenetic Foundations of Arithmetic. *Mind and Language*, (16:1), 37-55.
- Chomsky, N. (1980). Rules and representation. *New York: Columbia University Press*.
- Clayton, N. & Rusell, J. (2008). Looking for episodic memory in animals and young children: prospects for a new minimalism. *Neuropsychology*, online ISSN 0028-3932.
- Colombo, M. & Frost, N. (2001). Representation of serial order in humans: comparison to the findings with monkeys (*Cebus Apella*). *Psychonomic bulletin and review*. (8:2) 262- 269.
- Condry, K. & Spelke, E. (2008). The development of language and abstract concepts: the case of natural number. *Journal of Experimental Psychology*, (137:1), 22-38.
- Cordes, S., Gelman, R. & Gallistel, C. (2002). Variability signatures distinguish verbal from nonverbal counting for both large and small numbers. *Psychological bulletin and review*(8) 698-707.
- Davis, H. & Perusse, R. (1988). Numerical competence in animals: definitional issues, current evidence, and a new research agenda. *Behavioral and Brain Sciences*, (11), 561-615.
- Dehaene, S., Bossini, S. & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and numerical magnitude. *Journal of Experimental Psychology: general*, (122), 371-396.
- Dehaene, S. & Changeux, J. (1993). Development of elementary numerical abilities: a neural model. *Journal of Cognitive Neuroscience: general*, (5), 390-407.
- Fantz, R. & Fagan, J. (1975). Visual attention to size and number of pattern details by term and preterm infants during the first six months. *Child Development*, (46), 3-18.
- Fort, J. (1961). Secondary Reinforcement with Preschool Children. *Child Development*, (32:4) 755- 764.
- Gelman, R. & Gallistel, C. (2004). Language and the origin of numerical concepts. *Cognition and behavior*. (306) 441- 443.

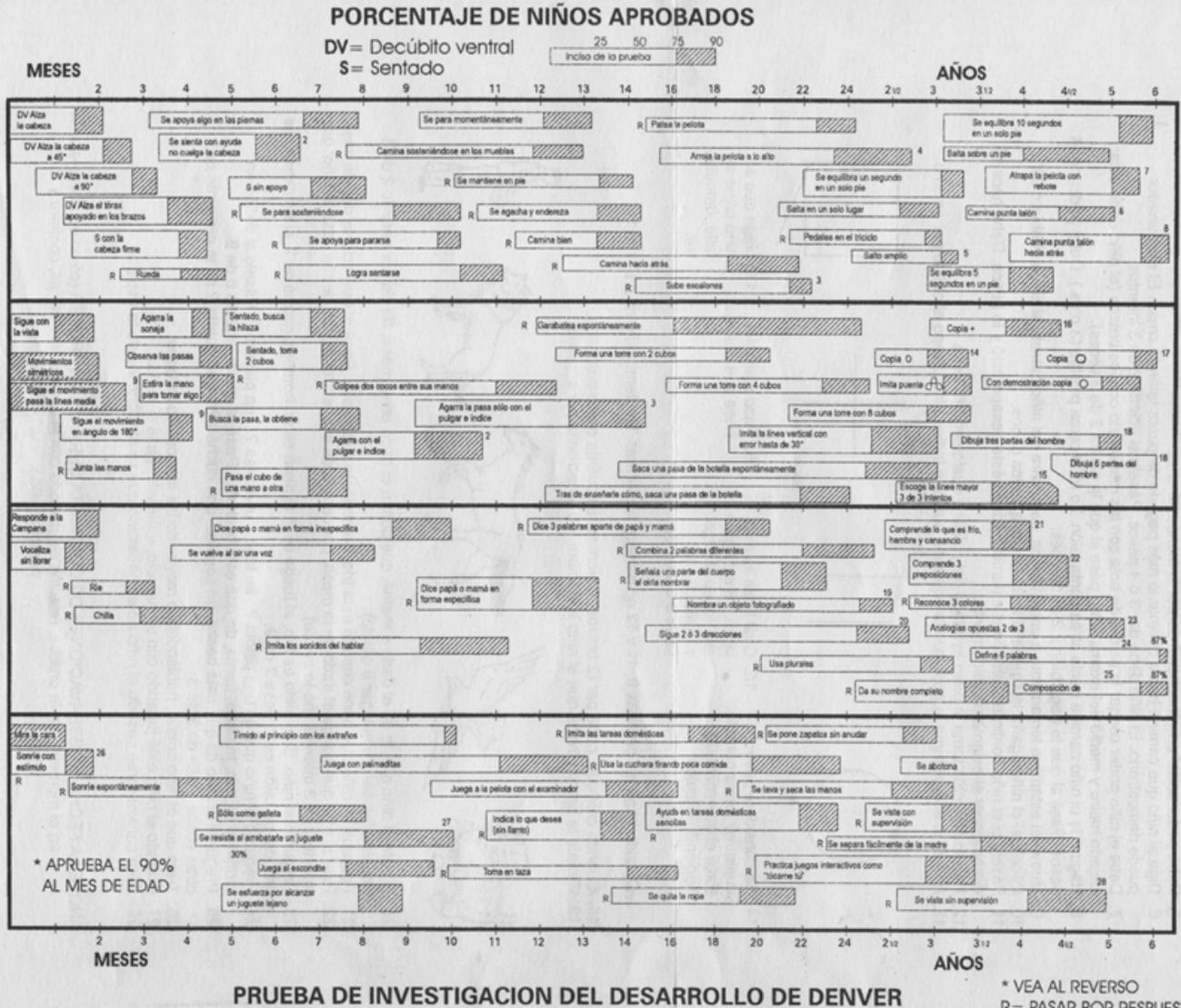
- Hauser, M. (2000). Wild Minds: what animals really think. (cap. 2, 3, 4), *Henry Holt*.
- Honig, W. & Staddon, E. (1975). *Manual de conducta operante*. (cap.10 y 11) Trillas. México.
- Kail, R. (1991). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychological Bulletin*, (109:3),409-501.
- Lee, D., McGreevy, B. & Barraclough, D. (2005). Learning and decision making in monkeys during a rock-paper-scissors game. *Cognitive Brain Research*, (25), 416-430.
- López De Nava, S. & Espinosa, J. (2010). Ordinalidad en la adquisición de una secuencia numérica en infantes. *XX Congreso de la Sociedad Mexicana de Análisis de la Conducta*.
- Mix, K., Huttenlocher, J. & Levine, S. (2002a). *Quantitative development in infancy and early childhood*. Oxford university press. New York.
- Mix K., Huttenlocher, J. & Levine, S. (2002b). Multiple Cues for Quantification in Infancy: Is Number One of Them?. *Psychological Bulletin*, (128:2), 278-294.
- Mix, K., Sandhofer, C. & Baroody, A. (2005). Number words and number concepts: the interplay of verbal and nonverbal quantification in early childhood. *Advances in child development and behavior*. 305- 346.
- Nieder, A. (2005). The legacy of Otto Koehler: counting on neurons: the neurobiology of numerical competence. *Nature Reviews Neuroscience*, (6), 177-190.
- Oesterreich, L., (2004). Understanding children "Language development". *Iowa State University*; Reviewed & Reprinted of January.
- Opfer, J.E. & Siegler, R.S. (2003). The development of numerical estimation: evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological science*, (14:3), 237-243.
- Orlov, T., Yakovlev, V., Hochstein, S. & Zohary, E. (2000). Macaque monkeys categorize images by their ordinal number. *Nature*, (404), 77-80.
- Piaget, J. (1952). The child's conception of number. *Routledge & Kegan Paul/ Humanities Press*.
- Papalia, D., Wendkos, S. & Duskin, R. (2010). Desarrollo humano. (Cap. 3- 6) *McGraw-Hill*, 11ª ed.

- Preston, R. & Fantino, E. (1991). Conditioned Reinforcement value and choice. *Journal of the Experimental Analysis Behavior*, (55: 2), 155-175.
- Reeve, K. (2011). Concept Formation, *Cadwell College*. Recuperado de: <http://faculty.caldwell.edu/kreeve/Ps635-Concept%20Formation.htm>  
31/05/2011 23:05 hrs.
- Rips, L., Bloomfield, A. & Asmuth, J. (2008). From numerical concepts to concepts of number. *Behavioral and brain science*, (31:6), 623-687.
- Rosati, G., Stevens, R., Hare, B. & Hauser, M. (2007). Report the evolutionary origins of human patience: temporal preferences in Chimpanzees, Bonobos, and adults humans. *Current Biology*, (17), 1663-1668.
- Soto, P., McDowell, J. & Dallery, J. (2005). Effects of Adding a Second Reinforcement Alternative Implications for Herrnstein's Interpretation of  $r_e$ , *Journal of the Experimental Analysis Behavior*, (84:2), 185-225.
- Spelke, E. (2000). Core knowledge. *American Psychologist*, (55), 1233-1243.
- Starkey, P. & Cooper, R. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, (210), 1033- 1035.
- Suanda, S., Thompson, W. & Brannon, E. (2008). Changes in the ability to detect ordinal numerical relationships between 9 and 11 months of age. *Infancy*, (13:4), 308-347.
- Subiaul, F., Romansky, K., Cantlon, J., Klein, T. & Terrace, H. (2006). Cognitive imitation in 2-year-old children (*Homo sapiens*): a comparison with rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Animal cognition*, (70:3) 1-7
- Swartz, K., Chen, S. & Terrace, H. (2000). Serial learning by Rhesus monkeys: II. Learning four-item lists by trial and error. *Journal experimental psychology: animal behavior processes*, (26:3), 274-285.
- Terrace, H.; Son, L. & Brannon, E. (2003). Serial expertise of Rhesus macaques. *Psychological science*, (14:1), 66-73.
- Tomasello, M. (2006). Acquiring linguistic constructions. In D. Kuhn & R. Siegler (Eds.), *Handbook of Child Psychology*. New York: Wiley.
- Towse, J. & Saxton, M. (1997). Linguistic influences on children's number concepts: methodological and theoretical considerations. *Journal of experimental child psychology*, (66), 362-375.

- Villarroel, J. (2009). Origen y desarrollo del pensamiento numérico: una perspectiva multidisciplinar. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, (7:1), 555-604.
- Wasserman, E. & Zentall, T. (2006). Comparative cognition. *Experimental explorations of animal intelligence* (cap. 22 y 23). Oxford university press. New York.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, (358), 749- 750.
- Wynn, K. (1996). Infants' individuation and enumeration of actions. *Psychological Science*, (7:3), 164-169.
- Wynn, K. (1997). Competence models of numerical development. *Cognitive development*, (12), 333-339.
- Zentall, T., Galizio, M. & Critcfied, T. (2002). Categorization, concept learning and behavior analysis: an introduction, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, (78:3), 237-248.

# Apéndice A

## Protocolo de aplicación y registro de la Escala de Investigación de Desarrollo de Denver

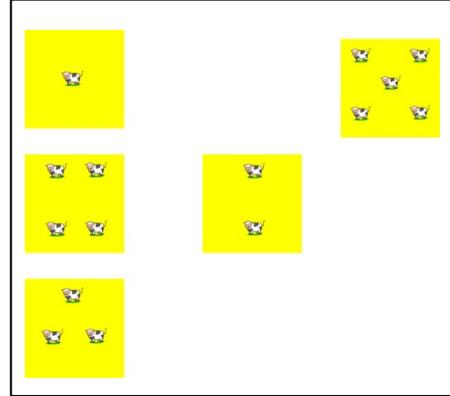
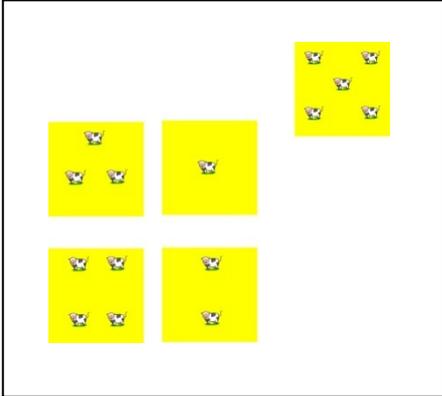


FECHA \_\_\_\_\_  
 NOMBRE EXAMINADOR \_\_\_\_\_

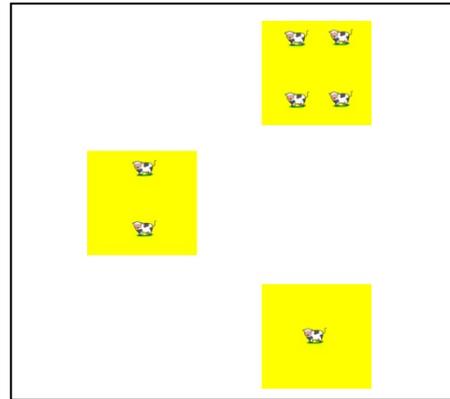
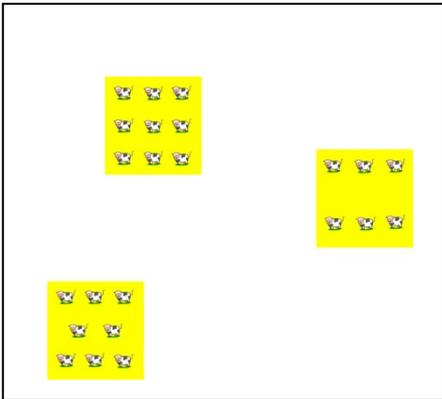
## Apéndice B

### Muestra de estímulos de la tarea experimental

Ejemplos de estímulos para la fase de entrenamiento

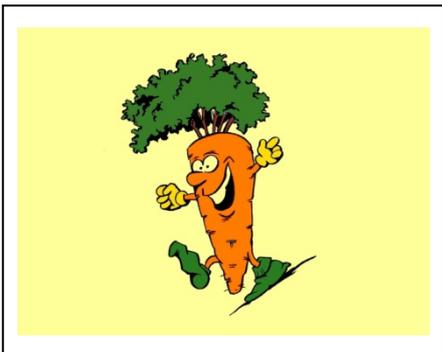


Ejemplos de estímulos para la fase de prueba



Reforzador Primario

Reforzador Secundario



Error

