

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO**



**COMPARACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE  
APRENDIZAJE DE CONCEPTOS EN ADULTOS Y NIÑOS**

**CARLA MANTEROLA MORDOJOVICH**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO  
MAGÍSTER EN CIENCIAS MÉDICAS Y BIOLÓGICAS  
MENCIÓN NEUROCIENCIAS**

**DIRECTOR DE TESIS: MARÍA DE LA LUZ AYLWIN O. Ph. D**

**2013**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO**

**INFORME DE APROBACIÓN TESIS DE MAGÍSTER**

**Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Magíster presentada por la candidata**

**CARLA MANTEROLA MORDOJOVICH**

**ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de Magíster en Ciencias Médicas y Biológicas con mención en Neurociencias en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día 25 de abril de 2013.**

**Prof. Dra. María de la Luz Aylwin Oslaté  
Directora de Tesis  
Facultad de Medicina**

**COMISIÓN INFORMANTE DE TESIS**

**Prof. Dra. Ledia Troncoso**

**Prof. Dra. María Isabel Behrens**

**Prof. Dr. José Luis Valdés  
Presidente Comisión**

A Joaco.

Quisiera agradecer a mi directora de tesis, Marilú. Por su dedicación y cariño en el aprendizaje de la neurociencia, pero especialmente por su enseñarme perseverancia.

## ÍNDICE:

1.- RESUMEN	3
2.- ABSTRACT	5
3.- INTRODUCCIÓN	7
A.- USO DE CONCEPTOS E IDENTIFICACIÓN	8
B.- APRENDIZAJE DE CONCEPTOS	14
C.- ETAPAS DE APRENDIZAJE EN NIÑOS	16
D.- DESARROLLO DE ESTRUCTURAS RELEVANTES EN EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS	18
4.- HIPÓTESIS	23
5.- OBJETIVOS	24
6.- MÉTODOS	25
7.- RESULTADOS	36
8.- DISCUSIONES	75
9.- CONCLUSIONES	90
10.- BIBLIOGRAFÍA	91
11.- ANEXOS	97

## RESUMEN:

El aprendizaje es un proceso cognitivo complejo, que permite la adaptación continua al medio ambiente. Una forma de aprendizaje de gran complejidad, presente en los seres humanos, es la generación de conceptos. Un concepto se define como la abstracción cognitiva de los elementos comunes entre diferentes estímulos que componen una categoría. El aprendizaje de conceptos es altamente adaptativo, permitiendo un comportamiento común ante todos los elementos incluidos en una categoría, incluyendo elementos nuevos pertenecientes a la categoría. La adquisición de conceptos y su correlato neuronal consistente en la activación del circuito hipocampo – corteza prefrontal ventromedial, han sido ampliamente estudiados en adultos (Kumaran et al. 2009). Por el contrario, existen pocos estudios sobre la adquisición de conceptos en niños. La evidencia anatómica, funcional y conductual indica que existen cambios sustanciales durante el desarrollo en la corteza prefrontal, que culminan en la adolescencia (Casey et al. 2005, Koizumi 2004). Estas diferencias en maduración de la corteza prefrontal podrían indicar diferencias en la adquisición de conceptos en niños y adultos.

Se estudió la adquisición de conceptos en niños de 5 años en comparación a los adultos. Se utilizó una tarea de aprendizaje basada en retroalimentación, en la que el sujeto debía predecir el clima con la presentación de patrones. Cada patrón se asocia al clima de manera determinística, por una regla que los sujetos desconocían. De este modo para lograr un buen rendimiento se requiere adquirir la regla común que permite categorizar, es decir, adquirir el concepto. Esta tarea en particular requiere descubrir el concepto que asocia un grupo estímulo con una respuesta que naturalmente no tiene relación.

A diferencia de los adultos quienes rápidamente adquieren el concepto, los niños no logran adquirir el concepto. Quienes presentan un mejor desempeño lo hacen a través de la identificación del patrón. La adquisición de conceptos para esta tarea fue excepcional entre los niños.

Los resultados presentados en este estudio contribuyen a determinar las estrategias utilizadas por niños al enfrentarse a una tarea de aprendizaje basada en la retroalimentación que requiere formación de conceptos, sin mediar instrucción. Su importancia radica en un acercamiento para comprender las capacidades cognitivas en las diferentes etapas del desarrollo.

## ABSTRACT:

Learning is a complex cognitive process that allows continuous adaptation to the environment. One form of complex learning, present in human being, is the generation of concepts. A concept is defined as cognitive abstraction of common elements between different stimuli that compose a category. Concepts learning is highly adaptive, allowing a common behavior to all items in a category, including new elements belonging to the category. The acquisition of concepts and their neural correlate involve the hippocampal - ventromedial prefrontal cortex circuit activation, which had been extensively studied in adults (Kumaran et al. 2009). By contrast, there are few studies on the acquisition of concepts in children. Studies demonstrate anatomical and functional changes during development in the prefrontal cortex, culminating in adolescence (Casey et al., 2005, Koizumi 2004). These differences in prefrontal cortex maturation may indicate differences in concept acquisition between children and adults.

We studied the acquisition of concepts in children 5 years compared to adults. We used a feedback based learning task, in which the subject had to predict the weather with the presentation of patterns. Each pattern is associated with climate deterministically, by a common rule that subjects were unaware. Thus to achieve good performance the subject is required to acquire the common rule that allows categorizing, acquiring the concept. This particular task requires discovering the concept that associates a stimulus with a response that naturally has no relationship.

Unlike adults who quickly acquire the concept, children do not acquire the concept. Those who perform better do through by pattern identification. The acquisition of concepts for this task was exceptional among children.



The results presented in this study contribute to determine the strategies used by children when faced with a feedback based learning task that requires concept formation, without any instruction. The importance of this investigation lies in an approach to understanding the cognitive abilities at different stages of development during childhood.

## INTRODUCCIÓN:

El aprendizaje es el proceso por el cual se adquieren conocimientos e información acerca del mundo, permitiendo un cambio de conducta en función de la experiencia. Un proceso muy relevante para el aprendizaje es la capacidad de retener lo aprendido, lo que depende de la memoria. La memoria es el proceso que subyace al aprendizaje y lo supera en el tiempo permitiendo la permanencia del aprendizaje en el tiempo.

Una forma de aprendizaje es la formación de conceptos. Los conceptos son abstracciones que permiten agrupar elementos en común. Así cuando nos encontramos con un perro en la calle, no debemos conocerlo, conocer su raza o sus antecedentes anteriores. Simplemente nos comportamos como lo hacemos ante cualquier perro, esperando una respuesta común con todos los otros perros que conocemos. Esto es posible ya que tenemos en nosotros el concepto “perro”. La formación de conceptos resulta altamente adaptativa, permitiendo relacionarnos con elementos novedosos con un bajo nivel de incertidumbre.

En la siguiente introducción revisaré la relevancia de la generación de conceptos y la forma de generarlos. Se describirá la importancia del lóbulo prefrontal y otras estructuras cerebrales en la generación de conceptos. Junto a esto, se expondrán cambios anatómicos y funcionales de estructuras cerebrales durante el desarrollo postnatal. Destacando los cambios en el lóbulo prefrontal que duran hasta la adolescencia. Dichos cambios podrían influir en la forma en que los niños forman conceptos.

## USO DE CONCEPTOS E IDENTIFICACIÓN

Al enfrentarnos a un estímulo se puede identificar como un objeto único o incluir dentro de un concepto conocido. Se ha identificado un grupo de neuronas en el lóbulo temporomedial que muestran actividad en la presencia de un estímulo, pero no de otros. Su activación es independiente de la forma con que el estímulo es presentado. Es decir la activación correspondía a la identificación de aquel estímulo como algo “único”. Esta respuesta se relaciona con la identificación de estímulos, generando una respuesta única ante su presencia (Freiwald et al. 2010, Quiroga. 2012). Sin embargo, cada día nos encontramos con múltiples objetos que no habíamos visto antes, a los que somos capaces de responder adecuadamente, sin mayor dificultad y en un corto tiempo. Nos comportamos de una manera estandarizada, logrando predecir la respuesta con la que nos encontraremos. Esto se logra fácilmente ya que conocemos el concepto que representa al estímulo novedoso. Utilizar conceptos es altamente adaptativo, ya que permite respuestas rápidas y con escaso esfuerzo. Es importante indicar que los conceptos son flexibles, así un perro en particular podría pertenecer a la categoría de animal, mascota, mamífero, seres vivos; o por otra parte ser identificado por su nombre. El uso de concepto y la identificación se utilizan de manera simultánea en múltiples ocasiones.

Las categorías se conforman por elementos que comparten elementos en común. La abstracción del elemento común entre los estímulos pertenecientes a una categoría se denomina “concepto” (Kumaran et al. 2009, Pan et. al 2012).

Existe una gran diversidad de tipos de categorías: por ejemplo hay categorías con reglas estrictas, otras con reglas amplias, otras basadas en aspectos generales o en una característica en particular de los estímulos, lo cual refleja una diversidad de procesos

utilizados durante la categorización. Debido a la relevancia cognitiva que representa el proceso mediante el cual se agrupan estímulos en diferentes categorías, éste ha sido extensamente estudiado. Sin embargo, aún no hay consenso sobre cuáles son los mecanismos neuronales básicos, incluyendo los distintos procesos de memoria que son reclutados durante la formación de categorías.

Existen varias aproximaciones al estudio del proceso por el cual un sujeto agrupa elementos relacionados entre sí, lo que se denomina “categorizar”. Durante este proceso el sujeto construye un concepto que representa a todos los integrantes de aquella agrupación. Quiero destacar la aproximación realizada por Ashby y Maddox ya que incluye los aspectos neurobiológicos en cada uno de los diferentes procesos de categorización (Ashby et al. 2005, Ashby et al. 2011). De acuerdo a su propuesta, el aprendizaje de las diferentes estrategias de categorización se relaciona con la participación de diferentes estructuras neuronales. Organizan los procesos de categorización de la siguiente manera:

**1.- Categorización basada en una regla:** En esta forma de categorización se utiliza una sola regla, la cual se denomina “regla óptima”. La regla involucra una sola dimensión de los elementos. Las diferencias de esa dimensión permitirán clasificar los elementos. Se trata de una regla simple y fácil de verbalizar, por ejemplo “las categorías se constituyen por el color del objeto”, así los conceptos serán “rojo”, “verde”, “amarillo”, etc. Esta forma de categorizar puede ser entregada a los sujetos por instrucción “Separa las figuras por su color”, o ser descubierta por quien esta categorizando. Si el sujeto debe descubrir como categorizar, deberá generar una hipótesis sobre la regla que permite la categorización, luego ésta debe ser probada en el medio. La hipótesis se mantendrá o será desechada dependiendo de la retroalimentación que le entregue el medio. La persistencia de este tipo de aprendizaje requiere memoria explícita. La memoria explícita es a la capacidad consciente de codificar,

almacenar y evocar información sobre hechos o eventos, es flexible y transferible y no requiere repetición, por lo que es de rápida adquisición. Es el tipo de memoria más utilizada por los seres humanos para la adquisición de nuevos conocimientos debido a su eficiencia (Milner et al. 1998, Squire. 2004). Las estructuras cerebrales involucradas en tareas que requieren memoria explícita son la corteza prefrontal, corteza cingulada anterior, cabeza del núcleo caudado y el hipocampo entre otras estructuras del lóbulo temporomedial (Ashby et al. 2011, Schnyer et al. 2009). La Figura 1 ejemplifica la categorización basada en una regla.

**2.- Categorización basada en integración de información:** Permite categorizar basándose en más de una dimensión de los elementos. Para lograr la categorización el sujeto debe tener en consideración múltiples dimensiones de los estímulos y saber ponderar su importancia. Es una tarea difícil de verbalizar. La categorización basada en la integración de la información requiere de memoria implícita. La memoria implícita no requiere que el sujeto se dé cuenta que está aprendiendo y necesita repetición. Es un tipo de memoria específica y no transferible a situaciones similares (Butters et al. 1995, Cohen et al. 1980). La memoria implícita tiene como principales sustratos neurobiológicos a los ganglios de la base, cerebelo, amígdala y al circuito dopaminérgico córtico-estriatal (Poldrack et. al 2008, Nomura et al. 2007, Schnyer et al. 2009). Fue descrito inicialmente por Beecher y Miller en el año 1957, al estudiar a un paciente a quien se le extirparon quirúrgicamente ambos lóbulos temporomediales. El paciente no lograba generar memorias explícitas, como reconocer a su médico tratante, pero mostró aprendizaje de tareas sensorio-motoras a través de la repetición (Beecher et al. 1957). Resulta fácil comprender el aprendizaje de tareas que requieren memoria implícita en tareas motoras, como andar en

bicicleta, pero este modo de aprendizaje también está presente en tareas cognitivas. La figura 2 ejemplifica la categorización basada en integración de la información.

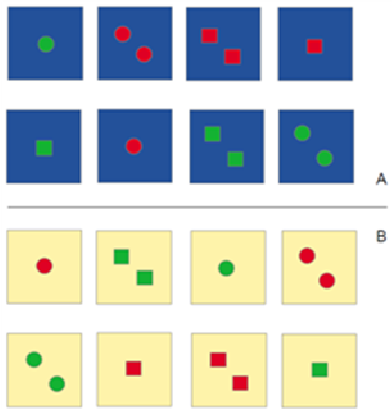
**3.- Categorización basada en prototipos:** La categorización se realiza al asignar un “prototipo”. Los elementos serán agrupados en las diferentes categorías según su similitud con el prototipo. Este proceso se observa con mayor claridad en las tareas en que el sujeto debe indicar si los estímulos “pertenecen” o “no pertenecen” a la categoría. En este proceso de aprendizaje habría participación de sistemas que involucran representación de memoria perceptual, como la corteza occipital. También existe participación del estriado (Casale et al. 2008, Zeithamova et al. 2008). Se ejemplifica la clasificación basada en prototipos en la figura 3.

La división en los procesos de categorización resulta útil para fines académicos, sin embargo aún no se conoce como los sistemas de memoria que subyacen a las diferentes formas de categorizar se relacionan entre sí. Se ha reportado una correlación negativa entre la activación del lóbulo temporomedial y el estriado en relación a un aprendizaje que requiere memoria explícita o implícita (Poldrack et al. 2001).

Como se ha descrito anteriormente el proceso de categorización requiere que el sujeto logre atender selectivamente a las dimensiones en común de los elementos que componen una categoría y desatienda a las dimensiones diferentes. El sujeto selectivamente dirige su atención a las dimensiones involucradas en el concepto, por ejemplo si el concepto es “flores” se atenderá selectivamente a la presencia de pétalos, pero no se debe atender al tamaño o color de ésta. El mecanismo que dirige la atención hacia el objetivo deseado se denomina control “top-down” (Petersen et al. 2012, Corbetta et al. 2002, Keri 2003). Su funcionamiento se relaciona con la corteza prefrontal, corteza cingulada anterior y estructuras relacionadas con los ganglios de la base. La mantención o disrupción del

control “top-down” será potenciado o disminuido por la señal de recompensa. La señal de recompensa es la retroalimentación recibida desde los ganglios de la base a la corteza prefrontal a través del neurotransmisor dopamina por el circuito mesocortical (Lisman et. al 2005, de Vries 2010, Wittmann et al. 2005, Schnyer et al. 2010, Schnyer et. al 2010, Seger, 2008) Debido a la importancia del circuito de recompensa en el proceso de categorización resulta relevante el estudio de aprendizaje de conceptos a través de una tarea basada en la retroalimentación.

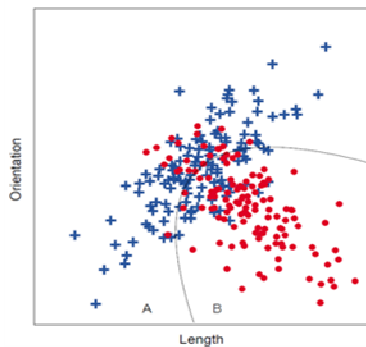
**Figura 1: Categorización basada en una regla.**



La categorización está determinada por una dimensión de los estímulos (en este caso: “color del fondo”). Los conceptos en cada categoría son claros y fáciles de verbalizar (en este caso: “fondo azul”, “fondo rosado”)

Ashby et al. 2001

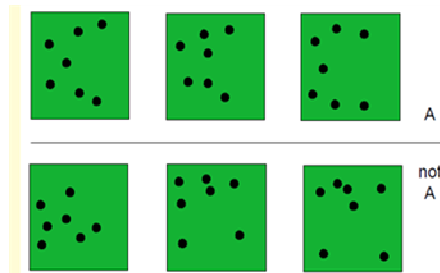
**Figura 2: Categorización basada en integración de la información.**



El éxito en la categorización está determinado por 2 o más dimensiones de los estímulos, por lo que el concepto que representa a cada categoría es difícil de verbalizar. Su aprendizaje es a través de la memoria implícita.

Ashby et al. 2001

**Figura 3: Categorización basada en prototipos**



La categorización basada en prototipos se basa en señalar si el estímulo se asemeja perceptualmente a un prototipo. Generalmente se trata de tarea de inclusión/exclusión.

Ashby et al. 2001

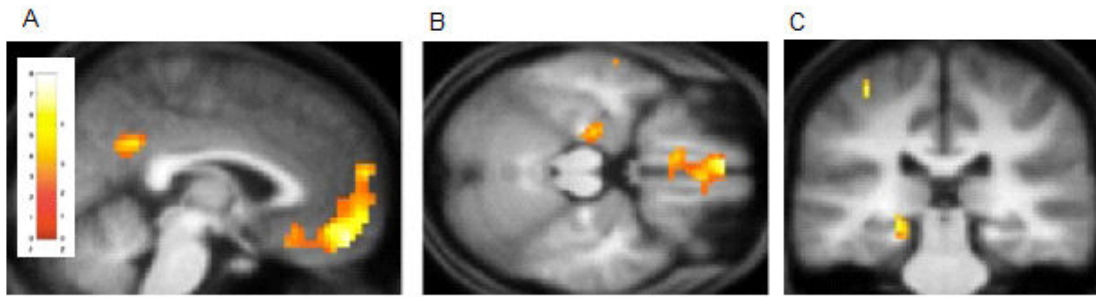


## APRENDIZAJE DE CONCEPTOS

Las categorías permiten agrupar estímulos con un significado común, frente a los que se entrega una respuesta homogénea, simplificando la representación mental. La abstracción del elemento común entre los estímulos que componen una categoría se denomina “concepto” (Kumaran et al. 2009, Pan et al. 2012). El aprendizaje de un concepto es el proceso mediante el cual el sujeto logra obtener una representación abstracta de los elementos en una categoría en base a las dimensiones comunes entre ellos.

Kumaran y cols (2007) establecen un rol fundamental del hipocampo en la adquisición de conceptos, al describir que pacientes con daño hipocampal bilateral no logran la adquisición de conceptos en una tarea basada en retroalimentación. Posteriormente estudiaron la actividad cerebral de sujetos sanos, usando imágenes funcionales, en el momento en que lograban aprendizaje de conceptos. Se observó mayor activación del hipocampo izquierdo, corteza cingulada posterior y corteza prefrontal ventromedial en el momento en que el sujeto presentaba éxito en la clasificación de los elementos, lo que indicaba la adquisición del concepto que permitía dicha clasificación. Se correlaciona la actividad entre el hipocampo izquierdo y la corteza prefrontal ventromedial, entregando evidencia que ambas estructuras actúan como un circuito en la adquisición y aplicación de conceptos. Diferencian el rol entre ambas estructuras, indicando al hipocampo como la estructura que codifica los conceptos, mientras que la corteza prefrontal ventromedial estaría involucrada en la toma de decisiones, basadas en objetivos, utilizando la información entregada desde el hipocampo. Los resultados obtenidos por Kumaran al utilizar resonancia magnética funcional durante el proceso de adquisición de conceptos en adultos sanos se muestran en la figura 4 (Kumaran et al. 2009).

**Figura 4: Adquisición de conceptos y actividad cerebral**



Kumaran et al. 2009. Neuron 63: 899 - 901

*Resultados de resonancia magnética funcional de sujetos sanos durante la adquisición de conceptos. Se observa activación del circuito hipocampo – corteza prefrontal ventromedial en relación a la adquisición de conceptos (A: corte lateral, B: corte axial). Cuando el sujeto debe transferir lo aprendido a una situación nueva se observa una activación significativa del hipocampo izquierdo (C: corte coronal)*

## ETAPAS DE APRENDIZAJE EN NIÑOS.

Los procesos de aprendizaje en niños se han estudiado hace bastante tiempo, principalmente desde una perspectiva fenomenológica desde la psicología tradicional. Hace 80 años, Jean Piaget propone que el desarrollo cognitivo es un proceso ordenado y gradual, el que no puede acelerarse. En la teoría constructivista del aprendizaje describe las siguientes etapas sucesivas en el desarrollo cognitivo de los niños:

**1.- Estadio sensorio – motor:** En esta etapa el niño descubre su entorno confiándose en sus reflejos y luego en percepciones sensoriales. Incluye la etapa desde el nacimiento hasta la adquisición del lenguaje.

**2.- Estadio preoperatorio:** Se caracteriza por acciones mentales que no clasifican como operaciones por su vaguedad, inadecuación, falta de flexibilidad y falta de conservación. El niño aprende a representar y usar objetos a través de las palabras e imágenes. La etapa se extiende desde los 2 hasta los 7 años. Durante la segunda mitad de esta etapa se clasifica la sub-etapa intuitiva, en que el niño se da cuenta de que sabe, pero no cómo lo sabe. Muestra gran interés en “el por qué” de las cosas.

**3.- Estadio de operaciones concretas:** Entre los 7 y 11 años, el niño es capaz de usar operaciones lógicas para la resolución de problemas. Puede llegar a generalizaciones. Difícilmente logra llevar su capacidad resolutoria a situaciones abstractas.

**4.- Estadio de operaciones abstractas:** Desde los 12 años en adelante, el sujeto es capaz de resolver lógicamente situaciones abstractas.

La diferenciación de estas etapas establece diferentes capacidades para niños de diferentes edades, estableciendo una temporalidad para el desarrollo. Esto resulta fundamental, ya que se plantea un “tiempo” para adquirir destrezas cognitivas y no hace referencia al entrenamiento o exposición

La hipótesis de que existen “momentos” en que el sujeto es capaz de aprender una habilidad en particular sigue presente en la actualidad. Estudios con niños prematuros (nacidos a las 28 semanas de gestación) y niños de término (nacidos a las 40 semanas de gestación), muestran que el reconocimiento del ritmo del lenguaje materno, se alcanza en igual momento si se compara por edad corregida (edad entregada a niños de pretérmino al corregir por el momento que deberían haber nacido si hubieran tenido un tiempo gestacional completo – 40 semanas). Indicando que la habilidad de reconocer el ritmo del lenguaje materno en las primeras etapas de la vida, esta dado por maduración cerebral y no sólo por la exposición al lenguaje. Propone la existencia de “periodos críticos para el aprendizaje”, los que no son exclusivamente dependientes del medio externo ni influenciados por la instrucción dirigida. Es el momento en que el sujeto puede aprender una habilidad específica de la manera más eficiente, si se expone a lo aprendido. (Peña et al. 2010).

El aprendizaje se define como un cambio en la conducta en función de la experiencia. Esta experiencia debe encontrarse con un sustrato neurobiológico que permita alcanzar el aprendizaje. Como se discutirá a continuación existen múltiples cambios en la anatomía y conectividad cerebral en función del desarrollo que podrían aproximarse a explicar cambios en el aprendizaje durante la infancia y adolescencia.

## DESARROLLO DE ESTRUCTURAS RELEVANTES EN EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS

Se ha descrito que el aprendizaje tiene relación con procesos de maduración cerebral y no solo con la exposición al medio ambiente. Así es fundamental conocer el desarrollo del sistema nervioso para comprender los cambios en el aprendizaje.

Durante el desarrollo cognitivo de los niños interactúan componentes genéticos con la experiencia y finalmente a partir de esta interacción se produce la maduración del cerebro. Numerosos estudios han caracterizado los cambios estructurales del cerebro durante el desarrollo y su relación con el desarrollo de los procesos cognitivos. Destaca el cambio desde la activación general hacia la focalidad (Durston et al. 2006) entre los que se encuentran el desarrollo tardío del lóbulo prefrontal (Often et al. 2007) y el aumento de conectividad en los ganglios de la base y la corteza prefrontal (Sowell et al. 1999). Un estudio muestra las diferencias de activación cerebral entre niños de diferentes edades al realizar la tarea de Piaget “Conservación de números”. En esta tarea se presentan dos filas con la misma cantidad de objetos, pero una de ellas tiene mayor espacio entre los objetos, presentando un largo total mayor. Los niños entre 9 y 10 años indican que ambas filas presentan la misma cantidad de objetos, mientras que los niños menores, entre 5 y 6 años, que son principalmente intuitivos, usan las diferencias visuo-espaciales entre las dos líneas para indicar que tienen diferente cantidad de objetos. Los niños con buen rendimiento en la tarea muestran mayor actividad en áreas parietales bilaterales, principalmente la derecha, y en la corteza prefrontal. La activación del giro frontal inferior está relacionada con el control inhibitorio de la memoria trabajo que en esta tarea significa reconocer que el

aumento del largo total de la fila no indica aumento de los elementos (O'Houdé et al. 2011).

La corteza prefrontal es fundamental en procesos cognitivos superiores como; control ejecutivo, planeamiento, memoria trabajo, inhibición toma de decisiones y pensamiento abstracto. Para el aprendizaje de conceptos se requieren dichos procesos, ya que como se ha discutido se debe generar un hipótesis, mantenerla en el tiempo, probarla en el medio ambiente e inhibirla cuando es necesario (Randall et al. 2002). El rendimiento en tareas de función ejecutiva se correlaciona directamente con la edad, mostrando un desempeño progresivo en función de la edad entre los 5 y los 21 años (Huizinga et al. 2006).

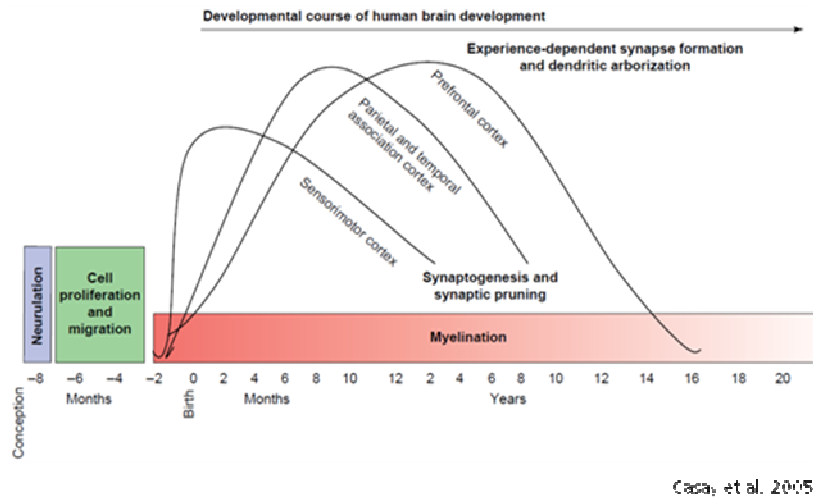
Estudios imagenológicos muestran que el desarrollo es un proceso dinámico de progresión y regresión. En forma general la sustancia gris muestra un crecimiento en forma de "U" invertida en las cortezas, mientras la sustancia blanca presenta un aumento progresivo hasta el inicio de la vida adulta, lo que se ha interpretado como el proceso de mielinización por oligodendrocitos, con el consecuente aumento en la conectividad entre las diferentes áreas. Las áreas involucradas en tareas primarias como las áreas sensorio-motoras se desarrollan antes que las involucradas en tareas de mayor orden, como la corteza prefrontal (Casay et al. 2005, Koziumi 2004). Se ha observado que los niños presentan una mayor densidad de espinas sinápticas que los adultos, la poda neuronal en la corteza prefrontal es más tardía y de mayor duración en comparación a otras cortezas (Kolb et al. 2012) La figura 5 muestra un esquema de la temporalidad del desarrollo de la corteza prefrontal en comparación a otras cortezas.

La memoria explícita mejora durante la niñez. Esto se ha atribuido principalmente a los cambios en el desarrollo del lóbulo prefrontal, sin embargo también ocurren cambios en

el hipocampo que contribuyen a este fenómeno. Se han observado cambios durante el desarrollo en la estructura del hipocampo. Aunque no se observaron cambios en el tamaño total del hipocampo entre los 4 y los 25 años, hubo un aumento de tamaño del polo posterior y una disminución del polo anterior. Este cambio estructural fue mayor en el hipocampo izquierdo que en el derecho (Gogtay et al. 2006). Funcionalmente se observa una estrecha relación entre el recuerdo de un estímulo y la activación del polo anterior del hipocampo. En niños no se observa esta relación debido a una gran variabilidad en la activación del hipocampo entre los sujetos. Se infiere que el cambio de volumen se asocia a un reclutamiento más fino en relación al reconocimiento de objetos. En la cola posterior se observa que en niños hay una relación entre la asertividad de la asociación del estímulo presentado y su contexto con la activación, mientras que en adultos la activación se relaciona con identificar el estímulo como conocido o desconocido (De Master et al. 2012). Los cambios del hipocampo durante el desarrollo son fundamentales en el aprendizaje de conceptos, ya que como se observó en el estudio de Kumaran y cols (2009) esta área sería responsable de “codificar” la abstracción obtenida para luego enviar la información a la corteza prefrontal quien la utilizaría en función de sus objetivos.

Los sistemas de atención también cambian durante el desarrollo. Se denomina auto-regulación a la habilidad de control reflexivo de inhibir una respuesta a una de menor dominancia. La auto-regulación se relaciona con mecanismos atencionales “top-down” en el que el sujeto dirige su atención según sus intereses y objetivos. El desarrollo de la auto-regulación se relaciona con cambios en el desarrollo que progresan de conexiones locales a conexiones más globales. Su desarrollo se relaciona directamente con la conectividad en la corteza cingulada anterior al lóbulo frontal y parietal (Rothbart et al. 2011).

**Figura 5: Cambios en el desarrollo del cerebro.**



*La corteza prefrontal muestra una sinaptogénesis, poda neuronal y mielinización más tardía en comparación a otras cortezas cerebrales.*



Existe poca información sobre el modo en que los niños adquieren conceptos. Se ha visto evidencia de aprendizaje declarativo como no declarativo en niños de diferentes edades. Es fundamental destacar la dificultad en el estudio de tareas de aprendizaje que requieran memoria declarativa, debido a la fuerte influencia que la verbalización tiene sobre ella. Se teoriza que niños en etapas pre-verbales, utilizarían un mecanismo de aprendizaje diferente al de los adultos (Thomas, 2001). Se ha comparado la capacidad de categorizar luego de ser instruido en el concepto que permite la categorización en niños y adultos, mostrando un desempeño similar. La tarea en ese estudio se relacionaba con una categorización basada en similitudes perceptuales (Livingston et al. 2005).

En el presente estudio evaluaré el aprendizaje de conceptos por medio de una tarea basada en retroalimentación. El objetivo es que el sujeto descubra el concepto sin mediar instrucción. Una estrategia posible es que el sujeto presente una hipótesis, la cual pruebe en el sistema y la mantenga o cambie dependiendo de los éxitos o fracasos obtenidos. La hipótesis busca el concepto entre estímulos con igual respuesta correcta. Una segunda alternativa es identificar cada elemento en forma individual sin integrar las características en común entre los estímulos, es decir el sujeto no adquiere el concepto. Infiero que el aprendizaje basado en un concepto es más eficiente que el basado en la identificación. Debido al rol fundamental del lóbulo prefrontal en la formación de conceptos y el desarrollo tardío de éste, infiero que los niños no logran presentarán aprendizaje de conceptos como los adultos.

## HIPÓTESIS:

- Los niños no logran formación de concepto, por lo tanto no muestran conocimiento explícito de la regla subyacente y solo identifican patrones individuales. Los adultos logran formación de concepto, presentan conocimiento explícito de la regla, identificando patrones con elementos comunes.

## OBJETIVOS:

### General:

- Determinar las diferencias en el rendimiento y estrategias de aprendizaje de conceptos, modalidad espacial y no espacial, en niños y adultos.

### Específicos:

- Comparar el rendimiento final en una tarea de aprendizaje de conceptos y su relación con el conocimiento explícito de la tarea en niños y adultos.
- Comparar el la velocidad de aprendizaje entre niños y adultos en una tarea de aprendizaje de conceptos en modalidad espacial y no espacial.
- Determinar las diferencias en las estrategias de aprendizaje entre niños y adultos en una tarea de aprendizaje de conceptos en modalidad espacial y no espacial.

## MÉTODOS:

### SUJETOS:

Participaron en el estudio 20 niños de 5 años (10 mujeres y 10 hombres), todos ellos cursando kínder pertenecientes a diferentes estratos socioeconómicos. Conjuntamente participaron 20 adultos entre 25 y 35 años (promedio:  $29,3 \pm 2,2$  años, 10 mujeres y 10 hombres), todos ellos con educación superior completa. Se excluyó del estudio a niños y adultos que reportaran alteraciones del aprendizaje, patologías neuropsiquiátricas o que estuvieran recibiendo medicamentos neuropsiquiátricos y aquellos con alteraciones sensoriales no corregidas. En el caso de los niños se solicitó a los profesores seleccionar a niños con rendimiento promedio.

Los adultos firmaron un consentimiento informado. En el caso de los niños el consentimiento informado fue firmado por los padres y/o encargado del colegio. Se solicitó un asentimiento por parte de los niños previo a su participación. El proyecto fue aprobado por el comité de ética de investigación en seres humanos. Universidad de Chile – Facultad de Medicina (Proyecto N° 071-2012). Acta de aprobación presentada en Anexo 1.

### TAREA Y PROCEDIMIENTO:

La tarea adaptada de Kumaran y cols (2009) consiste en un “juego” en que el sujeto debe predecir el clima (“sol” o “lluvia”), asociado a un patrón visual. La asociación entre el patrón visual y el clima está definida por una regla, espacial o no-espacial, que los sujetos desconocen. Se utilizó una sola regla para los 8 patrones a diferencia de Kumaran y cols (2009) que utilizaron ambas reglas en forma combinada. Esta modificación se realizó sobre

la base de resultados preliminares utilizando la tarea combinada en niños de 5 y 6 años, que indicó la incapacidad de aprendizaje de la tarea con reglas combinadas en niños.

Se utilizaron 8 patrones visuales diferentes, que se construyen con 2 de 4 figuras geométricas en 2 de 3 posiciones posibles. Los 8 patrones son presentados de manera balanceada, sin repetir el mismo patrón 2 veces seguidas para disminuir los efectos de memorización de patrones. Se presentaron un total de 240 ensayos, divididos en 6 bloques de 40 ensayos cada uno. Los bloques están separados por un periodo de descanso definido por el sujeto con una duración máxima de 1 minuto.

Los participantes se dividieron aleatoriamente en dos grupos, regla espacial y regla no espacial (Figura 6). El éxito de la tarea depende de la capacidad del sujeto en descubrir el elemento relevante que permitía clasificar las figuras relacionadas a “sol” o “lluvia”.

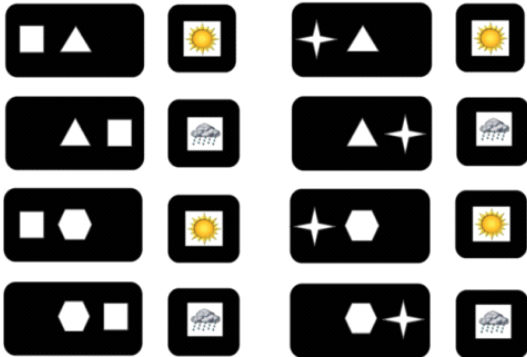
La tarea se inicia con la presentación en la pantalla de las instrucciones en forma escrita (Figura 7). El investigador leyó las instrucciones directamente de la pantalla a los niños. Se indica que en caso de obtener buenos resultados se entregará un premio al finalizar la tarea, consistente en un chocolate. El premio se utilizó como estímulo motivante.

Posterior a la presentación de las instrucciones se presentó la tarea. Cada ensayo consiste en una imagen de fijación visual en el centro de la pantalla con una duración de 500 milisegundos (ms), seguido del patrón visual que se mantiene hasta que el sujeto responda, con un tiempo máximo de 3000 ms. El sujeto debe presionar una de las dos teclas del computador correspondientes a “sol” o “lluvia” durante el periodo de presentación del patrón visual, si no responde en el tiempo establecido respuesta es considerada como omitida (Figura 8).

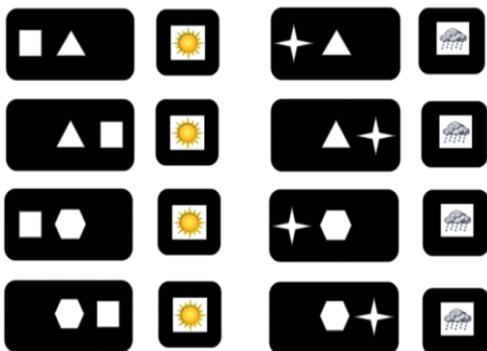
Luego que el sujeto responde, en forma inmediata, se entrega la retroalimentación correspondiente. Si la predicción fue correcta se muestra una figura de chocolate y la frase “MUY BIEN”, junto a un sonido agudo. Si la predicción fue incorrecta se presenta la figura que representa la pérdida de chocolate y la frase “INCORRECTO”, junto a un tono desagradable. La presentación del refuerzo tiene una duración de 1000 ms. Cada ensayo es sucedido por el siguiente después de la imagen de retroalimentación.

Una vez finalizada la tarea se realizó una prueba para medir el conocimiento explícito de la tarea. El conocimiento explícito del concepto se realizó con una hoja de papel en la que se presentaron los ocho patrones visuales presentados en la tarea, más cuatro patrones nuevos. Los patrones nuevos fueron construidos con las mismas figuras geométricas, pero en asociaciones no utilizadas. Los sujetos indicaron si los patrones correspondían a “sol” o “lluvia”. Los adultos lo hicieron mediante escritura y los niños a través de dibujos. Esta prueba se realizó sin restricción de tiempo y no se entregó retroalimentación (Figura 9).

**Figura 6: Resultados correctos para las diferentes reglas en la tarea.**

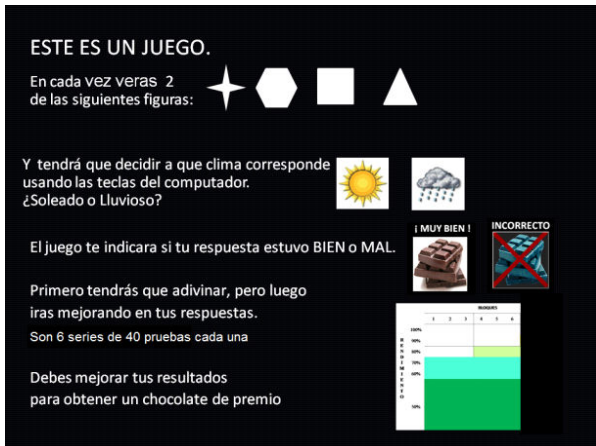


Regla Espacial: La asociación entre patrón y clima se determina por la posición de la figura lateral. Si la figura lateral (cuadrado o estrella) está a la izquierda de la figura central (triángulo o hexágono) predice “sol”, si se encuentra a la derecha predice “lluvia”.



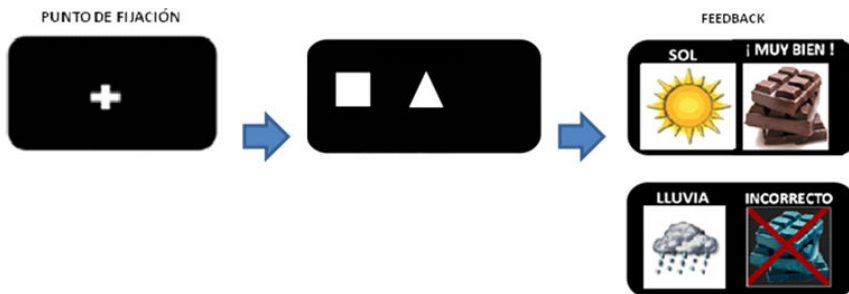
Regla No-espacial: La asociación entre patrón y clima está determinada por la forma de la figura lateral (cuadrado o estrella). Si esta es “cuadrado” predice “sol”, si es “estrella” predice “lluvia”.

**Figura 7: Instrucciones.**



*Las instrucciones se presentan en forma escrita, a los niños se les lee directamente de la pantalla.*

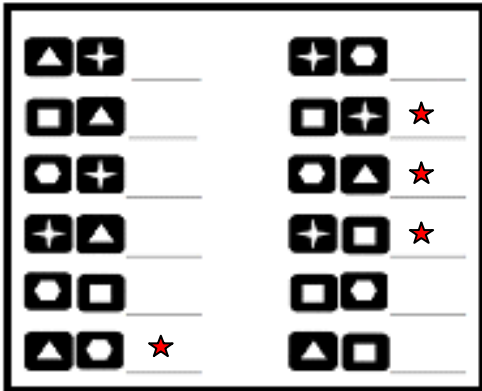
**Figura 8: Ensayos de aprendizaje.**



*Se presenta el punto fijación visual por 500 ms., seguido del patrón visual por un máximo de 3000 ms., Después de la respuesta del sujeto se muestra la retroalimentación correspondiente, asociado a la respuesta entregada, figura de chocolate y la frase muy bien asociado a un sonido agradable, en caso que sea correcto, o figura de chocolate tachado, la frase "incorrecto" y un sonido desagradable, en caso de una respuesta incorrecta. La retroalimentación se presenta por un tiempo 1000 ms.*



*Figura 9: Medición de conocimiento explícito de la tarea.*



*El conocimiento explícito fue evaluado al finalizar la tarea. En éste los participantes debían indicar cuales figuras predecían “sol” y cuales predecían “lluvia”. Se incluyó cuatro figuras que no fueron presentadas en los ensayos, construidas con las mismas figuras geométricas (marcadas en esta ocasión con una estrella roja), para evaluar transferencia de la regla aprendida.*

## PRESENTACION DE ESTÍMULOS Y REGISTRO DE RESULTADOS.

La presentación de los estímulos se realizó en un monitor de 21 pulgadas, con el sujeto ubicado a 60 cm del centro de la pantalla correspondiente al punto de fijación, la distancia es suficiente para la visualización completa de la pantalla sin mover la cabeza.

La respuesta de los sujetos se registrará mediante el uso del teclado del computador al cual se le modificaron la flecha vertical dirigida hacia arriba para “sol” y la flecha vertical dirigida hacia abajo para “lluvia”. Se escogieron estas teclas por su fácil acceso y también para evitar asociación de lateralidad de figuras con la ubicación de las teclas de respuesta.

El programa de presentación de estímulos incluyendo la interfaz gráfica y el registro de la respuesta de los sujetos se construyó utilizando LabWindows (CVI 6.0, National Instruments, USA).

## ANÁLISIS DE DATOS:

El rendimiento grupal se analizó en bloques de ocho ensayos (Respuestas correctas/respuestas obtenidas). Para el estudio del tiempo de respuesta, se consideró desde el inicio del ensayo con la presentación del patrón, hasta que el sujeto respondió apretando la tecla. El tiempo fue medido en milisegundos (ms). Éste también fue analizado en bloques de ocho ensayos.

Se ha destacado la importancia del análisis individual de las curvas de aprendizaje, indicando la variabilidad dentro de los grupos en tiempo hasta que logran aprendizaje, nominado latencia; velocidad de aprendizaje y máximo rendimiento alcanzado (Galister et al. 2004). Para lograr obtener una mejor estimación del proceso de aprendizaje individual, y así estudiar diferencias individuales en los procesos de aprendizaje utilizaremos el modelo estado-espacio (Smith et al. 2004). Este modelo permite construir curvas individuales para

cada sujeto definidas como la probabilidad de una respuesta correcta en función del número de ensayos expuestos y las respuestas previamente obtenidas. Es decir, entrega la probabilidad de obtener una respuesta correcta para cada ensayo de la tarea. Con la construcción de esta curva logramos observar diferentes parámetros que nos permiten caracterizar el aprendizaje de cada sujeto en particular:

**1.- Ensayo de aprendizaje**, definido como el momento en el cual un sujeto rinde mejor que el azar con un intervalo de confianza mayor al 95%, y se mantiene sobre ésta.

**2.- Rendimiento máximo**, definido como el momento de la tarea en que no se observa nuevo aprendizaje, ya que el sujeto ha aprendido la tarea. El sujeto muestra un desempeño constante.

**3.- Latencia**, definido como la cantidad de ensayos transcurridos desde el inicio del aprendizaje hasta alcanzar el ensayo de aprendizaje

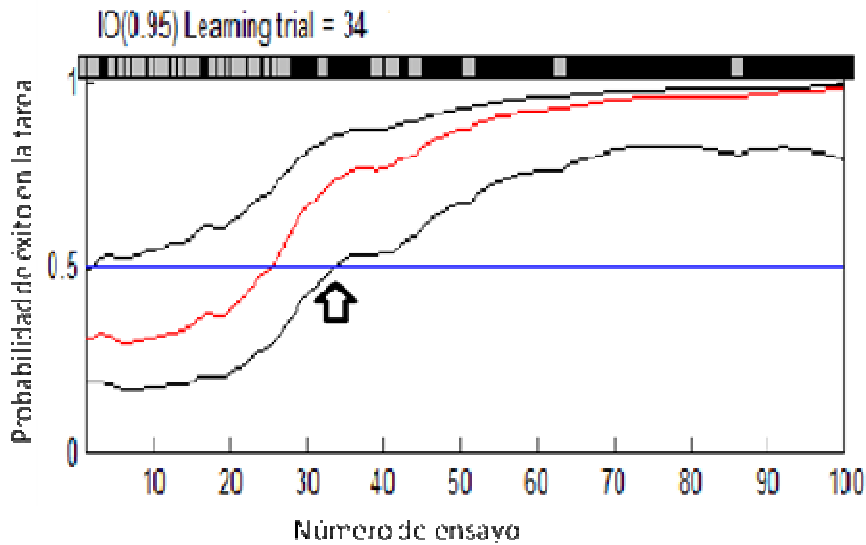
**4.- Velocidad de aprendizaje**, definido como la cantidad de ensayos transcurridos desde que se alcanza en ensayo de aprendizaje y el rendimiento máximo. La figura 11 muestra un ejemplo de curva de aprendizaje según el modelo espacio-estado.

Para el estudio de estrategias de aprendizaje, se realizarán curvas de aprendizaje por patrones para cada individuo. Se construye la curva de aprendizaje para cada patrón en forma individual, determinando el ensayo de aprendizaje, nivel máximo de aprendizaje y velocidad de aprendizaje para cada uno de ellos. Su comparación permite identificar si el aprendizaje se logra en forma simultánea o si existe un aprendizaje individual y sucesivo para cada uno de los patrones, permitiendo inferir si hubo un aprendizaje del concepto o una memorización de cada patrón individual. Ejemplifico el estudio de aprendizaje por patrones en la figura 12.

Las curvas de aprendizaje se construyen utilizando el modelo estado-espacio, según las herramientas obtenidas en [www.neurostat.mit.edu](http://www.neurostat.mit.edu). (Kumaran et al 2007, Smith et al. 2004).

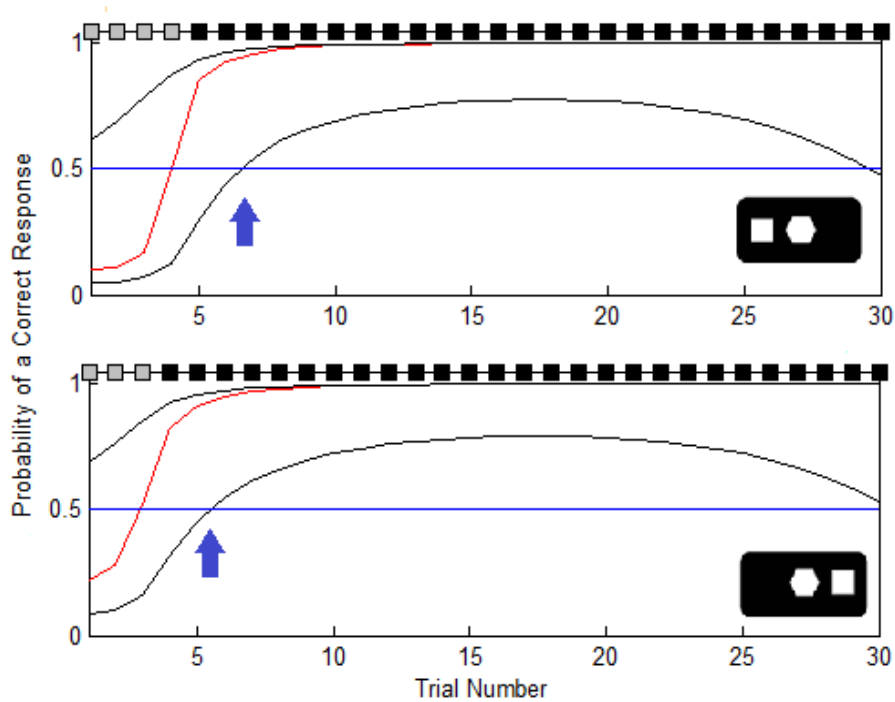
El análisis estadístico para determinar diferencias entre los grupos en rendimiento y tiempo de respuesta se realizó utilizando ANOVA modelo mixto de dos factores. La comparación entre los adultos y niños para evaluar diferencias en el número de sujetos que logra aprendizaje, latencia de aprendizaje y análisis de identificación y transferencia se realizó utilizando ANOVA. Las diferencias entre las curvas individuales de aprendizaje y entre los patrones se realizaron con una correlación de Pearson de una cola.

**Figura 10: Curva de aprendizaje en el modelo espacio-estado.**



Curva de aprendizaje obtenida con los datos de un sujeto en la tarea de adquisición de conceptos del estudio. En el extremo superior se muestran las respuestas del sujeto indicando correcto o incorrecto, con negro o gris respectivamente. La curva muestra la probabilidad de respuestas correctas durante los primeros 100 ensayos (línea roja), con un intervalo de confianza del 95% (línea negra). Se indica la probabilidad de respuestas correctas por azar (línea azul). Cuando la probabilidad de una respuesta correcta es superior a la indicada por azar, con un 95% de confianza, indicamos que hubo aprendizaje. Se define como “ensayo de aprendizaje” el primer ensayo en que el 95% de confianza sobrepasa el azar y se mantiene sobre éste. Para este sujeto eso ocurre en el ensayo número 34 (Indicado con una flecha negra).

**Figura 11: Análisis de aprendizaje por patrones**



*Se construye una curva de aprendizaje con el modelo espacio-estado para cada patrón en forma independiente. Esta figura muestra el aprendizaje para dos patrones en un sujeto del estudio. Se observa una relación temporal en el aprendizaje, los ensayos de aprendizaje para el patrón superior e inferior, son el 7° y 6° respectivamente. La relación temporal del ensayo de aprendizaje para todos los patrones en los diferentes individuos permitiría inferir la adquisición del concepto que determina el clima o la memorización individual de cada patrón.*

## RESULTADOS:

En función de comparar la adquisición de conceptos en niños y adultos se analizó el rendimiento y las estrategias usadas en la tarea de adquisición de conceptos a través de retroalimentación previamente descrita. El análisis de rendimiento compara de manera grupal y por individuo el desempeño en la tarea, determinando quienes se adaptan con mayor éxito, es decir aprenden. El análisis de estrategias evalúa, a través del rendimiento de patrones individuales y la comparación temporal del rendimiento entre ellos, juntos con la evaluación de identificación de los patrones y transferencia del concepto, lo que permite categorizar situaciones novedosas.

El éxito en la tarea esta dado por la relación de un grupo de patrones que comparten un concepto en común con una respuesta específica. Sin embargo, los sujetos pueden atender a elementos externos al patrón, que podrían estar influyendo en la forma en que los sujetos responden. El análisis de elementos externos se denomina análisis de sesgo. El análisis de sesgo es presentado inicialmente ya que para evaluar coherentemente los resultados obtenidos es importante descartar factores externos que interfieran con el aprendizaje. El aprendizaje de conceptos fue evaluado grupalmente para niños y adultos al comparar el rendimiento en la tarea. La alta diversidad dentro de los grupos es evaluada al determinar rendimiento por características además de la edad. El rendimiento también fue evaluado individualmente.

El análisis de rendimiento puede comparar el aprendizaje de conceptos en esta tarea. Sin embargo, no logra ilustrar las estrategias con las que se logra dicho aprendizaje. Para evaluar las estrategias utilizadas se evaluó el rendimiento por patrón, comparando la temporalidad del aprendizaje de patrones en cada individuo.

Los conceptos son la abstracción que representan los elementos dentro de una categoría. Una vez que el sujeto adquiere el concepto debe ser capaz de utilizarlo en situaciones novedosas. Se midió la adquisición del concepto al evaluar la identificación de los patrones conocidos y la transferencia del conocimiento a situaciones novedosas.

## ANÁLISIS DE SESGO

El primer punto en el análisis de los resultados fue descartar la presencia de elementos externos al aprendizaje de conceptos que influenciaran la forma en que los sujetos respondían. El experimento fue diseñado de manera de balancear la presentación de todos los patrones. Cada patrón fue presentado igual cantidad de veces y con una frecuencia similar, sin presentar el mismo patrón dos veces seguidas ni mantener una secuencia preestablecida. Las respuestas correctas también fueron balanceadas, siendo un 50% de las veces a “sol” y en el otro 50% de las oportunidades a “lluvia”.

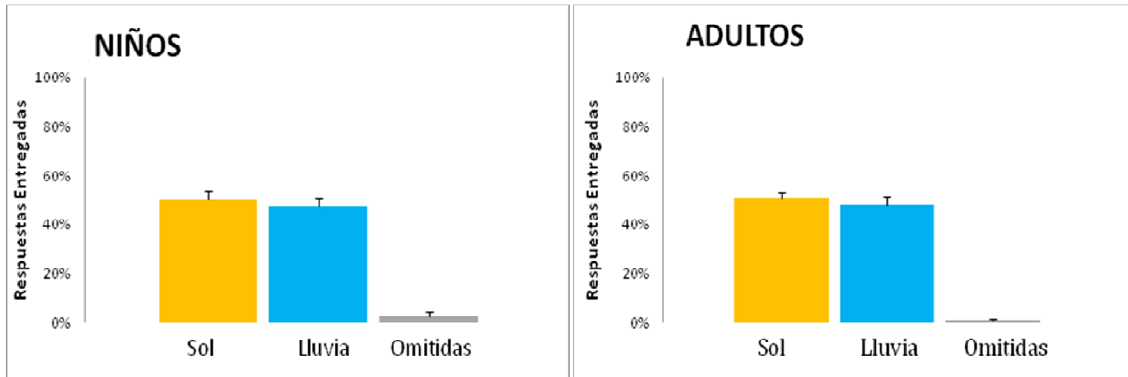
Las posibles respuestas (“sol” o “lluvia”) son elementos conocidos por los sujetos, y podría haber preferencia de uno sobre otro, o ser relacionados con el clima del día en que realizaron la tarea. Se evalúa la frecuencia para cada una de las posibles respuestas sin mostrar diferencias en niños o adultos. Las respuestas omitidas corresponden a un mínimo porcentaje de las respuestas entregadas. Los adultos omitieron el  $1\% \pm 1\%$  del total de las respuestas, los niños omitieron el  $2\% \pm 2\%$  del total de respuestas. (Gráfico 1.1).

En los experimentos preliminares, fue evidente que muchos de los participantes respondían alternadamente, es decir, respondían “sol”, “lluvia”, “sol”, “lluvia” y así sucesivamente. Esta forma de responder no presenta relación con los estímulos presentados, sino con una estrategia de respuesta. Para determinar si esta secuencia en las respuestas era significativa se determinó las veces que los sujetos mantienen o cambian la respuesta,



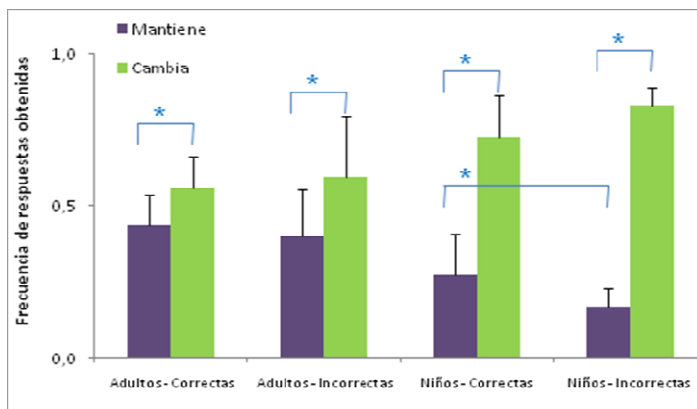
previo a que se alcanzara aprendizaje. Es decir, utilizando los ensayos previos al ensayo de aprendizaje (ensayo en que logra respuestas mejor que el azar, construido por la curva individual de aprendizaje con el modelo espacio-estado). Se evalúa la presencia de alternancia en relación a la retroalimentación recibida en cada ensayo. Todos los participantes presentan alternancia previo al ensayo de aprendizaje. Los niños presentan alternancia con mayor frecuencia tras recibir retroalimentación negativa, en comparación a cuando reciben retroalimentación positiva. (Datos en gráfico 1.2). No se observaron diferencias en la alternancia por sexo en niños ni adultos (Gráfico 1.2.1).

**Gráfico 1.1: Sesgo en las respuestas.**



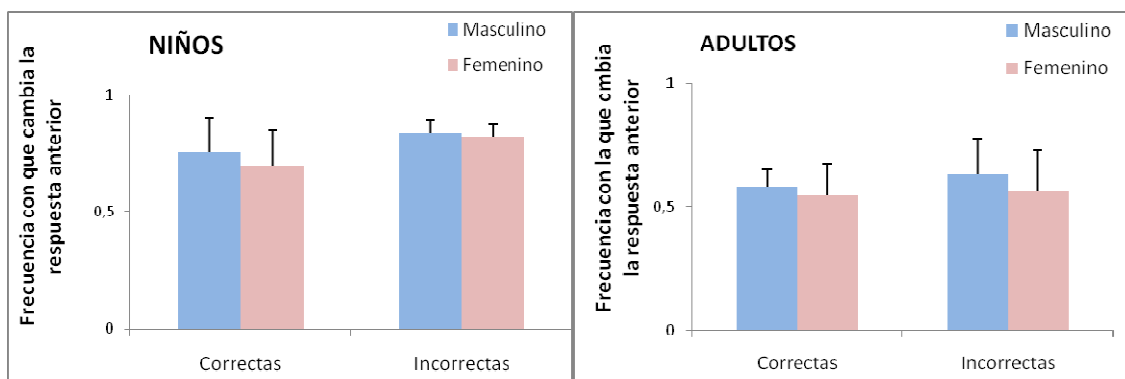
No hubo sesgo entre las respuestas “sol” y “lluvia” en niños ( $p: 0,652$ ) y adultos ( $p: 0,426$ ). ANOVA de una vía.

**Gráfico 1.2: Alternancia en la respuesta.**



Niños y adultos presentan alternancia. Luego de una respuesta esta será cambiada por la otra con una mayor frecuencia con la que será mantenida. Esto se presenta para respuestas correctas como incorrectas. Adultos correctas ( $p: 0,007$ ), adultos incorrectas ( $p: 0,005$ ), niños correctas ( $p < 0,001$ ), niños incorrectas ( $p < 0,001$ ). Los niños alternan con mayor frecuencia luego de enfrentarse a una retroalimentación negativa en comparación a una retroalimentación positiva ( $p: 0,003$ ). En adultos no existen diferencias en la alternancia entre correctas e incorrectas ( $p: 0,510$ ). ANOVA de una vía.

**Gráfico 1.2.1:**



**Alternancia por sexo.**

*En niños y adultos no hay diferencias entre los sexos para la alternancia de las respuestas (Niños: Correctas  $p$ : 0,401. Incorrectas  $p$ : 0,601; Adultos: Correctas  $p$ : 0,558. Incorrectas  $p$ : 0,469). ANOVA de una vía.*

## APRENDIZAJE DE CONCEPTOS.

El rendimiento de la tarea de aprendizaje de conceptos fue evaluado para los 2 grupos. El rendimiento en la tarea fue definido como el porcentaje de respuestas correctas sobre el total de respuestas, no se incluyeron las respuestas omitidas (respuestas correctas / respuestas correctas + incorrectas x 100). Las respuestas son evaluadas en bloques de 8 ensayos consecutivos. En términos generales los niños presentan un rendimiento significativamente menor que los adultos. Estos resultados se observan en la versión espacial, no espacial y al comparar la totalidad de los niños con la totalidad de adultos.

En niños se observa un rendimiento cercano al azar (50%) durante toda la tarea, manteniendo la variabilidad dentro del grupo. Es decir, no presentan aprendizaje para el grupo espacial y no espacial, sin diferencias entre ellos.

En adultos, tanto en la tarea espacial como no espacial, presentan un alza sostenida en el rendimiento de la tarea, hasta alcanzar el máximo posible, rendimiento del 100%, en el bloque 14. La variabilidad presentada (desviación estándar) disminuye sostenidamente en los bloques iniciales. Al comparar el rendimiento espacial y no espacial entre los adultos no se observan diferencias. Sin embargo, si se analizan solo los primeros 6 bloques, se observa que la tarea no espacial presenta un mejor rendimiento que la tarea espacial. Es decir, si bien ambos grupos presentan resultados similares, logrando rendimientos máximos, durante los primeros bloques la tarea no espacial presenta un mejor rendimiento.

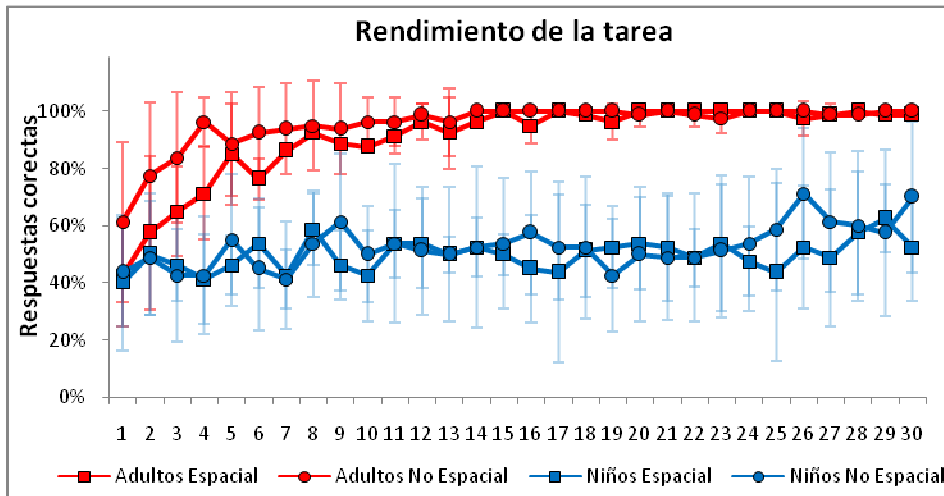
La diferencia en rendimiento de la tarea entre adultos y niños para la tarea espacial y no espacial se presentan en el Gráfico 2.1, detalle de los primeros bloques en los adultos en Gráfico 2.1.1.

Además del rendimiento, se determinó el tiempo de respuesta. El tiempo de respuesta está definido como el tiempo que transcurre entre la presentación del patrón y la

respuesta entregada por el sujeto. En términos generales los niños presentan tiempo de respuestas mayores a los adultos. Durante los primeros 10 bloques niños y adultos presentan tiempos de respuesta similares, los que disminuyen progresivamente. Posterior a esto, los niños presentan tiempos de respuesta mayores que los adultos. En promedio los tiempos de respuesta para los ensayos después del décimo bloque son: adultos espacial 648 ms  $\pm$  286 ms, adultos no espacial 894 ms  $\pm$  505 ms, niños espacial 1071 ms  $\pm$  679 ms y niños no espacial 985 ms  $\pm$  523 ms. Se observa que la variabilidad del tiempo de respuesta se mantiene constante entre los niños, los adultos disminuyen la variabilidad en el tiempo de respuesta durante el transcurso de la tarea. No se observan diferencias en el tiempo de respuesta entre la tarea espacial y no espacial para niños o adultos. Los tiempos de respuestas están representados en el Gráfico 2.2.

En niños no se observa una correlación entre el rendimiento y el tiempo de respuesta para la tarea espacial ( $r = 0,102$ ,  $p = 0,297$ ) como en la tarea no espacial ( $r = 0,175$ ,  $p = 0,177$ ). En adultos la relación entre rendimiento y tiempo de respuesta es indirecta y altamente significativa para adultos, tanto en la tarea espacial ( $r = 0,978$ ,  $p < 0,001$ ) como en la tarea no espacial ( $r = 0,881$ ,  $p < 0,001$ ). La relación entre rendimiento y tiempo de respuesta se muestra en el Gráfico 2.3.

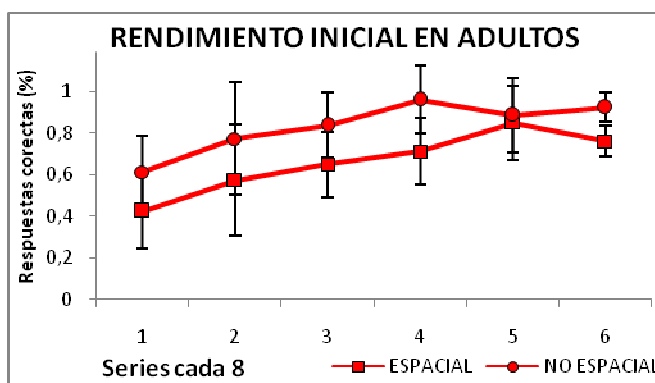
**Gráfico 2.1:**



**Rendimiento en la tarea.**

Los niños rinden peor que los adultos en la tarea espacial ( $p < 0,005$ ), no espacial ( $p < 0,005$ ) y al comparar niños y adultos en su totalidad ( $p < 0,005$ ). No se observan diferencias en el rendimiento entre la tarea espacial y no espacial para niños ( $p: 0,389$ ) ni adultos ( $0,068$ ).

**Gráfico 2.1.2:**

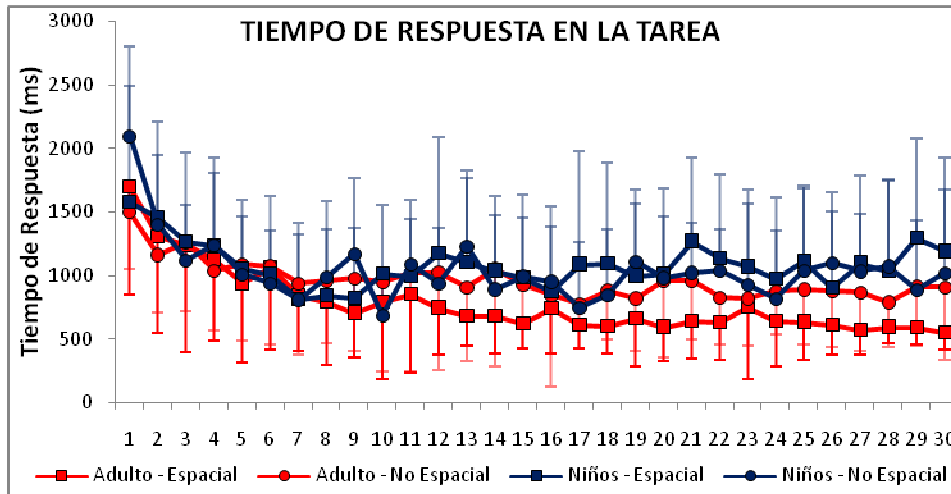


**Rendimiento inicial en adultos.**

Los adultos no presentan diferencias de rendimiento entre la tarea espacial y no espacial, alcanzando en ambos casos rendimiento máximo. Sin embargo al comparar los primeros 6

bloques de los adultos se observa una diferencia entre la tarea espacial y no espacial ( $p: 0,043$ ). ANOVA modelo mixto.

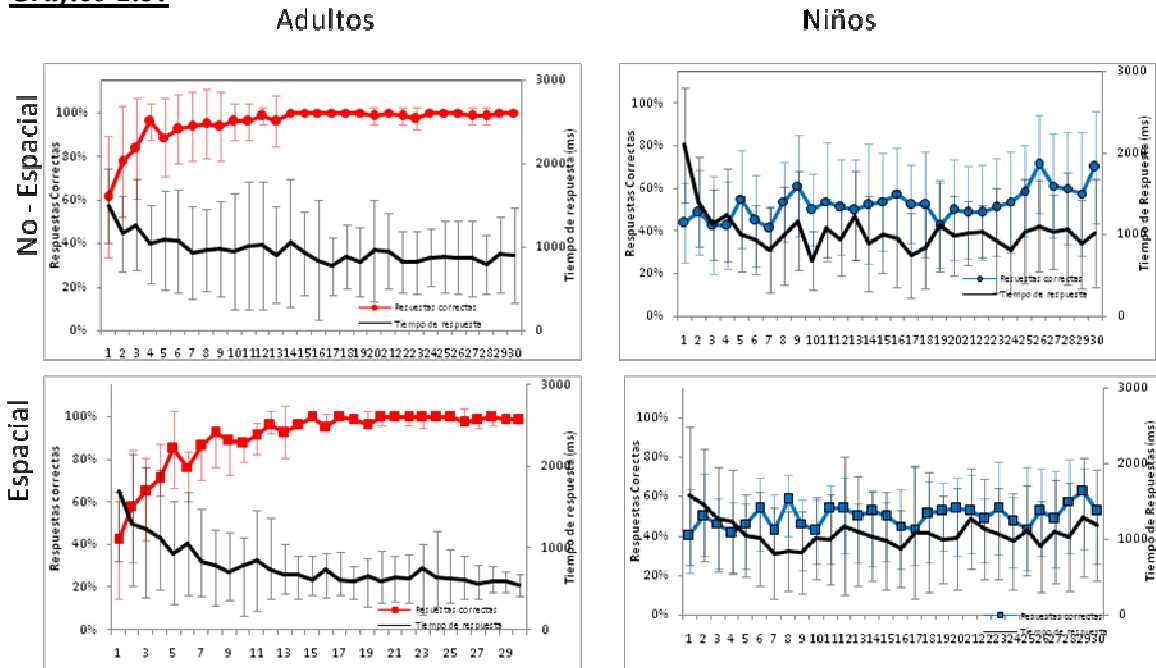
**Gráfico 2.2:**



**Tiempo de respuesta**

Los niños presentan tiempos de respuesta mayores que los adultos ( $p < 0,005$ ). No se observan diferencias en los tiempos de respuestas entre la tarea espacial y no espacial para niños ( $p: 0,38$ ) ni adultos ( $0,28$ ).

**Gráfico 2.3:**



**Relación rendimiento y tiempo de respuesta.**

En niños no se observa una relación entre el rendimiento y el tiempo de respuesta, en la tarea no espacial ( $r = -0,175$ ,  $p = 0,177$ ) ni espacial ( $r = -0,102$ ,  $p = 0,297$ ). Los adultos presentan una relación inversa entre rendimiento y tiempo de respuesta para la tarea no espacial ( $r = -0,8806$ ,  $p < 0,001$ ) y espacial ( $r = -0,978$ ,  $p < 0,001$ ). Correlación de Pearson de una cola.



## DIFERENCIAS DE RENDIMIENTO POR OTRAS CARACTERISTICAS EN NIÑOS Y ADULTOS

Dentro de los grupos formados por niños y los adultos existe una gran diversidad, por lo que resulta fundamental caracterizar dichos grupos. Se evalúan otras características personales de los participantes que podrían influir en el desempeño observado en la tarea de adquisición de conceptos. Inicialmente se observó las diferencias por género. En los niños no se observan diferencias por género. En los adultos tampoco se observan por género. Sin embargo, destaca la tendencia de las mujeres a presentar mejor rendimiento en la tarea no espacial en relación a la tarea espacial, sin presentar diferencias significativas. Las diferencias de rendimiento por género en niños son presentadas en el gráfico 3.1.1, las de adulto en el gráfico 3.1.2.

Entre los objetivos de la tesis no se incluyó caracterizar diferencias de rendimiento por nivel socioeconómico, por lo que no se caracterizó el nivel socioeconómico de los participantes. Sin embargo, se comparan las diferencias de rendimiento entre niños de colegios privados y municipales. Las características de los sujetos por tipo de colegio (Privado/Municipal) se presentan en la tabla 1. No se observan diferencias en el rendimiento de los niños según el tipo de colegio al que pertenecen, los datos son presentados en el gráfico 3.2.

Todos los niños que participaron en este estudio tenían 5 años y cursaban kínder. Sin embargo, existe variabilidad en la edad. Lamentablemente solo se obtuvo la fecha de nacimiento de 8 participantes (40% de la muestra de niños). En el caso de los niños se solicitó a los profesores seleccionar a los alumnos que presentaran un rendimiento promedio y que no presentaran un trastorno del aprendizaje. Sin embargo, esto no fue cuantificado con otras mediciones. La edad en que cada sujeto adquirió el lenguaje podría

influir en su capacidad para generar conceptos. Retrospectivamente se preguntó a las madres de los sujetos la edad en la que el niño dijo sus primeras palabras. Este dato se obtuvo solo para 8 sujetos (40% del total de la muestra de niños). Edad e inicio del lenguaje son presentados en la tabla 2.

Debido al bajo número de sujetos en que se obtuvo la fecha de nacimiento y la edad de las primeras palabras, los siguientes resultados no son concluyentes. Se agrupó a los niños en tres grupos etarios: entre 5 años y 5 años, 3 meses; entre 5 años, 4 meses y 5 años, 7 meses; entre 5 años, 8 meses y 6 años. No se observan diferencias significativas en el rendimiento de la tarea, sin embargo en la parte final de la tarea los niños del sub-grupo mayor presentan un mejor rendimiento. Los datos son presentados en el gráfico 3.3.

Debido a la baja variabilidad presentada de la edad de adquisición de lenguaje no es posible analizar dichos datos.

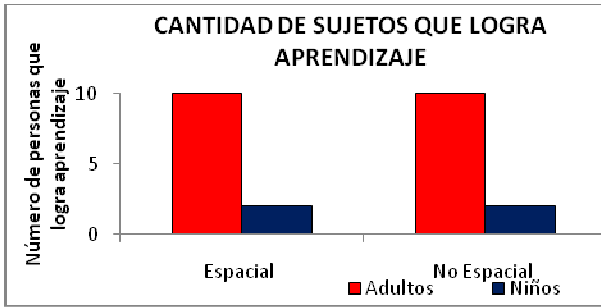
***Tabla 1: Caracterización de los niños por tipo de colegio***

Colegio	Total (n)	Femenino(n)	Masculino (n)
Municipal	12	4	8
Privado	8	6	2

***Tabla 2: Caracterización de edad e inicio del lenguaje en niños***

Sujeto	Sexo	Edad (años y meses)	Edad inicio del lenguaje (años y meses)
PK	F	5 años y 3 meses	1 año
PI	F	5 años y 11 meses	1 año
PI	F	5 años y 7 meses	1 año y 2 meses
IC	F	5 años y 6 meses	1 año
IC	F	5 años y 11 meses	1 año
MA	F	5 años y 11 meses	1 año
J	M	5 años y 9 meses	10 meses
BN	M	5 años y 3 meses	1 año

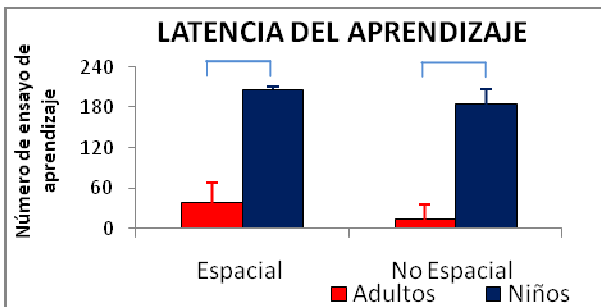
**Gráfico 4.1:**



**Cantidad de sujetos que logra aprendizaje**

Los niños logran aprendizaje (se define aprendizaje como el rendimiento sobre el azar con un intervalo de confianza del 95%) en dos casos para la tarea espacial y dos casos para la tarea no espacial. Todos los adultos logran aprendizaje.

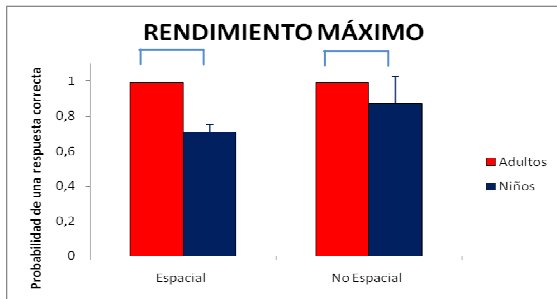
**Gráfico 4.2:**



**Latencia del aprendizaje**

Los niños que logran aprendizaje lo hacen luego de un mayor número de ensayos que los adultos. Los ensayos de aprendizaje promedio son los siguientes: Adultos espacial: 37,5; adultos no espacial: 13,6; niños espacial 206,5; niños no espacial: 185. La diferencia en velocidad para lograr aprendizaje es significativa para la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ). No existen diferencias en la velocidad de aprendizaje entre la tarea espacial y no espacial para adultos ( $p = 0,055$ ) ni niños ( $p = 0,32$ ).

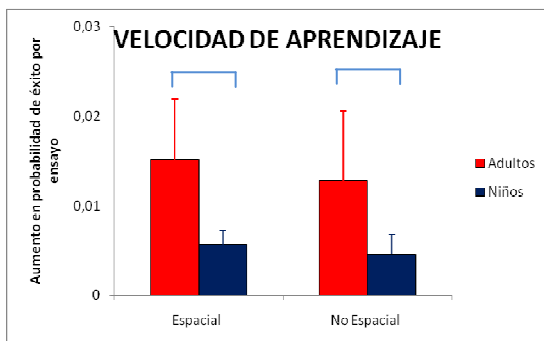
**Gráfico 4.3:**



**Rendimiento Máximo**

Los niños que logran aprendizaje alcanzan una probabilidad de respuesta correcta máxima promedio de 0,69 para la tarea espacial y 0,88 para la tarea no espacial. Todos los adultos alcanzan un rendimiento máximo de un 0,99 de probabilidad de tener una respuesta correcta. La diferencia en rendimiento máximo es significativa para la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ). No existen diferencias en la velocidad de aprendizaje entre la tarea espacial y no espacial en niños ( $p: 0,240$ ).

**Gráfico 4.4:**



**Velocidad de aprendizaje en adultos**

La velocidad de aprendizaje se define como el cambio en la probabilidad de éxito entre el ensayo de aprendizaje (rendimiento sobre el azar) y el máximo rendimiento obtenido. Los

*niños presentan una velocidad de aprendizaje menor que los adultos en la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ).*

## APRENDIZAJE INDIVIDUAL DE PATRONES

El análisis individual de patrones permite inferir la estrategia utilizada por el sujeto para lograr éxito en la tarea. Se construyen curvas de aprendizaje para cada patrón en cada individuo. A partir de las curvas de aprendizaje por patrón podemos determinar si el aprendizaje de patrones es simultáneo o sucesivo. Si los patrones son aprendidos en forma simultánea, indica que se aprende el concepto que representa a cada grupo y lo relaciona con la respuesta correcta. Si los patrones se aprenden en forma sucesiva, indica que el éxito en la tarea se logra al asociar cada patrón en forma individual con su respectiva respuesta correcta. De este modo, al evaluar la relación temporal en el aprendizaje de patrones se puede indicar si el sujeto logra aprendizaje de conceptos o identifica individualmente cada patrón.

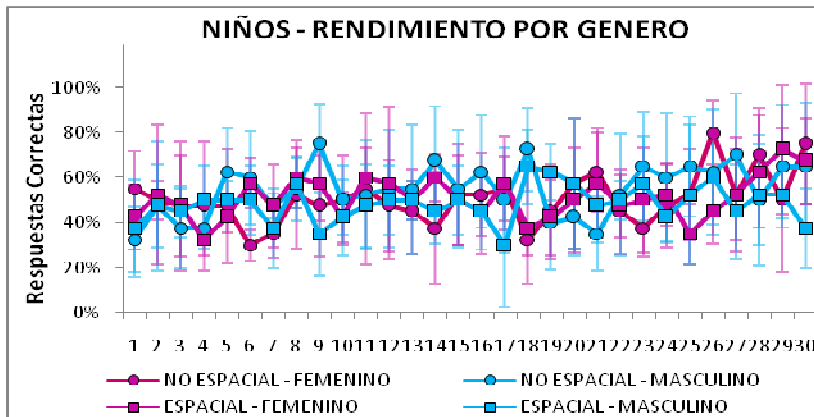
La relación temporal entre el desempeño de patrones se evalúa mediante la correlación de Pearson. Por si misma esta correlación no indica simultaneidad ni aprendizaje, ya que puede tratarse de dos curvas con un rendimiento cercano al azar durante toda la tarea y por eso presentar una alta correlación. Sin embargo, al evaluar la correlación de Pearson en conjunto con las curvas de aprendizaje por patrones, nos muestra si estas son aprendidas y como ese comportamiento se correlaciona con los otros patrones. La figura 13 muestra gráficos correspondientes al aprendizaje para cada patrón en cada individuo. Junto al gráfico de aprendizaje de patrones se muestra una tabla indicando la correlación de Pearson entre las curvas de aprendizaje de cada patrón.

La latencia hasta el inicio de aprendizaje de patrones se evalúa para niños y adultos. Se define que un patrón inicia su aprendizaje cuando su rendimiento es sobre el azar con un 95% de intervalo de confianza. En niños la velocidad de aprendizaje de patrones muestra

una pendiente muy baja, mientras que en adultos la pendiente es pronunciada. La diferencia en la latencia de patrones entre niños y adultos se mantiene en la tarea espacial y no espacial. No se observan diferencias significativas en la latencia de patrones entre la tarea espacial y no espacial para niños ni adultos, sin embargo se observa una tendencia a aprender los patrones con mayor velocidad en la tarea no espacial. El gráfico 5.1 presenta la velocidad de aprendizaje para cada patrón.



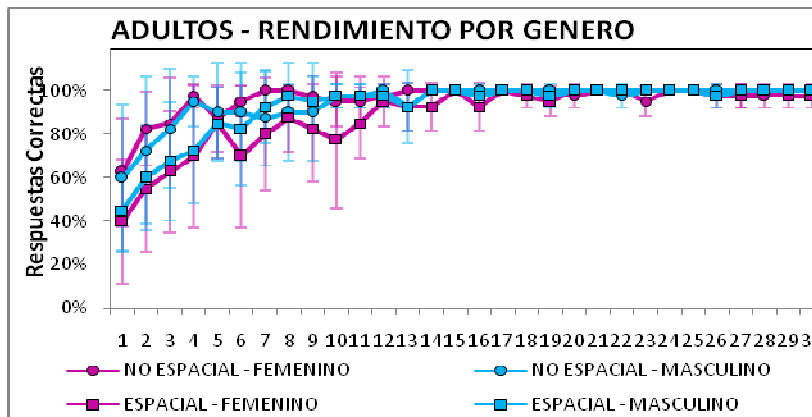
**Gráfico 3.1.1:**



**Diferencia en rendimiento por sexo en niños**

En niños no hay diferencias por sexo en el rendimiento de la tarea. Femenino espacial y no espacial  $p: 0,85$ . Masculino espacial y no espacial  $p: 0,30$ . Tarea espacial mujeres y hombres  $p: 0,51$ . Tarea no espacial mujeres y hombres:  $p: 0,44$ . ANOVA modelo mixto.

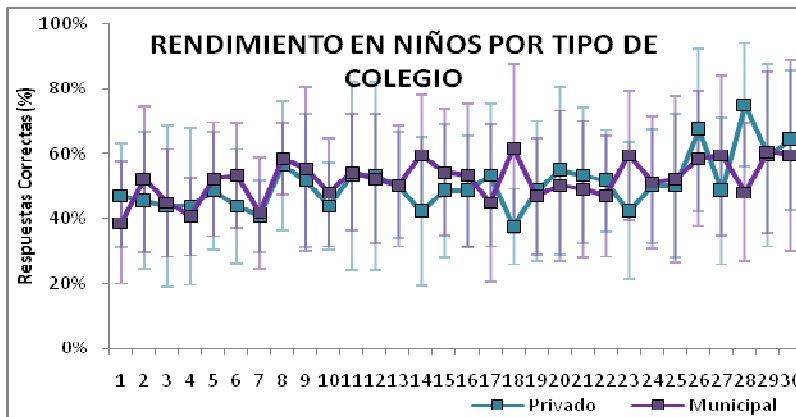
**Gráfico 3.1.2:**



**Diferencias en rendimiento por sexo en adultos.**

En adultos no hay diferencias por sexo en el rendimiento de la tarea. Femenino espacial y no espacial  $p: 0,06$ . Masculino espacial y no espacial  $p: 0,58$ . Tarea Espacial mujeres y hombre  $p: 0,33$ . Tarea no espacial mujeres y hombres:  $p: 0,70$ . ANOVA modelo mixto.

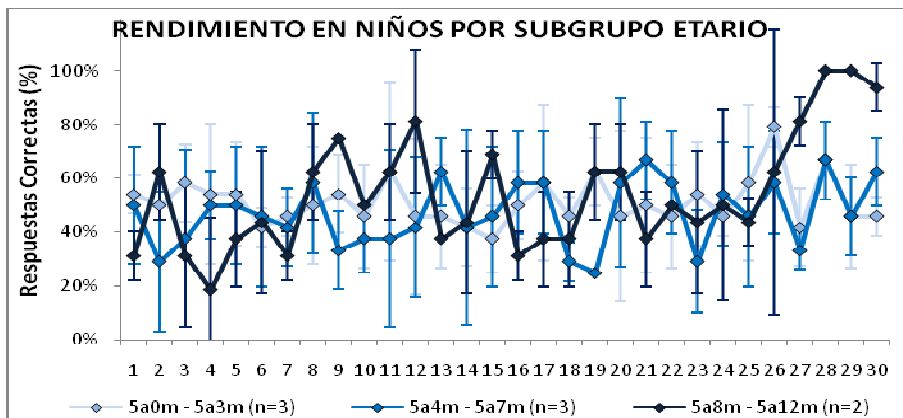
**Gráfico 3.2:**



**Rendimiento en niños por tipo de colegio.**

No se observan diferencias en el rendimiento entre niños pertenecientes a colegios privados o municipalizados ( $p: 0,704$ ). ANOVA modelo mixto.

**Gráfico 3.3:**



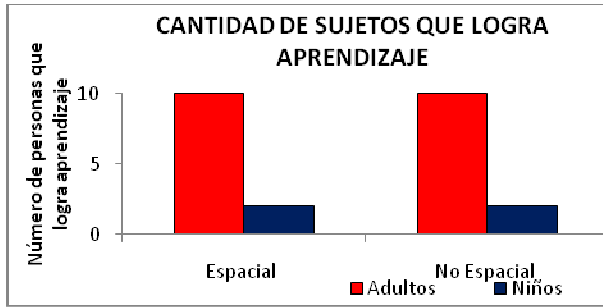
**Rendimiento en niños por edad**

No hay diferencias significativas entre los subgrupos de edad. El grupo menor se construye por los niños entre 5 años, 0 mes y 5 años, 3 meses, se incluyó a 3 niños. El grupo mediano se compone por los niños entre 5 años, 4 meses y 5 años, 7 meses, incluye a 3 niños. En el grupo mayor se incluye a los niños de 5 años, 8 meses y 6 años, hay 2 niños en este grupo. No se observaron diferencias entre los grupos, sin embargo destaca la tendencia a mejores

*resultados al finalizar la tarea del grupo mayor. Entre el grupo menor y el mayor, p: 0,353. Entre grupo menor y mediano p: 0,340. Entre el grupo mediano y mayor, p: 0,245.*

*ANOVA modelo mixto*

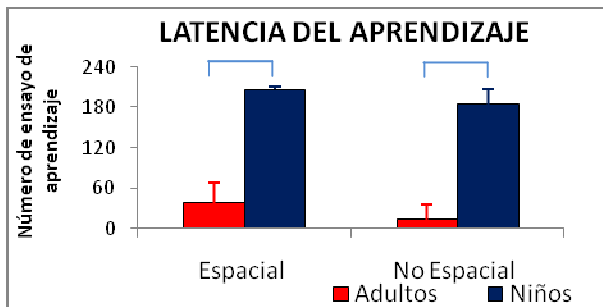
**Gráfico 4.1:**



**Cantidad de sujetos que logra aprendizaje**

Los niños logran aprendizaje (se define aprendizaje como el rendimiento sobre el azar con un intervalo de confianza del 95%) en dos casos para la tarea espacial y dos casos para la tarea no espacial. Todos los adultos logran aprendizaje.

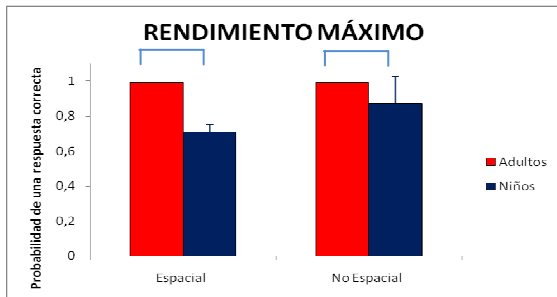
**Gráfico 4.2:**



**Latencia del aprendizaje**

Los niños que logran aprendizaje lo hacen luego de un mayor número de ensayos que los adultos. Los ensayos de aprendizaje promedio son los siguientes: Adultos espacial: 37,5; adultos no espacial: 13,6; niños espacial 206,5; niños no espacial: 185. La diferencia en velocidad para lograr aprendizaje es significativa para la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ). No existen diferencias en la velocidad de aprendizaje entre la tarea espacial y no espacial para adultos ( $p: 0,055$ ) ni niños ( $p: 0,32$ ).

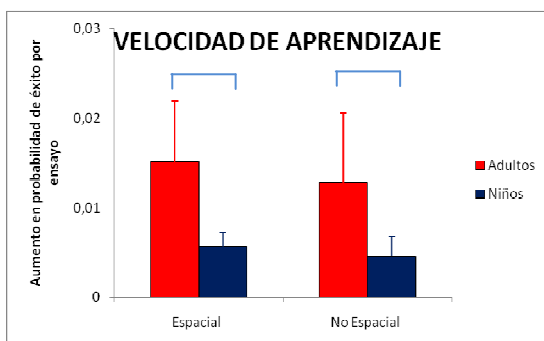
**Gráfico 4.3:**



**Rendimiento Máximo**

Los niños que logran aprendizaje alcanzan una probabilidad de respuesta correcta máxima promedio de 0,69 para la tarea espacial y 0,88 para la tarea no espacial. Todos los adultos alcanzan un rendimiento máximo de un 0,99 de probabilidad de tener una respuesta correcta. La diferencia en rendimiento máximo es significativa para la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ). No existen diferencias en la velocidad de aprendizaje entre la tarea espacial y no espacial en niños ( $p: 0,240$ ).

**Gráfico 4.4:**



**Velocidad de aprendizaje en adultos**

La velocidad de aprendizaje se define como el cambio en la probabilidad de éxito entre el ensayo de aprendizaje (rendimiento sobre el azar) y el máximo rendimiento obtenido. Los

*niños presentan una velocidad de aprendizaje menor que los adultos en la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ).*

## APRENDIZAJE INDIVIDUAL DE PATRONES

El análisis individual de patrones permite inferir la estrategia utilizada por el sujeto para lograr éxito en la tarea. Se construyen curvas de aprendizaje para cada patrón en cada individuo. A partir de las curvas de aprendizaje por patrón podemos determinar si el aprendizaje de patrones es simultáneo o sucesivo. Si los patrones son aprendidos en forma simultánea, indica que se aprende el concepto que representa a cada grupo y lo relaciona con la respuesta correcta. Si los patrones se aprenden en forma sucesiva, indica que el éxito en la tarea se logra al asociar cada patrón en forma individual con su respectiva respuesta correcta. De este modo, al evaluar la relación temporal en el aprendizaje de patrones se puede indicar si el sujeto logra aprendizaje de conceptos o identifica individualmente cada patrón.

La relación temporal entre el desempeño de patrones se evalúa mediante la correlación de Pearson. Por si misma esta correlación no indica simultaneidad ni aprendizaje, ya que puede tratarse de dos curvas con un rendimiento cercano al azar durante toda la tarea y por eso presentar una alta correlación. Sin embargo, al evaluar la correlación de Pearson en conjunto con las curvas de aprendizaje por patrones, nos muestra si estas son aprendidas y como ese comportamiento se correlaciona con los otros patrones. La figura 13 muestra gráficos correspondientes al aprendizaje para cada patrón en cada individuo. Junto al gráfico de aprendizaje de patrones se muestra una tabla indicando la correlación de Pearson entre las curvas de aprendizaje de cada patrón.

La latencia hasta el inicio de aprendizaje de patrones se evalúa para niños y adultos. Se define que un patrón inicia su aprendizaje cuando su rendimiento es sobre el azar con un 95% de intervalo de confianza. En niños la velocidad de aprendizaje de patrones muestra

una pendiente muy baja, mientras que en adultos la pendiente es pronunciada. La diferencia en la latencia de patrones entre niños y adultos se mantiene en la tarea espacial y no espacial. No se observan diferencias significativas en la latencia de patrones entre la tarea espacial y no espacial para niños ni adultos, sin embargo se observa una tendencia a aprender los patrones con mayor velocidad en la tarea no espacial. El gráfico 5.1 presenta la velocidad de aprendizaje para cada patrón.



## APRENDIZAJE INDIVIDUAL

El aprendizaje individual describe el comportamiento de cada sujeto frente a la tarea. De este modo se evalúa la probabilidad de una respuesta correcta en función de cada ensayo. Las curvas de aprendizaje individual se construyen con el modelo espacio-estado, descrito en métodos. Con la curva se cuantifica el momento en que el sujeto rinde mejor que el azar (ensayo de aprendizaje), cantidad de ensayos que tarda en alcanzar el ensayo de aprendizaje (latencia), rendimiento máximo alcanzado y tiempo entre el ensayo de aprendizaje y el momento en que alcanza rendimiento máximo (velocidad de aprendizaje). Las curvas de aprendizaje individual de cada sujeto están presentadas en la figura 12.

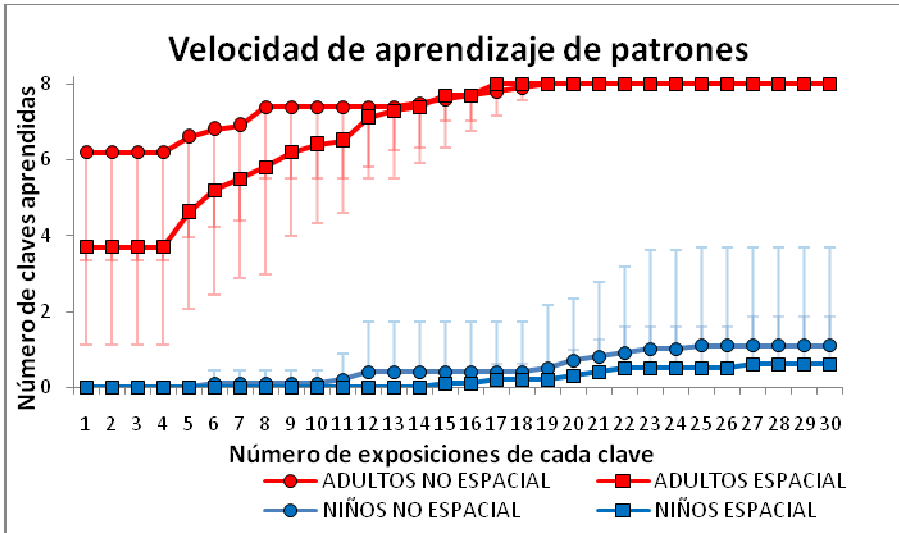
Dos niños logran rendimiento sobre el azar en la tarea espacial y otros dos niños lo logran en la tarea no espacial. Todos los adultos alcanzan rendimiento sobre el azar. La cantidad de sujetos que logra aprendizaje se muestra en el gráfico 4.1. La latencia hasta alcanzar aprendizaje muestra que los niños que logran aprendizaje lo hacen en un mayor número de ensayos que los adultos. La latencia hasta el aprendizaje se muestra en el gráfico 4.2.

Los niños que rinden mejor que el azar no alcanzan desempeños máximos, sin embargo, todos los adultos alcanzan un rendimiento perfecto (probabilidad de respuesta correcta mayor a 0,99). Los niños presentan un rendimiento máximo menor que los adultos. El rendimiento máximo de los niños no se estabilizó durante la duración de la tarea como en los adultos. El rendimiento máximo obtenido se observa en el gráfico 4.3.

La velocidad de aprendizaje se define como el cambio en la probabilidad de éxito por cada ensayo entre el ensayo de aprendizaje (rendimiento sobre el azar) y el rendimiento máximo. Los niños presentan una velocidad de aprendizaje de  $0,0057 \pm 0,0016$  y  $0,0046 \pm 0,0022$  de probabilidad de éxito por ensayo en las tareas espacial y no espacial

respectivamente. La velocidad de aprendizaje en la tarea espacial y no espacial en adultos es de  $0,015 \pm 0,007$  y  $0,012 \pm 0,007$  probabilidad de éxito por ensayo respectivamente. Los niños presentan una velocidad de aprendizaje menor que los adultos en la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ). No existen diferencias en la velocidad de aprendizaje entre la tarea espacial y no espacial para niños ( $p: 0,636$ ) ni adultos ( $p: 0,494$ ). La velocidad de aprendizaje se muestra en el gráfico 4.4.

**Gráfico 5.1:**



**Latencia del aprendizaje de patrones.**

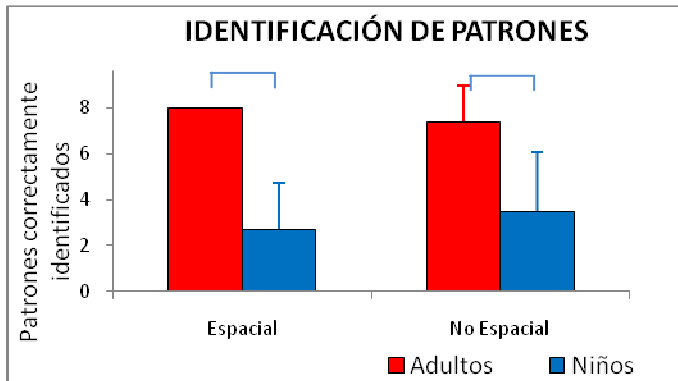
Los niños presentan una menor latencia de aprendizaje de patrones que los adultos en la tarea espacial ( $p < 0,005$ ), no espacial ( $p < 0,005$ ) y al comparar niños y adultos en su totalidad ( $p < 0,005$ ). Esto se caracteriza al evaluar la pendiente en la curva de latencia hasta el aprendizaje de patrones. No se observan diferencias en el rendimiento entre la tarea espacial y no espacial para niños ( $p: 0,508$ ) ni adultos ( $0,168$ ). ANOVA modelo mixto.

## CONOCIMIENTO EXPLÍCITO SOBRE LA TAREA

Para determinar el conocimiento explícito se evalúa la identificación de patrones y transferencia del aprendizaje. La identificación se refiere al reconocimiento de la respuesta correcta para cada patrón en particular. La transferencia es la capacidad de utilizar un aprendizaje adquirido con anterioridad en una situación novedosa. Los niños en promedio identifican 2,7 patrones en la tarea espacial y 3,5 patrones en la tarea no espacial. No existen diferencias significativas entre el número de patrones identificados para la regla espacial y no espacial. Todos los adultos identifican correctamente la totalidad de los patrones (8) en la regla espacial y un promedio de 7,4 patrones en la regla no espacial. Significativamente los niños identifican menos patrones que los adultos para la regla espacial y no espacial. No hay diferencias en la identificación entre la regla espacial y no espacial en niños y adultos. La identificación de patrones es presentada en el gráfico 6.1.

Los patrones nuevos fueron clasificados aleatoriamente por los niños. De un total de 4 patrones nuevos presentados, en promedio los niños clasifican 1,4 en forma coherente y 2,6 en forma incoherente. No hay diferencias significativas entre la clasificación coherente o incoherente de los niños. En promedio los adultos clasifican en forma coherente 3,1 de los 4 patrones nuevos. Clasifican en forma incoherente solo 0,35 patrones. Solo 3 sujetos adultos notaron que se trataba de patrones que no estaban presentes en la tarea. La adecuada clasificación de los patrones nuevos indica transferencia del concepto. La transferencia de los patrones nuevos se presenta en el gráfico 6.2.

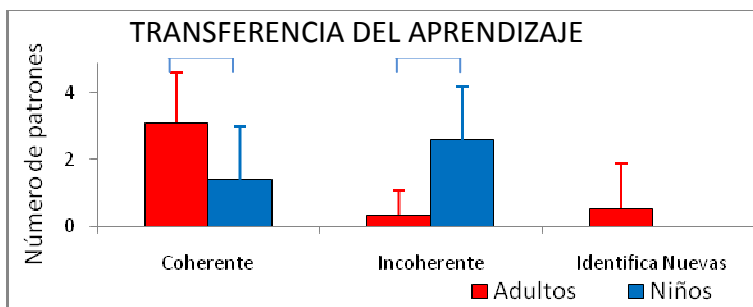
**Gráfico 6.1:**



**Identificación de los patrones:**

Los niños identifican correctamente las claves con menor frecuencia que los adultos, en la tarea espacial ( $p < 0,005$ ) y no espacial ( $p < 0,005$ ). No existen diferencias en la identificación de patrones entre la tarea espacial y no espacial en niños ( $p: 0,157$ ), ni en adultos ( $p: 0,254$ ).

**Gráfico 6.2:**



**Transferencia del aprendizaje:**

Los niños clasifican los patrones nuevos en forma aleatoria ( $p: 0,023$ ), mientras que los adultos lo hacen con mayor frecuencia en forma coherente ( $p < 0,005$ ). Solo 3 adultos indican que los patrones nuevos no se encontraban en la tarea.

## DISCUSIÓN:

La capacidad de generar conceptos, un proceso cognitivo que abstrae lo común dentro de un grupo de elementos, está asociada a activación del circuito hipocampo – corteza prefrontal ventromedial (Kumaran 2009). La hipótesis planteada en esta tesis establece que debido al desarrollo tardío del lóbulo prefrontal (Casey et. al 2005, Huzinga et al. 2006, Koizumi et al. 2004) los niños no poseen el mismo grado de desarrollo que los adultos en las estructuras necesarias y por lo tanto tendrán una disminución de la capacidad de adquisición de conceptos en comparación a los adultos. Una menor capacidad en la adquisición de conceptos predice un peor rendimiento en una tarea de aprendizaje de conceptos basada en la retroalimentación.

En la tarea de adquisición de conceptos basada en la retroalimentación, se observó que los niños logran un menor rendimiento que los adultos y a una menor velocidad de aprendizaje. Aquellos que logran aprendizaje lo hacen por medio de la identificación de patrones y no a través de la adquisición de conceptos como lo hacen los adultos.

## PREFERENCIA EN LAS RESPUESTAS.

Previo a estudiar el rendimiento de los sujetos y las estrategias utilizadas, se analizó el sesgo en las respuestas. El estudio del sesgo en las respuestas es fundamental, ya que el sujeto puede estar respondiendo sobre la base de elementos ajenos a los entregados por el estímulo, lo que entorpece el análisis de las respuestas. En nuestro estudio no se observan diferencias en la frecuencia con la que los sujetos responden “sol” o “lluvia”, por lo que se puede inferir que sus respuestas no están basadas en preferencias personales o en el clima de ese día, validando el tipo de respuesta usada en la tarea.

Por otra parte se evalúa la secuencia de las respuestas. Se denomina alternancia a la secuencia de respuestas construida por una respuesta y posteriormente la otra (ej. “sol”, “lluvia”, “sol”, “lluvia”...). Se observa que tanto en adultos como niños, previo a adquirir conocimiento de la tarea, lo más frecuente es que una respuesta sea diferente a la anterior. Se infiere que la alternancia es una estrategia común para enfrentarse a tareas desconocidas. En la introducción se plantea que la adquisición del concepto que permite la categorización se logra a través de prueba de hipótesis en el medio, la que se cambia o mantiene en función de la retroalimentación recibida. Es decir, el sujeto responde en función de una hipótesis previamente planteada. Sin embargo, la alta frecuencia con que se presenta alternancia, no parece responder al planteamiento de sucesivas hipótesis. Resultaría de gran interés observar la exploración realizada por el sujeto al patrón. Un estudio que complementariamente evaluara movimientos oculares podría responder si el sujeto inicialmente atiende sistemáticamente a los mismos elementos del patrón, infiriendo una exploración en función de hipótesis, o si explora de manera desestructurada, infiriendo que no presenta una hipótesis a probar.

Luego de establecer que la alternancia se presenta con una alta frecuencia previo a la adquisición del concepto, se evalúa si la frecuencia de alternancia es influenciada por la retroalimentación entregada. En niños la alternancia se presenta con mayor frecuencia luego de recibir una retroalimentación negativa (respuesta incorrecta), lo que no se observa en adultos. Podemos inferir que los niños asocian directamente la respuesta (“sol” o “lluvia”) con la retroalimentación, sin comprender que la retroalimentación responde al complejo patrón – respuesta correcta. Eso es fundamental en el análisis de la tarea. Se utilizó una tarea de aprendizaje basado en retroalimentación para que el sujeto aprenda el concepto sin mediar instrucción. Para ésto el sujeto debe asociar el binomio “patrón-

respuesta correcta” con el estímulo al que la retroalimentación responde. La mayor frecuencia de alternancia presentada por los niños luego de una respuesta correcta podría indicar que los niños relacionan solo la respuesta con la retroalimentación. Esto es probable ya que la retroalimentación mostraba una imagen de la respuesta entregada junto con una figura de ganancia (retroalimentación positiva) o pérdida (retroalimentación negativa) de chocolate. Es posible que esto se deba a una menor capacidad de memoria trabajo en niños. La memoria trabajo es una función dependiente de la corteza prefrontal y ha sido probado que mejora progresivamente en la infancia y hasta la adolescencia. Sería interesante evaluar si la presencia de alternancia, luego de una retroalimentación negativa, se mantiene con mayor frecuencia si la imagen de retroalimentación se construyera con el patrón, la respuesta entregada y la retroalimentación.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL APRENDIZAJE

Se comparó el rendimiento de niños de 5 años y adultos en una tarea de adquisición de conceptos basada en la retroalimentación. Se observa que los niños mantienen un rendimiento cercano al azar (50%) durante transcurso de la tarea, mientras que los adultos presentan un alza sostenida en su desempeño alcanzando desempeño máximo en el bloque número 14. No se observan diferencias significativas entre la tarea espacial y no espacial para adultos y niños. Los resultados indican que los niños no logran éxito en la tarea mientras que los adultos modifican su comportamiento hasta alcanzar resultados óptimos. Existen diferencias en una tarea de adquisición de conceptos entre niños y adultos. Se ha planteado que la adquisición de conceptos se adquiere al descubrir cuál es la dimensión por la que se relacionan objetos agrupados. Para esto el sujeto debe observar en función de dicho objetivo los objetos, mantener esa información en línea, abstraer la dimensión que



permite agrupar para luego codificar el concepto y posteriormente utilizar dicha información en función de rendir mejor en la tarea (basado en objetivos). Los procesos previamente mencionados: atención selectiva, memoria trabajo y toma de decisiones en base a objetivo dependen de la corteza prefrontal. La memoria explícita, que codificaría el concepto depende del hipocampo (en mayor parte el izquierdo), pero el uso de esa información tiene relación con la corteza prefrontal. Se presentó evidencia sobre el desarrollo tardío del lóbulo prefrontal. Estos cambios en el desarrollo parecen ser una base importante del sustrato neurobiológico necesario para la generación de conceptos.

En niños la variabilidad se mantiene en el transcurso de la tarea, indicando que no hay aprendizaje ni cambios evidentes del comportamiento dentro de los grupos. En adultos la variabilidad disminuye en forma sostenida durante los primeros bloques hasta llegar a cero cuando alcanzan resultados óptimos. La disminución en la variabilidad indica que todos los adultos alcanzan el máximo posible, pero lo hacen a diferentes tiempos. Sería interesante evaluar qué características de los adultos influyen en esta variabilidad. Se han realizado estudios que muestran que la adquisición de conceptos en adultos se relaciona con la personalidad, el tipo de recompensa y el tipo de entrenamiento académico que han tenido (datos no publicados).

En niños y adultos no se observan diferencias significativas entre la tarea espacial y no espacial. Sin embargo, al evaluar exclusivamente los 6 primeros bloques se observa que los adultos presentan mejores resultados en la tarea espacial que en la no espacial. Estos resultados son consistentes con resultados previamente obtenidos en una tarea en que se presenta conjuntamente la tarea espacial y no espacial. Inferimos que ambas reglas son de fácil acceso para adultos, logrando desempeños máximos, pero asociar un resultado con la presencia de un símbolo es de más rápida adquisición que asociar la ubicación espacial de

dicho símbolo. Resulta de gran interés esta diferencia, ya que tendría relación con las hipótesis iniciales con las que el sujeto se enfrenta a la tarea. Nuevamente parece interesante obtener mayor información sobre la exploración visual del patrón, observando cuales son las características al que el individuo atiende inicialmente.

Inicialmente los tiempos de respuesta son similares para niños y adultos mostrando una disminución significativa durante los primeros 6 bloques, lo que es atribuible a la familiarización con la tarea, el tipo de estímulo, de respuesta y tarea motora requerida (responder con teclas). Posterior a esto los niños mantienen tiempos de respuesta estables cercanos a 1000 ms., con una gran variabilidad entre ellos. Lo que indica que la respuesta de la tarea no se vuelve más eficiente al ser expuesto a más ensayos. Los adultos mantienen un descenso en el tiempo. La variabilidad en el tiempo de respuesta disminuye sostenidamente para los adultos hasta el bloque número 14. Esto se relaciona con el momento en que los adultos logran resultados óptimos. Indicando que al adquirir la estrategia correcta, las respuestas son más rápidas. El mayor tiempo mostrado por los niños presenta relación con una mayor incertidumbre al contestar, pero también puede relacionarse con un mayor tiempo en la exploración del estímulo. Un estudio muestra que el tiempo hasta la primera fijación disminuye con relación a la edad hasta los ocho años cuando alcanza valores similares a los adultos (Boot et al. 2012)

Cuando se observa el tiempo de respuestas parece interesante destacar la pequeña variabilidad alcanzada por los adultos al finalizar la tarea (desviación estándar de 130 ms en la regla espacial y de 400 ms en la regla no espacial). Es posible que esto refleje homogeneidad en las estrategias de respuestas. No hay diferencias significativas en tiempo de respuesta entre la tarea espacial y no espacial en adultos. Sin embargo, se observa que existe una tendencia a responder con mayor velocidad la tarea espacial. La regla espacial

fue adquirida sutilmente posterior que la regla no espacial, sin embargo una vez adquirida es más rápida de contestar. Se infiere que en la regla espacial los sujetos no exploran la totalidad del patrón, sino categorizan por la presencia o ausencia de una figura en uno de los lados. Nuevamente resulta interesante el estudio de movimientos oculares al realizar esta tarea.

## VARIABILIDAD DENTRO DEL GRUPO DE NIÑOS Y ADULTOS

El objetivo principal de esta tesis es diferenciar la adquisición de conceptos entre adultos y niños. Sin embargo, cada grupo es muy heterogéneo, por lo que diferencias dentro de cada grupo también podrían ser responsables de diferencias dentro de ellos.

No se observaron diferencias significativas por género en niños o adultos. Sin embargo las mujeres presentan una tendencia a mostrar un peor desempeño en la tarea espacial en relación a la no espacial. Estos estudios son consistentes con lo encontrado por otros estudios (Tesis de Magíster Carolina Delgado). Estudios en humanos han descrito que los hombres presentan mejor rendimiento en pruebas de habilidades visuo-espaciales, mientras que las mujeres presentan mejor rendimiento en tareas lingüísticas (Crucian et al. 1998). Se ha descrito que en una tarea de navegación virtual los hombres rinden mejor que las mujeres cuando no existen claves visuales. Si se utilizan claves visuales los rendimientos se igualan, lo que se interpreta como una mayor dependencia del conocimiento explícito en mujeres (Maguire et al. 1999). Debido a lo fácil que resulta nuestro estudio para los adultos, y que todos ellos logran conocimiento explícito de la tarea, no se logran observar estas diferencias.

Se ha observado una relación entre nivel socioeconómico y adquisición de conceptos en adolescentes. Aquellos adolescentes pertenecientes a un nivel socioeconómico

mayor presentan mejores resultados a los pertenecientes a niveles más bajos en una tarea de adquisición de conceptos (Tesis de Magíster Verónica Vidal). Las diferencias en educación por nivel socioeconómico es un tema que ha movilizó a nuestro país en la actualidad. Abriendo la discusión sobre oportunidades y capacidades. Las diferencias en habilidades cognitivas por nivel socioeconómico han sido extensamente estudiadas, principalmente en Latinoamérica. Alumnos brasileños de escuelas privadas rinden mejor que los pertenecientes a escuelas públicas en tareas que requieren mantención de atención, memoria trabajo, escritura y habilidades constructivas (Casarin et al. 2012). Así como un estudio en niños argentinos de 6 y 12 años correlaciona nivel socioeconómico y desempeño en tareas cognitivas, mostrando que en ambas edades los niños pertenecientes al nivel socioeconómico menor presentan peor rendimiento en tareas cognitivas superiores en especial las asociadas al lenguaje, memoria, atención e integración (Nogueira et al. 2005). No evaluamos nivel socioeconómico de nuestros participantes, por lo que no podemos diferenciar a los adultos en distintos grupos. En el caso de los niños, es posible clasificarlos según el tipo de colegio al que asistían; público o privado, lo que podría indicar diferencias socioeconómicas. No encontramos diferencias de rendimiento por tipo de colegio al que pertenecen. De los cinco niños que logran aprendizaje de al menos un patrón, 2 pertenecen a un colegio público y 3 a un colegio privado. Este resultado me parece de gran relevancia, ya que indicaría que las diferencias observadas en adolescente no están presentes en niños de 5 años. Indicando el rol fundamental del ambiente en etapas tempranas del desarrollo de habilidades cognitivas.

Participaron en el estudio niños de 5 años pertenecientes a kínder, sin embargo, las diferencias etarias entre ellos pueden ser de un máximo de 1 año. Lamentablemente solo se obtuvo la fecha de nacimiento del 40% de los participantes. Se evalúan las diferencias por

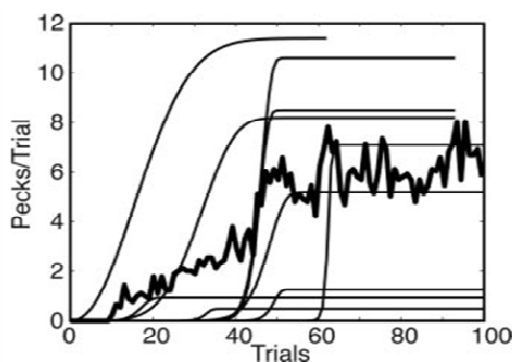
subgrupo etario. No se observan diferencias significativas entre los grupos, sin embargo el grupo de mayor edad presenta un aumento en el rendimiento de la tarea en los últimos 4 bloques en relación al resto de los participantes (gráfico 3.3). Es fundamental destacar el bajo número de participantes involucrados en este estudio, por lo que se requeriría de un mayor número de sujetos para su análisis. Sin embargo, resulta un hallazgo importante ya que podría indicar que esta es una edad clave en la adquisición de conceptos.

Conjuntamente es importante caracterizar de manera más precisa trastornos del aprendizaje. Se ha descrito que niños con trastornos de aprendizaje no verbal presentan peores resultados en tareas que requiere memoria trabajo visuo-espacial (Mammarella et al. 2012). Trastornos en el desarrollo del lenguaje también pueden influenciar en el rendimiento de una tarea de adquisición de lenguaje, ya que esta es una herramienta fundamental para el aprendizaje de otras habilidades cognitivas y los trastornos del desarrollo del lenguaje se relacionan con peor rendimiento en tareas relacionadas a tareas ejecutivas y capacidad deductiva (Leroy et al. 2012, Newton et al. 2010). Lamentablemente este análisis no pudo ser realizado ya que se obtuvo la edad de las primeras palabras de solo el 40% de la muestra mostrando una variabilidad muy baja. Resulta relevante que el único niño que adquirió el concepto, verbalizaba el concepto en cada ensayo. La relación entre adquisición de conceptos y lenguaje fue hecha por un estudio que correlaciona positivamente la adquisición de conceptos numéricos con el vocabulario. Se cuestionan si la adquisición de conceptos permite integrar el lenguaje o si el lenguaje facilita la generación de conceptos (Negen et al. 2012)

## ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

Hemos descritos las diferencias de rendimiento en la tarea de adquisición de conceptos entre adultos y niños al compararlos en forma grupal. Sin embargo se ha descrito la importancia del análisis de aprendizaje individual. Se observó que estudios de aprendizaje grupales mostraban un aumento sostenido del desempeño de la tarea, para luego alcanzar un efecto techo. Al evaluar individualmente el desempeño de los participantes de dicho grupo, se observaba que cada uno de ellos presentaba un tiempo en que respondía azarosamente (latencia), posteriormente había un punto de inflexión en que aumentaba el aprendizaje (punto de cambio), para luego alcanzar un rendimiento máximo. La pendiente entre el punto de inflexión y el inicio del rendimiento máximo es por lo general muy pronunciada. El aumento sostenido mostrado en análisis grupales estaría dado por la variabilidad en el punto de cambio de los diferentes sujetos. Los resultados de Gallistel y cols. que muestran la importancia del análisis individual se presenta en la figura 14 (Gallistel et al. 2004).

**Figura 14: Importancia de análisis individual de aprendizaje.**



*Resultados obtenidos en estudio de aprendizaje en palomas. La línea de mayor grosor muestra el desempeño grupal, mientras que las líneas delgadas el aprendizaje por individuo. Se observa que el aumento progresivo observado en el*

*desempeño grupal esta dado por la variabilidad en el punto de cambio de cada individuo. Para cada uno de ellos la pendiente entre el punto de cambio y el máximo obtenido es pronunciada (Gallistel et al. 2004).*

Las curvas individuales de aprendizaje muestran que la mayoría de los niños muestra resultados que oscilan cercanos al azar, no aprenden. El pobre desempeño de los niños puede deberse a: 1.- Los niños no están planteando hipótesis que prueban en la tarea. Esto podría estar respaldado por la alta frecuencia con que los niños responden en forma alternante. 2.- Los niños plantean hipótesis erróneas. Esto podría estar dado por hipótesis que son útiles para un patrón y no para otro, cambiándolas persistentemente sin mantener la información obtenida en línea (memoria trabajo). Los 4 niños que logran un rendimiento sobre el azar muestran diferentes comportamientos. Uno de ellos presenta un alza lentamente progresiva del desempeño, luego desciende y finalmente alcanza resultados cercanos al óptimo. El segundo, presenta un cambio violento en la pendiente de la curva alcanzando resultados cercanos al óptimo. Los dos restantes muestran una pendiente sutil hasta alcanzar resultados sub-óptimos. Estos últimos dos casos muestran una curva similar a las curvas de aprendizaje grupal, ya que probablemente se trata de aprendizaje de cada uno de los patrones por separado y no del concepto.

Todos los adultos logran aprendizaje, alcanzando resultados óptimos. Al evaluar individualmente las curvas, se observa que muchos adultos (60% en la tarea no espacial y 10% en la tarea espacial), presentan resultados sobre el azar desde el inicio de la tarea. Es decir, la hipótesis que inicialmente probaron fue efectivamente la regla que permite la categorización, mantenida al observar retroalimentación positiva. Esto indica que los adultos al enfrentarse a la tarea infieren que hay una regla común para categorizar y la buscan activamente. Categorizar por forma (regla no espacial) y en menor medida por posición (regla espacial), sería una estrategia frecuentemente usada, razón por lo que es planteada como hipótesis temprana en el transcurso de la tarea. Observamos que la pendiente entre el punto de cambio y el resultado óptimo es muy pronunciada para la

mayoría de los adultos. Es decir en pocos ensayos cambia dramáticamente su desempeño. Esto es señal de haber “adquirido” la información necesaria para la respuesta, manteniéndola al obtener retroalimentación positiva.

La construcción de curvas de aprendizaje individual por patrón se realizaron para evaluar la estrategia utilizada por los sujetos. Si el sujeto muestra que aprende en forma simultánea cada uno de los patrones, entonces podemos inferir que aprendió el concepto que permite clasificar, alcanzando un buen rendimiento en cada uno de los patrones. Por el contrario, si el sujeto aprende un solo patrón o aprende patrones en forma sucesiva, entonces inferimos que el sujeto está identificando el patrón con su resultado, sin tener conocimiento de la regla que permite la clasificación de todos los patrones.

De manera general, en niños, el rendimiento de patrones no se correlaciona entre sí. Incluso se observa correlación indirecta en algunos casos, lo que indicaría que al aprender uno nuevo se desaprende otro. Los niños no logran agrupar los patrones relacionados, sin ser capaces de adquirir el concepto. Resulta relevante la presencia de patrones que obtienen un buen rendimiento y luego disminuyen hasta el nivel correspondiente al azar. Probablemente es difícil mantener la identificación cuando existen ocho variables simultáneas, lo que indicaría que parte del pobre desempeño mostrado se debe a una menor capacidad de memoria trabajo.

Entre los niños que logran aprendizaje de al menos un patrón, existen diferentes estrategias para presentar un mejor rendimiento.

**1.- Aprendizaje de algunas claves pero no de otras:** Se infiere que el sujeto identifica las dos primeras claves, por motivos que no presentan relación a la regla que clasifica, siendo exitosa la respuesta para esas dos, pero no para el resto. Luego identifica el tercer patrón.



Se muestra la curva de aprendizaje de este sujeto en la Figura 15, indicando con rojo las claves aprendidas y en negro las que presentan una probabilidad cercana al azar.

## **2.- Aprendizaje de algunas claves, correlacionando el aprendizaje con otros patrones.**

Tres niños logran aprendizaje de al menos un patrón, pero presentan otros patrones que se correlacionan ( $r > 0,9$ ) con el aprendido. Estos patrones muestran un progreso similar al aprendido, pero que no logra los requerimientos exigidos para determinar aprendizaje (rendir sobre el azar con un 90% de intervalo de confianza). Se infiere que alcanzarían el aprendizaje si la tarea presentará más ensayos. Los sujetos 1 y 2 muestran aprendizaje de 1 patrón y una alta correlación con otro(s) (2 y 1 respectivamente) que no presentan relación en su forma con el patrón aprendido. En este caso, suponemos una identificación sucesiva de los patrones. El tercer sujeto, logra un aprendizaje casi simultáneo de 3 patrones y una alta correlación con otros 2 patrones, que alcanzan resultados muy próximos al nivel de aprendizaje (probabilidad de una respuesta correcta de 0,78 y 0,86). De los otros 3 patrones, 2 logran muy buenos resultados al finalizar la tarea (probabilidad de una respuesta correcta 0,81 y 0,83). El patrón restante mantiene bajos resultados. Destaca que los tres patrones que logran aprendizaje presentan la misma figura central, distinguiendo que la respuesta correcta se relaciona con la posición de la figura lateral (regla espacial). Debido a la forma en que se comporta el aprendizaje de cada patrón se podría inferir que el sujeto habría llegado a adquirir el concepto si hubiera tenido un mayor número de ensayos. El aprendizaje por patrón de estos tres niños se presenta en la figura 16.

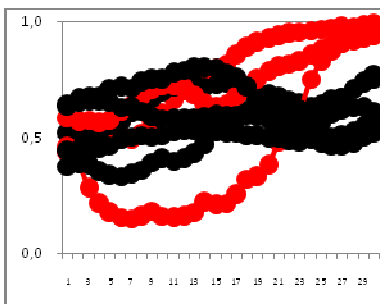
## **3.- Aprendizaje de todas las claves.** Solo un niño logra el aprendizaje de todas las claves.

Lo hace en forma simultánea, similar a como lo hacen los adultos. Este niño verbalizó su estrategia como “hay cuadrado, es lluvia” o “no hay cuadrado, es sol” para cada respuesta. Resulta muy interesante su habilidad de descubrir la regla y la necesidad de verbalizarla en

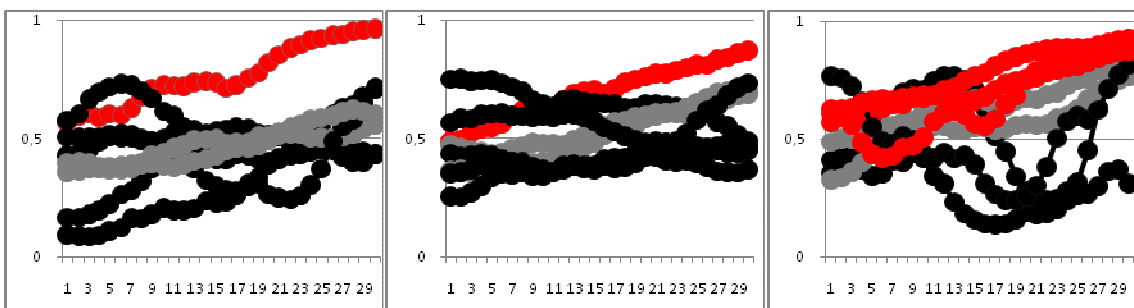
cada ocasión ya que podría indicar la importancia del lenguaje en el proceso de categorización y, por consiguiente, en la formación de conceptos. El rendimiento por patrón se ilustra en la figura 17.

En adultos la construcción de curvas de aprendizaje por patrón muestra curvas similares. Todas ellas alcanzan la probabilidad máxima de éxito (probabilidad de una respuesta correcta mayor a 0,99). Todos los adultos logran aprender todos los patrones. Esto lo hacen de manera simultánea, ya que se observan curvas similares en la mayoría de los casos. Para mayor seguridad en esta interpretación observamos que la correlación entre las curvas presenta un  $r$  mayoritariamente mayor a 0,9. De este modo, inferimos que el éxito en la tarea logrado por lo adultos se debe a la adquisición del concepto que permite clasificar.

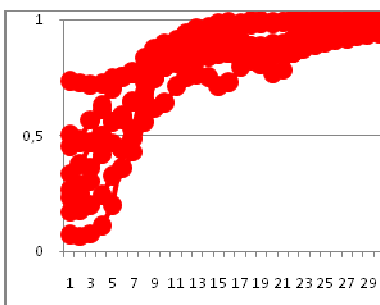
*Figura 15: Aprendizaje de algunas claves y no de otras.*



*Figura 16: Aprendizaje de algunos patrones, correlacionando el aprendizaje con otros.*



*Figura 17: Aprendizaje de todas las claves*



El análisis de estrategias puede complementarse al evaluar el conocimiento explícito. Los conceptos permiten una alta adaptación al medio ya que permiten incluir elementos novedosos. Responder en función de un concepto previamente aprendido a una situación novedosa se denomina transferencia. La ausencia de transferencia en niños fortalece la hipótesis que no están adquiriendo el concepto, contrariamente los adultos al lograr transferencia potencian la hipótesis que están generando conceptos. Esto se refleja con mayor claridad, al evaluar al único niño que presentó aprendizaje simultáneo de los patrones, verbalizando el concepto y rindiendo perfectamente en la tarea de transferencia.

## CONCLUSIONES:

- Los niños no aprenden los conceptos de esta tarea. Solo un niño logra adquisición del concepto, lo hace a una menor velocidad de aprendizaje.
- La mayoría de los niños no logra identificar los estímulos y por lo tanto transferir conocimiento sobre la tarea a otros estímulos de la misma categoría. Los niños que logran algún grado de aprendizaje lo hacen a través de identificación. Esto indica que no adquieren el concepto o regla que permite la clasificación.
- Los adultos aprenden rápidamente la tarea, mediante la adquisición del conocimiento explícito del concepto y la transferencia a objetos de la misma categoría. En concordancia con trabajos anteriores, los adultos logran formación de conceptos en una tarea de clasificación con una regla.
- Estos resultados sugieren que las diferencias en rendimiento, velocidad de aprendizaje y estrategia utilizada, podrían ser explicadas por la diferencia en el desarrollo postnatal de la corteza prefrontal, estructura fundamental en la generación de conceptos.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Ashby F.G., Maddox W.T. “Human category learning”. *Annu. Rev. Psychol.* 56: 149 – 147. 2005
- Ashby F.G., Maddox W.T. “ Human category learning 2.0.” *Annals of the New York Academy of Science* 1224: 147 – 161. 2011
- Ashby F.G., Shawn E. “The neurobiology of human category learning.” *TRENDS in CognitiveSciences* 5: 204 – 210. 2001
- Ashby F.G., Townsend J.T. “Varieties of perceptual independence.” *Psychol. Rev.* 93: 154 – 179. 1986
- Beecher W. & Milner B. “Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions.” *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 20: 11. 1957 (Abstract)
- Butters N., Delis D.C., & Lucas J.A. “Clinical assessment of memory disorders in amnesia and dementia.” *Annual Review of Psychology* 46: 493 – 553. 1995
- Casale, M.B. & F.G. Ashby. A role for the perceptual representation memory system in category learning.” *Percept. Psychophys.* 70: 983–999. 2008
- Casarin FS., Wong CE., Parente MA., de Salles JF., Fonseca RP. “Comparison of neuropsychological performance between students from public and private Brazilian schools.” *The Spanish journal of psychology* 15: 942 -951. 2012
- Cohen N., Squire L. “Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: dissociation of knowing how and knowing that.” *Science* 210: 207 – 210. 1980
- Corbetta M., Shuiman G. “Control of Goal-Directed and Stimulus-driven attention in the Brain.” *Nature Reviews Neuroscience* 3: 201 -2015. 2002
- Crucian GP, Berenbaum SA. “Sex diferemces in right hemisphere task.” *Brain Cognit* 36: 377 – 389. 1998
- De Master D., Ghetti S.”Developmental differences in hippocampal and cortical contributions to episodic retrival.” *Cortex. In press* 2012
- de Vries MH., Ulte C., Zwitserlood P., Szymanski B., Knecht S. “Increasing dopamine levels in the brain improves feedback-based procedural learning in healty

participants: An artificial-grammar-learning experience.” *Neuropsychologia* 48: 3193 – 3197. 2010

- Durston S., Casay B.J. “What have we learned about cognitive development from neuroimaging?” *Neuropsychologia* 44: 2149 – 2157. 2007
- Eldridge L., Masterman D. & Knowlton B. “Intact Implicit Habit Learning in Alzheimer’s Disease.” *Behavioral Neuroscience* 116 (4) 722 – 726. 2002
- Estes W.K. “Array models for category learning.” *Cogn. Psychol* 18: 500 – 549. 1986
- Filoteo JV, Lauritzen S, Maddox WT. “Removing the frontal lobes: the effects of engaging executive functions on perceptual category learning.” *Psychol Sci.* 21:415 – 423. 2010
- Freiwald F.A., Tsao D.Y. “Functional compartmentalization and viewpoint generalization within the macaque face-processing system.” *Science* 330: 96 – 101. 2010
- Gallistel C., Fairhurst S., Balsam P. “The learning curve: Implications of a quantitative analysis.” *Proceedings of The National Academy of Science of the United States of America* 101: 13124 – 13131. 2004
- Gluck, M.A., Shohamy D. & Myers C. “How do people solve the “Weather prediction” task? Individual variability in strategies for probabilistic category learning.” *Learning & Memory.* 9: 408 – 418. 2002
- Huizinga M., Dolan CV., van der Molen MW. “Age-related change in executive function: developmental trends and latent variables analysis.” *Neuropsychologia.* 44: 2017 – 2039. 2006
- Kelly H., Friedman D. “Learning to Forecast Price.” *Economic Inquiry* 40: 556 – 573. 2002
- Keri S. “The cognitive neuroscience of category learning.” *Brain Research Reviews*43: 85 – 109. 2003.
- Klimkiewicz A., Slowik A., Krzywoszanski L., Harzog L. & Szczudlik A. “Severity of explicit memory impairment due to Alzheimer’s disease improves effectiveness of implicit learning.” *J. Neurol* 255: 502 – 509. 2008

- Knowlton B.J., Squire L.R., Gluck M.A. “Probabilistic Classification Learning in Amnesia.” *Learning & Memory. 1: 1 – 15.* 1994.
- Knowlton B., Squire L.R., Paulsen J.S., Swerdlow N.R., Swenson M. & Butters N. “Dissociation within non declarative memory in Huntington’s Disease.” *Neuropsychology 10: 538 – 548.* 1996
- Kolb B., Mychasiuk R., Muhammad A., Li Y., Frost D., Gibb R. “Experience and developing the prefrontal cortex.” *Proc Natl Acad Sci 109:17186-17193.* 2012
- Kourtzi Z., Connor CE. “Neural Representation for objects Perception: Structure, Category, and Adaptive Coding.” *Annu. Rev. Neurosci 34: 45 – 67.* 2011.
- Kumaran D., Hassabis D., Spiers H., Vann S., Vargha-Khadem F., Maguire E. (2007) Impaired spatial and non-spatial configural learning in patients with hippocampal pathology. *Neuropsychologia 45: 2699 – 2711*
- Kumaran D., Summerfield J., Hassabis D., Maguire E. “Tracking the emergence of conceptual knowledge during human decision making.” *Neuron 63: 889 – 901.* 2009
- Lagnado D., Newell B., Kahan S., Shanks D. “Insight and Strategy in Multiple-Cue Learning.” *Journal of Experimental Psychology: General 135: 162- 183.* 2006
- Leroy S, Parrisé C, Maillart C. “Analogical reasoning in children with specific language impairment.” *Clinical Linguistics & phonetics. 26: 380 – 395.* 2012
- Lisman J. & Grace A. “The hippocampal-VTA loop: Controlling the entry of information into long-term memory.” *Neuron 46: 703-713.* 2005
- Livingston K., Andrews J. “Evidence for an age-independent process in category learning.” *Developmental Science 8: 319 – 325.* 2005
- Lombardi WJ, Andreason PJ, Sirocco KY, Rio DE, Gross RE, Umhau JC “Wisconsin Card Sorting Test performance following head injury: dorsolateral fronto-striatal circuit activity predicts perseveration.” *Neuropsychologia 21: 2 – 16.* 1999
- Maddox WT & Ashby FG. “Dissociating explicit and procedural-learning based systems of perceptual category learning.” *Behavioural Processes 66: 309 – 332.* 2004



- Maguire EA, Burgess N, O’Keefe J. “Human spatial navigation: cognitive maps, sexual dimorphism and neural substrate.” *Curr Opin Neurobiol* 9: 171 -177. 1999
- Mammarella I.C., Giofre D., Ferrara R., Cornoldi C. “Intuitive geometry and visuospatial working memory in children showing symptoms of nonverbal learning disabilities.” *Child Neuropsychol. In press* 2012
- Meeter M., Radics G., Myers C.E., Gluck M.A., Hopkins R.O. “Probabilistic categorization: How do normal participants and amnesic patients do it?” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 32: 237 – 248. 2008
- Milner B., Squire L. & Kandel E. ”Cognitive Neuroscience and the Study of Memory.” *Neuron* 20: 446 – 468. 1998.
- Negen J., Sarnecka B.W “Number-Concept acquisition and general vocabulary development.” *Child Dev.* 83: 2019 – 2027. 2012
- Newton EJ, Roberts MJ, Dolan C. “Deductive reasoning in children with specific language impairment.” *The British journal of developmental psychology*28: 71 – 87, 2010.
- Nogueira GJ., Castro A., Naveira L., Noqueira-Antuñano F., Natinzon A., Grossi MC., Frugone M., Leofanti H., Marchesi M. “Evaluation of higher brain functions in 1st and 7th grade school children belonging to two different socioeconomic groups.” *Revista de Neurología.* 40: 397 – 406. 2005
- Norura EM, Maddox WT, Filoteo JV, Ing AD, Gitelman DR, Parrish TB Mesulam MM, Reber PJ. “Neural correlates of rule-based and information-integration visual category learning.” *Cerebral Cortex* 17: 37 – 43. 2007
- Often N., Kao Y., Sokol-Hessner P., Kin H., Whitfield-Gabrieli S., Gabrieli J. “Development of declarative memory system in the human brain.” 10. 1198 – 1205. 2007
- O’Houdé D., Pineau A., Leroux G., Poirel N., Perchey G., Lanoe C., Lubin A., Turbelin M., Rossi S., Simon G., Delcroix N., Lambertson F., Vigneau M., Wisniewski G. & Vicet J., Mazoyer B. “Functional magnetic resonance imaging study of paget’s conservation-of-number task in preschool and school-age children: A neo-Piagetian approach.” *Journal of Experimental Child Psychology* 110: 332-346. 2011.

- Pan X., Sakagami M. “Category representation and generalization in the prefrontal cortex.” *European Journal of Neuroscience* 35: 1083 – 1091. 2012
- Pel J.J., van der Zee YJ., Boot FH, Evenhuis HM., van der Steen J. “Remote eye tracking assesses age dependence processing of coherent motion in typically-developing children.” *J Med Eng Technol* 37: 109 -115. 2013.
- Peña M., Pittaluga E., Mehler J. “Language acquisition in premature and full-term infants.” *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 107: 3823 – 3828. 2010
- Petersen P., Posner M. “The attention System of the Human Brain: 20 years after.” *Annu Rev. Neurosci* 35: 73 – 89. 2012.
- Poldrack RA, Clack J, Paré-Blagoev EJ, Shohamy D, Cresso J, Myers C, Gluck MA “Interactive memory systems in the human brain.” *Nature* 414: 546 – 550. 2001
- Poldrack R.A. & Foerde K. ”Category learning and memory system debate.” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 32: 197 – 205. 2008
- Quiroga R. “Concepts cells: the building blocks of declarative memory functions.” *Nature Reviews. Neuroscience* 13: 587 – 597. 2012
- Rosch E. “Natural Categories.” *Cogn. Psychol* 4: 328 – 350. 1973
- Sanderson D., Pearce J., Kyd R., Aggleton J. “The importance of the rat hippocampus for learning the structure of visual arrays.” *European journal of Neuroscience* 24: 1788 – 1788. 2006
- Rothbart M., Sheese B., Posner M. “Developing Mechanisms of Self-Regulation in Early Life.” *Emot Rev.* 3: 207 – 213. 2011
- Shohamy D., Myers C.E., Grossman S., Sage J., Gluck M.A. & Poldrack R.A. “Cortico-Striatum contributions to feedback-based learning: Converging data from neuroimaging and neuropsychology.” *Brain* 127: 851 – 859. 2004
- Smith A., Frank L., Wirth S., Yanike M., Hu D., Kubota Y., Graybiel A., Suzuki W. & Brown E. “Dynamic Analysis of Learning in Behavioral Experiments.” *The Journal of Neuroscience* 24(2): 447 – 461. 2004
- Sowell E., Thompson P., Holmes C., Jernigan T., Togan A. “In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions.” *Nature Neuroscience.* 2: 859 – 861. 1999

- Squire L.R. “Memory systems of the brain: a brief history and current perspective.” *Neurobiology of Learning and Memory* 82: 171 – 177. 2004
- Thomas K.M. “Serial Reaction Time Learning in Preschool and School age Children.” *Journal of Experimental Child Psychology* 79: 364 – 387. 2001
- Wittmann BC., Schott B., Guderian S., Frey J., Heinze H., Düzel E. “Reward-Related fMRI Activation of Dopaminergic Midbrain Is Associated with Enhanced Hippocampus –Dependent Long-Term Memory Formation.” *Neuron* 45: 459 – 467. 2005
- Zeithamova, D., W.T. Maddox & D.M. Schnyer. “Dissociable prototype learning systems: evidence from brain imaging and behavior.” *J. Neurosci.* 28: 13194–13201. 2008

ANEXOS:

Anexo 1:



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS

1/2

**ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO**

FECHA: 14 SET. 2012

14 SET. 2012



**PROYECTO: COMPARACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE DE CONCEPTOS EN ADULTOS Y NIÑOS**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE: SRA. CARLA MANTEROLA M.**

**INSTITUCIÓN: PROYECTO DE TESIS PROGRAMA DE MAGÍSTER EN CIENCIAS MÉDICAS MENCIÓN NEUROCIENCIAS, ESCUELA DE POSTGRADO, FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CHILE.**

Con fecha 04 de septiembre de 2012, el proyecto ha sido analizado a la luz de los postulados de la Declaración de Helsinki, de la Guía Internacional de Ética para la Investigación Biomédica que involucra sujetos humanos CIOMS 1992, y de las Guías de Buena Práctica Clínica de ICH 1996.

Sobre la base de la información proporcionada en el texto del proyecto el Comité de Ética de la Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, estima que el estudio propuesto está bien justificado y que no significa para los sujetos involucrados riesgos físicos, psíquicos o sociales mayores que mínimos.

Este comité también analizó y aprobó el correspondiente documento de Consentimiento Informado en su versión modificada con fecha 30 de agosto de 2012. Se adjunta aprobación de los siguientes documentos: Consentimiento Informado.

En virtud de las consideraciones anteriores el Comité otorga la aprobación ética para la realización del estudio propuesto, dentro de las especificaciones del protocolo.

*Teléfono: 9786923 Fax: 9786189 Email: ceiha@med.uchile.cl*

## CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ADULTOS

Investigador Principal: Carla Manterola M.  
Investigador Supervisor: Dra. María de la Luz Aylwin O.

Por la presente se invita a participar en el estudio de “Comparación de estrategias de aprendizaje conceptual en niños y adultos”, cuyo objetivo es comparar las estrategias de aprendizaje de los niños y adultos en una tarea de aprendizaje de conceptos utilizando feedback.

La tarea consiste en la realización de una prueba de aprendizaje en una pantalla de computador en la que usted debe responder mediante una botonera. La tarea consiste en siete bloques, cada uno tiene una duración aproximada de 6 minutos, separadas por pausas de un minuto.

Durante todo el estudio, solo se realizará la tarea en el computador, la cual no implica ningún riesgo para usted. El investigador estará junto a usted durante toda la tarea. Cualquier duda puede ser expresada durante la investigación y debe ser explicada por el investigador de manera clara.

La participación en este estudio es voluntaria, pudiendo abandonar el estudio en cualquier momento si así lo desea, sin dar explicaciones. El investigador se hace responsable de toda la información obtenida así como de la identidad de los participantes que será mantenida en completa confidencialidad.

Los resultados de esta investigación serán utilizados únicamente con el propósito de determinar y comparar las estrategias de aprendizaje de niños y adultos.

---

### DECLARACIÓN DEL EVALUADO:

**He comprendido de que se trata y los objetivos del estudio. Consiento voluntariamente a participar de éste.**

**Nombre del participante:** \_\_\_\_\_

**Cedula de Identidad:** \_\_\_\_\_

**Firma del participante:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Departamento de Fisiología y Biofísica  
Facultad de Medicina Universidad de Chile**

## CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA NIÑOS – AURIZACIÓN DE LOS PADRES

Investigador Principal: Carla Manterola  
Investigador Supervisor: Dra. María de la Luz Aylwin O.

Por la presente se invita a participar en el estudio de “Comparación de estrategias de aprendizaje conceptual en niños y adultos”, cuyo objetivo es comparar las estrategias de aprendizaje de los niños y adultos en una tarea de aprendizaje de conceptos utilizando feedback.

La tarea consiste en la realización de una prueba de aprendizaje en una pantalla de computador en la que usted debe responder con el uso de una botonera. La tarea está construida por seis bloques, cada uno de ellos tiene una duración aproximada de 4 minutos, separadas por pausas de un minuto. Le colegio de su hijo ha autorizado la realización de esta investigación. Se realizará en horario de clases dentro del colegio.

Durante todo el estudio, solo se realizara la tarea en el computador, la cual no implica ningún riesgo para su hijo. El investigador estará junto a su hijo durante toda la tarea. Todas duda puede ser expresada y debe ser explicada de manera clara. Si tiene dudas con relación a la investigación puede comunicarse con el investigador a cargo quien debe responder todas las consultas en forma clara.

La participación en este estudio es voluntaria, pudiendo abandonar el estudio en cualquier momento si así lo desee, sin dar explicaciones. El investigador se hace responsable de toda la información obtenida así como de la identidad de los participantes que será mantenida en completa confidencialidad.

Los resultados de esta investigación serán utilizados únicamente con el propósito de determinar y comparar las estrategias de aprendizaje de niños y adultos.

---

### DECLARACIÓN DEL EVALUADO:

**He comprendido de que se trata y los objetivos del estudio. Consiento voluntariamente a que mi hijo participe en este estudio.**

**Nombre del participante:** \_\_\_\_\_ **Cedula de Identidad:** \_\_\_\_\_

**Nombre del apoderado:** \_\_\_\_\_ **Cedula de Identidad:** \_\_\_\_\_

**Firma del apoderado:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Departamento de Fisiología y Biofísica  
Facultad de Medicina Universidad de Chile**

## CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA NIÑOS – AUTORIZACIÓN DEL COLEGIO

Investigador Principal: Carla Manterola  
Investigador Supervisor: Dra. María de la Luz Aylwin O.

Por la presente se invita a participar en el estudio de “Comparación de estrategias de aprendizaje conceptual en niños y adultos”, cuyo objetivo es comparar las estrategias de aprendizaje de los niños y adultos en una tarea de aprendizaje de conceptos utilizando feedback.

La tarea consiste en la realización de una prueba de aprendizaje en una pantalla de computador en la que usted debe responder mediante una botonera. La tarea consiste en siete bloques, cada uno tiene una duración aproximada de 4 minutos, separadas por pausas de un minuto.

Durante todo el estudio, solo se realizará la tarea en el computador, la cual no implica ningún riesgo para el estudiante. El investigador estará junto al estudiante durante toda la tarea. Cualquier duda puede ser expresada durante la investigación y debe ser explicada por el investigador de manera clara.

La participación en este estudio es voluntaria, pudiendo abandonar el estudio en cualquier momento si así lo desea, sin dar explicaciones. El investigador se hace responsable de toda la información obtenida así como de la identidad de los participantes que será mantenida en completa confidencialidad.

Los resultados de esta investigación serán utilizados únicamente con el propósito de determinar y comparar las estrategias de aprendizaje de niños y adultos

---

**He comprendido de que se trata y los objetivos del estudio. Autorizo la participación de los estudiantes en el estudio.**

**RESPONSABLE DEL CURSO**

**Nombre del participante:** \_\_\_\_\_

**Cedula de Identidad:** \_\_\_\_\_

**Cargo:** \_\_\_\_\_

**Colegio:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

