



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGIA

**Rendimiento de niños de 4° y 8° básico de dos
colegios de Santiago con distinto nivel socioeconómico
en una tarea de aprendizaje conceptual espacial–asociativo.**

Natalia Andrea Escobar Márquez
Myriam Deborah Gutiérrez Villegas

2011

RENDIMIENTO DE NIÑOS DE 4° Y 8° BÁSICO DE DOS
COLEGIOS DE SANTIAGO CON DISTINTO NIVEL SOCIOECONÓMICO
EN UNA TAREA DE APRENDIZAJE CONCEPTUAL ESPACIAL-ASOCIATIVO.

Tesis

Entregada a la

UNIVERSIDAD DE CHILE

En cumplimiento parcial de los requisitos

para optar al grado de

LICENCIADO EN KINESIOLOGIA

FACULTAD DE MEDICINA

Por

Natalia Andrea Escobar Márquez

Myriam Déborah Gutiérrez Villegas

2011

DIRECTOR DE TESIS: MARÍA DE LA LUZ AYLWIN OSTALÉ

PATROCINANTE DE TESIS: SYLVIA ORTIZ ZÚÑIGA

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

INFORME DE APROBACIÓN
TESIS DE LICENCIATURA

Se informa a la Escuela de Kinesiología de la Facultad de Medicina que la Tesis de Licenciatura presentada por las candidatas:

NATALIA ANDREA ESCOBAR MÁRQUEZ
MYRIAM DEBORAH GUTIÉRREZ VILLEGAS

Ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al grado de Licenciado en Kinesiología, en el examen de defensa de Tesis rendido el 15 de marzo de 2012.

DIRECTORA DE TESIS

María De La Luz Aylwin Ostalé PhD.

COMISIÓN INFORMANTE DE TESIS

Dra. M. Pilar Fernández F.

Klga. Elizabeth Fernández Jara

Klgo. Gonzalo Rivera Lillo

Sylvia Ortiz Zúñiga

*A mi familia amada, mis padres, y a mi familia espiritual,
por todo el cariño y paciencia brindados.*

–Natalia

*A mis padres, Myriam y Dagoberto, por su sabiduría y cariño,
por confiar en mis oportunidades para crecer y construir.*

A mis hermanas y sobrinos, por su apoyo cada vez.

A Jhonny, por acompañarme en todo momento.

–Myriam

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que en alguna medida han participado:

A la profesora María de la Luz Aylwin PhD, por confiar en nosotras y hacer posible nuestra participación en este estudio instándonos a rendir el máximo; por otorgarnos el espacio libre para plantear nuestras propias inquietudes; por las orientaciones y correcciones técnicas que permitieron resolver dudas; por las innumerables facilidades instrumentales dentro y fuera del laboratorio, incluso desde lejos, con interés, preocupación, y buena onda en todas las fases de la investigación, gracias profesora “Marilú”.

A Verónica Vidal por la dedicada ayuda, sugerencias metodológicas, instructivos para el análisis y aportes explicados personalmente. Fue una guía oportuna.

A Christian, del Laboratorio de Neurocircuitos – ICBM, por el especial buen humor y disposición permanente, y junto con ello, agradecemos la ayuda otorgada por alumnos y académicos presentes en el laboratorio, con quienes cruzamos más de una palabra.

Al profesor Fernando Quevedo por la orientación estadística, permitiéndonos pacientemente explayarnos para aprovechar la instancia y enmendar errores.

A Emerson Melo por las valiosas sugerencias metodológicas, gracias por todo.

Al Sr. Juan Carlos y la Sra. Mireya por su confianza y permanente ayuda en el colegio CP; a la Sra. Emilia y a las profesoras por su total disposición en el colegio CM; a las Sras. Amalia y Marta por su paciencia y facilidades en el colegio CS, y a todos los niños y niñas de 4° y 8° básico que participaron con entusiasmo y curiosidad haciendo posible este estudio.

Mención honrosa para Luis Rojas por su oportuna e interminable ayuda computacional, fue clave; Jhonny Melo y Paulina Gutiérrez por prestarnos notebooks; Claudia Gutiérrez por la revisión metodológica y programas; Carolina & Gerardo por programa y contactos; Dasenka Keglevic por la miniatura.

Agradecemos especialmente a nuestras familias por instarnos a perseverar aun cuando los días fueran distintos entre junio de 2011 y marzo de 2012; a nuestros amigos y compañeros por compartir sugerencias y buenos momentos; a nuestros profesores por su apoyo técnico y teórico; y a todos nuestros seres más queridos por su paciencia e incondicionalidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>RESUMEN</u>	<u>II</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>III</u>
<u>ABREVIATURAS</u>	<u>IV</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>3</u>
1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
<u>2. MARCO TEÓRICO</u>	<u>4</u>
2.1 APRENDIZAJE Y MEMORIA	4
2.2 SUSTENTO NEURAL DEL APRENDIZAJE	5
2.3 PROCESOS, TÉCNICAS Y ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE	8
2.4 CONTEXTO SOCIOCULTURAL Y APRENDIZAJE	8
2.5 MODELOS DE ESTIMACIÓN DEL APRENDIZAJE	10
2.6 TAREA DE APRENDIZAJE CONCEPTUAL	10
2.6.1 Rendimiento en la TAC-EA	11
2.6.2 Reglas de AC	11
<u>3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>12</u>
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<u>4. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>13</u>
4.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO	13
4.1.1 Criterios de inclusión	13
4.1.2 Criterios de exclusión	13
4.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	13
4.3. PLAN DE TRABAJO	13
4.4. VARIABLES Y CONSTANTES	14
4.4.1 CONSTANTES	14
4.4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES:	14

4.4.3 VARIABLES DEPENDIENTES	15
4.4.3 VARIABLES DESCONCERTANTES	16
4.5 PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS	16
<u>5. RESULTADOS</u>	<u>17</u>
<u>6. CONCLUSIÓN</u>	<u>22</u>
<u>7. DISCUSIÓN</u>	<u>23</u>
<u>8. PROYECCIONES</u>	<u>29</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>31</u>
<u>ANEXO</u>	<u>A-2</u>
ANEXO 1.- ESQUEMAS NEUROANATÓMICOS DEL APRENDIZAJE Y MEMORIA	A-2
ANEXO 2.- MR Y ROL DEL HC EN CONJUNTO CON OTRAS ÁREAS CEREBRALES EN EL AC.	A-4
ANEXO 3.- CARTA AUTORIZACIÓN DIRIGIDA A CM	A-5
ANEXO 4.- CARTA DE AUTORIZACIÓN DIRIGIDA A CS	A-6
ANEXO 5.- CARTA DE AUTORIZACIÓN DIRIGIDA A CP	A-7
ANEXO 6.- CONSENTIMIENTO INFORMADO	A-8
ANEXO 7.- DISEÑO EXPERIMENTAL	A-9
ANEXO 8.- MODELOS DE ESTIMACIÓN DEL APRENDIZAJE	A-13
ANEXO 9.- GLOSARIO	A-14
<u>APÉNDICE</u>	<u>A-16</u>
APÉNDICE 1.- CURVAS INDIVIDUALES DE APRENDIZAJE DE SUJETOS QUE APRENDEN Y NO APRENDEN TRAS APLICACIÓN DE TAREA DE APRENDIZAJE CONCEPTUAL ESPACIAL-ASOCIATIVO.	A-16
a.- Curvas sujetos aprenden	A-16
b.- Curvas sujetos que no aprenden	A-20
APÉNDICE 2.- TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO	A-38

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I	
Caracterización de sujetos que aprenden	18
Tabla II	
Caracterización de la población de estudio nivel educativo 8° básico	A-38
Tabla III	
Caracterización de la población de estudio nivel educativo 4° básico	A-39

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Frecuencia relativa sujetos que aprenden en la TAC-EA.....	17
Figura 2	Niño CP4005M: Curvas de aprendizaje y reglas	19
Figura 3	Niña CP4008Fif: Curvas de aprendizaje y reglas	20
Figura 4	Niño CS8032Mwr: Curvas de aprendizaje y reglas	20
Figura 5	Rendimiento final según tipo de colegio y nivel educativo.....	21
Figura 6	Rendimiento según regla de AC en 8° básico NSE Medio-bajo.....	21
Figura 7	Rendimiento según tipo de regla en 4° básico NSE Alto.....	22
Figura 8	Rendimiento promedio (bloques 7 y 8) para RE en 4° y 8.....	22
Figura 9	Niña CP4011Fjh: Curvas de aprendizaje y reglas	A-16
Figura 10	Niño CP4015Mkv : Curvas de aprendizaje y reglas	A-16
Figura 11	Sujeto CP4019Fna: Curvas de aprendizaje y reglas	A-17
Figura 12	Niña CS4013Fjg: Curvas de aprendizaje y reglas	A-17
Figura 13	Niña CS4017Fjm: Curvas de aprendizaje y reglas	A-17
Figura 14	Niño S8005Mcm: Curvas de aprendizaje y reglas	A-18
Figura 15	Niño CS8008Mdc: Curvas de aprendizaje y reglas	A-18
Figura 16	Niño CS8010Mft: Curvas de aprendizaje y reglas	A-18
Figura 17	Niña CS8011Ffc: Curvas de aprendizaje y reglas	A-19
Figura 18	Niño CS8019Mls: Curvas de aprendizaje y reglas	A-19
Figura 19	Niño CS8031Msu: Curvas de aprendizaje y reglas	A-19
Figura 20	Curva individual del sujetoCS8001Fcv	A-20

Figura 21	Curva individual del sujeto CS8018Mjv	A-20
Figura 22	Curva individual del sujeto CS8002Mch	A-20
Figura 23	Curva individual del sujeto CS8003Fcs	A-21
Figura 24	Curva individual del sujeto CS8004Fcs	A-21
Figura 25	Curva individual del sujeto CS8006Mda	A-21
Figura 26	Curva individual del sujeto CS8007Fdz	A-21
Figura 27	Curva individual del sujeto CS8009Mfl	A-22
Figura 28	Curva individual del sujeto CS80012Fgc	A-22
Figura 29	Curva individual del sujeto CS80013Fgg	A-22
Figura 30	Curva individual del sujeto CS80014Fgu.....	A-22
Figura 31	Curva individual del sujeto 8CS0015Fja.....	A-23
Figura 32	Curva individual del sujeto 8CS0015Fja.....	A-23
Figura 33	Curva individual del sujeto CS80017Mjt	A-23
Figura 34	Curva individual del sujetoCP4009Mid	A-23
Figura 35	Curva individual del sujeto CS80020Mlr.....	A-24
Figura 36	Curva individual del sujeto CS80021Mlf.....	A-24
Figura 37	Curva individual del sujeto CS80022Fmc.....	A-24
Figura 38	Curva individual del sujeto CS80023Fma.....	A-24
Figura 39	Curva individual del sujeto CS80024Fmp.....	A-25
Figura 40	Curva individual del sujeto CS80025Mmg.....	A-25
Figura 41	Curva individual del sujeto CS80026Mnc.....	A-25
Figura 42	Curva individual del sujeto CS80027Mnf.....	A-25
Figura 43	Curva individual del sujeto CS80028Mpg.....	A-26

Figura 44	Curva individual del sujeto CS80029Fpg.....	A-26
Figura 45	Curva individual del sujeto CS8030Fsc	A-26
Figura 46	Curva individual del sujeto CP4001Fap.....	A-26
Figura 47	Curva individual del sujeto CP4002Fav.....	A-27
Figura 48	Curva individual del sujeto CP4003Fbc.....	A-27
Figura 49	Curva individual del sujeto CP4004Fdc.....	A-27
Figura 50	Curva individual del sujeto CP4006Ffg.....	A-27
Figura 51	Curva individual del sujeto CP4007Ffb.....	A-28
Figura 52	Curva individual del sujeto CP4012Fja.....	A-28
Figura 53	Curva individual del sujeto CP4013Fjz.....	A-28
Figura 54	Curva individual del sujeto CP4014Fks.....	A-28
Figura 55	Curva individual del sujeto CP4016Mmp.....	A-29
Figura 56	Curva individual del sujeto CP4017Mmr.....	A-29
Figura 57	Curva individual del sujeto CP4018Fms.....	A-29
Figura 58	Curva individual del sujeto CP4020Msc.....	A-29
Figura 59	Curva individual del sujeto CP4021Fsl.....	A-30
Figura 60	Curva individual del sujeto CP4022Fsp.....	A-30
Figura 61	Curva individual del sujeto CP4023Mvn.....	A-30
Figura 62	Curva individual del sujeto CS4001Map.....	A-30
Figura 63	Curva individual del sujeto CS4002Mac.....	A-31
Figura 64	Curva individual del sujeto CS4003Mar.....	A-31
Figura 65	Curva individual del sujeto CS4004Mbg.....	A-31
Figura 66	Curva individual del sujeto CS4005Fcj.....	A-31

Figura 67	Curva individual del sujeto CS4006Mcb.....	A-32
Figura 68	Curva individual del sujeto CS4007Mdr.....	A-32
Figura 69	Curva individual del sujeto CS4008Fdc.....	A-32
Figura 70	Curva individual del sujeto CS4009Mdv.....	A-32
Figura 71	Curva individual del sujeto CS4010Mfp.....	A-33
Figura 72	Curva individual del sujeto CS4011Mgg.....	A-33
Figura 73	Curva individual del sujeto CS4012Mgl.....	A-33
Figura 74	Curva individual del sujeto CS4014Fjv.....	A-33
Figura 75	Curva individual del sujeto CS4015Mjf.....	A-34
Figura 76	Curva individual del sujeto CS4016Mjh.....	A-34
Figura 77	Curva individual del sujeto CS4018Mjc.....	A-34
Figura 78	Curva individual del sujeto CS4019Fmg.....	A-34
Figura 79	Curva individual del sujeto CS4020Fpp.....	A-35
Figura 80	Curva individual del sujeto CS4021Fpb.....	A-35
Figura 81	Curva individual del sujeto C4S022Msg.....	A-35
Figura 82	Curva individual del sujeto CS4023Fsn.....	A-35
Figura 83	Curva individual del sujeto CS4024Fti.....	A-36
Figura 84	Curva individual del sujeto CS4025Ftv.....	A-36
Figura 85	Curva individual del sujeto CS4026Mwg v.....	A-36
Figura 86	Curva individual del sujeto CS4027Fyj.....	A-36
Figura 87	Curva individual del sujeto CP4010Fir.....	A-37

RESUMEN

Procesos cognitivos complejos permiten la modificación de conductas específicas en niños asociadas con conceptos adquiridos durante el aprendizaje. Este proceso se ve influido por factores como: el desarrollo cognitivo, el interés en reforzamientos, la capacidad de adaptarse al entorno, el nivel educativo, nivel socioeconómico y tipo de educación. En Chile esto se mide en pruebas específicas pero actualmente es escasa la evidencia del comportamiento de escolares en pruebas más abstractas. Un ejemplo de ellas es la tarea de aprendizaje conceptual espacial-asociativo de Kumaran y colaboradores que involucra activación conjunta del hipocampo y corteza prefrontal ventro-medial. El objetivo del presente estudio es describir la respuesta conductual de niños en edad escolar que aprenden en la ejecución de dicha tarea. Para ello se selecciona intencionadamente a 82 escolares de dos niveles educativos: 4° y 8° de educación básica de dos colegios con distinto nivel socioeconómico, alto y medio-bajo, entre septiembre y diciembre de 2011. Los resultados indican que el 35,7% (n=14) de los sujetos aprende, alcanzando un rendimiento final de 57,81% a 99,27%, y un rendimiento por regla espacial de 60% a 90%, con una gradual adquisición de aprendizaje conceptual reflejada en las curvas individuales analizadas mediante el modelo de State-Space. El análisis grupal indica mayor rendimiento final en 8° respecto del 4° básico, un rendimiento por regla asociativa de 59% a 94%, un rendimiento por ambas reglas diferente en 4° básico, un rendimiento por regla espacial diferente entre 4° y 8°. Esto podría explicarse por factores cognitivos (mayor desarrollo hipocampal en niños mayores, consistencia en estrategias de aprendizaje en los sucesivos ensayos, concentración facilitadora de las asociaciones forma-forma, forma-ubicación y figura-pronóstico de patrones de la memoria de trabajo) o por factores contextuales del aprendizaje (entrenamiento previo en realidad virtual, familia estimulante). No obstante, no se descarta que los niños que no aprenden posean las capacidades para detectar la estructura conceptual de la tarea, eventualmente otras estrategias facilitarían la adquisición gradual de aprendizaje. En suma, la tarea de aprendizaje conceptual espacial-asociativo es difícil para niños chilenos de educación básica, reflejando bajos niveles de aprendizaje conceptual. Los hallazgos de este estudio constituyen una primera aproximación al estudio de capacidades cognitivas complejas en niños de edad escolar.

ABSTRACT

Complex cognitive processes enable the modification of specific behaviors in children associated with concepts acquired during learning. This process is influenced by several factors, such as: cognitive development, reinforcement, the capability to become adapted to environmental factors, educational level, and type of received education. In Chile this is measured by specific tasks, but nowadays there is few research about scholar's behavior in more abstract tasks, such as the conceptual spatial-associative learning task, that requires hippocampus and ventromedial prefrontal cortex activation. The aim of this study is to describe the behavioral response of scholar children who learn during the application of this task. In order to reach this objective, we intentionally selected 82 schoolchildren from two educational levels: 4th and 8th from Basic Education, from two types of school: high socioeconomic level and half-low socioeconomic level, between September to December 2011. Results indicate that 35.7 % (n=14) of children learned, reaching a final performance that goes from 57.81% to 99.27%; their average performance by spatial rule goes from 60% to 90%, and they show a gradual acquisition of conceptual learning, as the individual learning curves analyses by using Smith's State-Space model indicates it. In a group analysis, 8th grade had better final performance and spatial rule performance than 4th grade; associative rule performance in 4th grade was superior than spatial rule; associative rule performance goes from 59% to 94%; spatial rule performance was significantly different between 4th and 8th grade. These results could be explained by cognitive learning factors (major HC development in elderly children, consistency in learning strategies selected trial by trial, attention needed for working memory processing of associations such as shape-shape of figures, shape-location of patterns and pattern-outcome learned) and contextual learning factors (previous virtual reality training, stimulating family). Nevertheless, we cannot discard that children with poor performance have the capabilities to detect the conceptual structure. They could need better learning strategies selection or virtual reality training to be able for enabling learning strategies. In summary, the task is difficult for Chilean children from Basic Education, indicating low levels of conceptual knowledge. These findings constitute a first approximation to future studies of cognitive complex capabilities in school children.

ABREVIATURAS

AC / CL	: Aprendizaje Conceptual / <i>Conceptual learning</i>
CCA	: Corteza cingulada anterior
CCP	: Corteza cingulada posterior
CM	: Colegio municipal (La Granja)
CS	: Colegio particular subvencionado (Cerro Navia)
CP	: Colegio particular privado (Puente Alto)
CPAP	: Corteza parietal asociativa posterior
CPF	: Corteza prefrontal
CPFvm	: Corteza prefrontal ventromedial
CPH	: Corteza parahipocampal
F1	: Figura geométrica 1 (triángulo)
F2	: Figura geométrica 2 (cuadrado)
F3	: Figura geométrica 3 (estrella)
F4	: Figura geométrica 4 (hexágono)
HC	: Hipocampo
LTM	: Lóbulo temporal medial
MR	: Memoria de reconocimiento
NSE	: Nivel socioeconómico del colegio (medio-alto, alto)
P1	: Patrón 1 con regla espacial (cuadrado – triángulo)
P2	: Patrón 2 con regla espacial (triángulo – cuadrado)
P3	: Patrón 3 con regla espacial (cuadrado – hexágono)
P4	: Patrón 4 con regla espacial (hexágono – cuadrado)
P5	: Patrón 5 con regla asociativa (estrella – triángulo)
P6	: Patrón 6 con regla asociativa (triángulo – estrella)
P7	: Patrón 7 con regla asociativa (estrella – hexágono)
P8	: Patrón 8 con regla asociativa (hexágono – estrella)
R+	: Reforzamiento por recompensa en aumento
RA / AR	: Regla asociativa / <i>Associative rule</i>
RE / SR	: Regla Espacial / <i>Spatial rule</i>
RendBn	: Rendimiento en el Bloque “n” (n=0,1,2,3,4,5,6,7)
RendX	: Rendimiento promedio
TAC-EA	: Tarea de aprendizaje conceptual espacial–asociativo combinado
TrA	: “Trial” o ensayo en que comienza a aprender
TrMAX	: “Trial” o ensayo en que termina de aprender

INTRODUCCIÓN

“Lo que encontramos es la regularidad del mundo que experimentamos en cada momento, pero sin ningún punto de referencia independiente de nosotros que nos garantice la estabilidad absoluta que le quisiéramos asignar a nuestras descripciones”
(Maturana y cols., 1984)

Los procesos cognitivos que subyacen al aprendizaje constituyen un área de desarrollo de la neurociencia y tienen relevancia en diversas áreas del conocimiento: políticas públicas en educación, decisiones estratégicas económicas, informática, diseño virtual, control y aprendizaje motor en rehabilitación, son ejemplos (Shea y cols, 2008; Zhang y cols, 2010). Y es que desde tempranos estadios de la vida hay aprendizaje, con participación de recursos cognitivos de distinta complejidad que permiten experimentar gran cantidad de estímulos, organizarlos en representaciones sensoriales y motoras, y formar conceptos (Beauchamp y cols, 2007). Procesos cognitivos como la generación de analogías, asociaciones y predicciones serían algunos de los recursos que, unificados en la sintaxis y semántica de la memoria declarativa, permitirían el surgimiento de este conocimiento conceptual (Wang, 2009), permitiéndonos descubrir la regularidad de estructuras que se relacionan de alguna manera con la propia experiencia, con el uso que se puede dar a conceptos y con ello adaptarnos en situaciones nuevas y dinámicas, como se desprende del epígrafe de Humberto Maturana inscrito al inicio de esta página.

En niños en edad escolar el aprendizaje está influenciado por varios factores, tales como: el nivel de familiaridad con estímulos a su alrededor, dada su incipiente experiencia previa (Eichenbaum y cols., 2007); su contexto socioeconómico, que influye en el desarrollo de habilidades cognitivas (Thibaut y cols, 2010; Rao y cols, 2010; Rosenzweig & Bennet, 1996); y el nivel y tipo educación recibido, que en Chile está condicionado por la calidad del establecimiento educacional y el aporte de la familia.

En el sistema educativo chileno, tras la implementación de la ley de Jornada Escolar Completa en la educación básica, aumentaron las horas presenciales de refuerzo y profundización en las áreas de lenguaje y matemática con el fin de aumentar la productividad de

la educación (García Marín, 2006). Dicho criterio asumió como principio la evidencia de que escolares de enseñanza básica con mejor desempeño en dichas áreas tendrían mayor desarrollo de capacidades cognitivas complejas (Richlandlan y cols, 2010).

Lo expuesto anteriormente explica la importancia que se le da al tiempo y la práctica repetida como estrategias para mejorar el desempeño escolar en pruebas específicas, por ejemplo, las del Sistema de Medición de la Calidad en la Educación (SIMCE) y coeficiente intelectual, que tienen en común el formato tipo cuestionario. Actualmente existe escasa evidencia acerca del comportamiento de escolares en otro tipo de pruebas abstractas auto-ejecutadas, como las tareas de aprendizaje conceptual (AC), que exigen capacidades cognitivas para detectar o descubrir la estructura de una o más reglas con las que se puede alcanzar un óptimo aprendizaje por parte de los niños. Un ejemplo de ellas es la tarea lúdica de AC espacial-asociativo combinada (TAC-EA) basada en la propuesta por Kumaran (Kumaran y cols., 2007; Kumaran y cols., 2009) y sus modificaciones para otros países, en las cuales se requiere usar habilidades cognitivas complejas, como las funciones ejecutivas, en la decisión de pronósticos. En nuestro país se desconoce la respuesta conductual de niños en edad escolar en tareas de este tipo. Esto constituye una amplia fuente de interrogantes sobre el proceso de aprendizaje en escolares, entre ellas: cómo es la respuesta conductual individual, cómo evoluciona el rendimiento a lo largo de la tarea, qué factores estarían implicados en la adquisición AC en niños, cómo variaría el rendimiento según influencias en las funciones ejecutivas, entre otras.

El presente estudio ha sido diseñado para abordar la variedad de respuesta individual de los niños en la tarea mencionada y evaluar cómo evoluciona el rendimiento a medida que los niños van experimentando con ella. Esto representa un aporte al conocimiento pero es también una invitación a una mayor profundización explicativa futura.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Pregunta de investigación

En base a los antecedentes previamente planteados, ¿cómo es la respuesta conductual de niños en edad escolar en una tarea de aprendizaje conceptual de dos reglas, espacial y asociativa, combinadas?

1.2 Justificación

Durante los últimos veinte años Chile ha experimentado un sostenido crecimiento y reducción de la pobreza (Encuesta CASEN, 2009). Uno de los aspectos que ha sido influenciado por este proceso es el sistema educativo en cuanto a cobertura y calidad. Para conocer los fundamentos de esta influencia, es relevante contar con evidencia sobre el proceso de aprendizaje en tareas abstractas en niños teniendo en cuenta las diferencias dentro del sistema educativo. En este sentido, considerando la complejidad de los procesos neurales implicados, comprender la importancia del aprendizaje en la conducta de la decisión en escolares ha sido un desafío para las ciencias, y en Chile esto no es distinto.

El estudio inicial realizado por Kumaran y colaboradores (2009) contribuyó caracterizando la respuesta conductual y su relación con áreas de activación cerebral necesarias para el aprendizaje durante una TAC-EA realizada por estudiantes ingleses. Posteriormente, estudios conductuales en estudiantes chilenos mostraron un comportamiento similar al observado por Kumaran (Delgado y cols., 2011; Vidal & Aylwin, 2011).

Esta tesis se dirige a conocer la respuesta conductual de niños escolares chilenos en una TAC-EA, evaluando si cuentan o no con la capacidad para descubrir la estructura conceptual de dicha tarea. Busca aportar una primera aproximación para estudios posteriores que expliquen más exhaustivamente los procesos involucrados en la adquisición del AC.

Con todo, el fin supremo de este estudio es dar un paso en contribuir con conocimientos que dirijan esfuerzos hacia una mejor educación básica chilena.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aprendizaje y memoria

Aprendizaje es la modificación de la conducta de un organismo en respuesta a estímulos mediante la adquisición de conocimientos y habilidades (Squire, 2004; Domjan, 2003; Maturana y cols., 1984). Los conocimientos adquiridos son codificados, almacenados y recuperados por la memoria, proceso que permite que dichos mecanismos de cambio conductual se hagan persistentes (Kandel y cols, 2000). El aprendizaje permitiría resolver situaciones desconocidas y adaptarse. Si pensamos en la situación de interacción con un estímulo, el cual posee distintas dimensiones que lo caracterizan (forma, tamaño, color, ubicación, olor, etc.), existen diversos mecanismos para lograr identificarlo y procesarlo. De esta manera, tales características serían percibidas según la capacidad individual para detectar y aprender reglas que permitirían formar un mapa mental, del cual se descartaría lo irrelevante, se seleccionaría una única dimensión relevante y se generaría un concepto. Esta capacidad para generar conceptos nuevos basado en reglas es AC. De lo anterior se desprende la importancia del AC en el funcionamiento cerebral durante la realización de una tarea (Martin, 2007).

Mencionaremos el aprendizaje conductual como primer mecanismo de aprendizaje involucrado en el proceso de AC durante una tarea, el cual está basado en la adquisición de habilidades mediante la práctica repetitiva, es decir, mediante uso de la memoria procedural (Rogers 2003; citado en Maclellan, 2005). Este mecanismo explicaría la conscientización de una tarea automática que se inicia en forma inconsciente (Maclellan, 2005). Otro mecanismo de aprendizaje es el categórico, en cuya definición se aceptan varias teorías: según teorías antiguas actuaría como prerrequisito para generar AC en la codificación de categorías nuevas; según la teoría prototipo permitiría representar un estímulo dentro de una categoría donde se encuentre el modelo más parecido; según la teoría ejemplar sería un proceso de incorporación de ejemplos que pertenecerían a una categoría, con la cual estímulos desconocidos serían comparados y luego representados en la memoria dentro de la categoría similar; según la teoría de la decisión obligada, consistente en la asociación entre un estímulo y una respuesta, habría una región

cerebral de asociación para cada respuesta, por lo que al presentarse un estímulo desconocido la “decisión obligada” sería responder de acuerdo a lo representado en dicha región (Ashby & Maddox, 2005). Las teorías antes descritas se aplican en el aprendizaje mediante memoria implícita, pero el mecanismo de categorización podría ser explícito a través de reglas descritas verbalmente, lo cual maximizaría la precisión del AC.

2.2 Sustento neural del aprendizaje

Mediante medición de potenciales cerebrales en respuesta a eventos, estudios han demostrado que cuando se percibe un estímulo ocurren procesos de comparación con representaciones de la experiencia guardadas en las memorias para detectar si corresponde a un elemento nuevo o conocido. Si se ha tenido experiencia previa con dicho estímulo, ocurren al menos dos procesos de la memoria de reconocimiento (MR) dentro del lóbulo temporal medial (LTM): familiaridad y recolección. Cada proceso corresponde a expresiones de la MR propiamente tal, actuando en conjunto desde el punto de vista funcional en el LTM, no obstante hay evidencia de que estarían separados en distintas subregiones del LTM. Así, en la familiaridad participaría fundamentalmente la corteza parahipocampal (CPH) mientras que el hipocampo (HC) sería crítico en la recolección (Eichenbaum y cols, 2007). Otros estudios confirman que la familiaridad ocurre primero si se acorta el tiempo de presentación de un estímulo, y la recolección sería más lenta como un mecanismo de seguridad de la MR para aumentar la precisión en la detección de información relevante, especialmente cuando se debe rechazar elementos muy conocidos (Hintzman y cols, 1994) (ver Anexos 1 y 2).

Luego del reconocimiento de estímulos mediante los procesos de la MR y previo a una conducta, ocurre el procesamiento de estímulos mediante recursos cognitivos. Cabe señalar que cuando se requiere planificación durante la interacción con múltiples estímulos, la mayor actividad en el LTM estaría relacionada con recursos cognitivos simultáneos necesarios para recolectar información del pasado aplicable a una situación futura (Bar, 2007), dentro de los cuales mencionaremos: la predicción, asociación, analogía y el procesamiento espacial.

Durante la predicción se activa constantemente la vía cerebral de asociación (Bar, 2007), siendo el modo cerebral casi “por defecto” para responder ante estímulos, por lo que ocupa gran parte del tiempo activo del cerebro. La asociación es considerada un instrumento representacional usado para generar predicción (Bar, 2007). Teniendo en cuenta que en las decisiones el cerebro humano está organizado económicamente de tal forma que utiliza la mínima cantidad de recursos para obtener la máxima utilidad de algo (Zhang y cols., 2010), se ha encontrado que el cerebro puede extraer sólo lo esencial de cada situación utilizando poca información a partir de todo lo reconocido por la MR y con ello generar analogía, con la cual se mapea la situación en el cerebro, esto es, hay una creación mental de la escena con una representación anteriormente vivida. Así, la analogía es parte de la recolección en la MR pues al enfrentarse ante una situación nueva no responde tanto al “¿qué es esto?” sino más bien al “¿qué parece ser esto?” guardado en la memoria como experiencia previa similar, permitiendo también predecir (Anexos 1 y 2). De lo anterior se desprende además que la analogía permite encontrar la similitud perceptual a partir de una dimensión abstracta (formas, colores, ubicación, etc.) asignando propiedades dadas por la percepción, la memoria y los juicios (estereotipos y prejuicios) según el contexto. Este último es indispensable para la activación selectiva de la asociación más relevante y oportuna del estímulo identificado (Bar, 2007), dado que para generar predicción no es eficiente activar de manera automática la asociación y analogía sin considerar el contexto. De acuerdo a estimaciones, el número de proyecciones neurales de retroalimentación o “feedback” en el cerebro sería mayor que las de anticipación o “feedforward”, y las conexiones recíprocas de ambas proveerían la infraestructura que sustenta la continua modificación de la representación mediante los recursos de asociación, analogía y predicción anteriormente descritos (Bar, 2007). Lo importante de esto es que la predicción gatillaría respuestas en el pensamiento sobre eventos futuros (Ej.: responder correctamente un próximo ensayo), el cual está a menudo orientado internamente, como cuando planeamos, imaginamos, razonamos, fantaseamos. La habilidad de proyectarse en situaciones próximas es una herramienta de la predicción sobre la base del procesamiento analógico y asociativo cuyo objetivo es principalmente anticipatorio (Eichenbaum y cols, 2007).

Paralelamente, otro aspecto relevante mencionado en la literatura es que la memoria de trabajo y las cortezas visuales juegan un rol importante en el procesamiento asociativo en algunas tareas de aprendizaje (Sasaki, 2009).

En cuanto al procesamiento espacial, más complejo, se sabe que es mediado selectivamente por sub-áreas específicas del HC en conjunto con la corteza parietal asociativa posterior (CPAP) y sus neuronas especializadas (Packard & McGaugh, 1996; Thinus-Blanc y cols, 1998) y es influenciado por múltiples sistemas. Hay evidencia de que la familiarización con estímulos percibidos por la vía visual facilita la permanencia de aprendizaje espacial en la memoria, pues el núcleo caudado es importante en expresar selectivamente el aprendizaje de una respuesta (Packard & McGaugh, 1996). Por ejemplo, en el presente estudio, el niño que aprenda seleccionará el pronóstico “sol” toda vez que se visualice en pantalla el patrón P1, P3, P5 o P6, como detallaremos más adelante. Además, el procesamiento espacial está muy influenciado por la atención. De hecho, hallazgos experimentales concuerdan en que niños con trastornos atencionales con hipo e hiperactividad tienen un bajo desempeño en tareas espaciales pues en ellas se solicita mayor demanda cognitiva para elegir las estrategias adecuadas (Gittern y cols, 2006).

Todos los procesamientos mediante recursos anteriormente descritos se supeditan a las capacidades cognitivas, que en niños dependen de diversos factores determinados por su desarrollo, las experiencias vividas y el entorno, a saber: alimentación maternal durante su gestación, relacionada con efectos de largo plazo de protección, exposición a estrés oxidativo neonatal, e incidencia de trastornos de aprendizaje, memoria y psiquiátricos infantiles (Lorente-Berzal y cols, 2012); exposición fetal a contaminantes o alcohol maternal que afectan el procesamiento espacial y la plasticidad del HC (Yang y cols, 2012; Maier y cols, 1999); maltrato o abuso infantil que por efectos neurohumorales, estructurales y funcionales suprimen la neurogénesis en regiones del HC (Teicher y cols, 2003; Teicher y cols, 2012); un bajo desarrollo de HC y corteza orbitofrontal asociado a un bajo desarrollo social-emocional en un niño con antecedente de nacimiento pre-término, factor de riesgo para autismo y trastornos atencionales (Rogers y cols, 2012); estrés post-traumático, el cual ha sido estudiado en niños entre 7 y 14 años

luego de lesiones traumáticas (Carrion y cols, 2011); entre otros muchos. Los mencionados influenciarían específicamente la tarea en estudio.

2.3 Procesos, técnicas y estrategias de aprendizaje

La literatura existente es extensa en este tema, sin embargo no hay consenso absoluto en la definición de qué son realmente las estrategias de aprendizaje y en qué se diferencian de los procesos y estrategias. Por una parte, proceso de aprendizaje, que es la modificación de una conducta, refleja un conjunto de operaciones mentales que se suscitan al aprender, tales como la atención, la comprensión, la adquisición, la reproducción o cualquiera de ellas, por lo que en su base es difícilmente observable y manipulable por separado (Beltrán, 2003). Por el contrario, las técnicas son consideradas como herramientas observables y manipulables, por ejemplo, hacer un resumen o un esquema, muy comúnmente utilizados al estar expuestos a un proceso de aprendizaje escolar (Beltrán, 2003). Las estrategias están en medio de ambas anteriores, considerándose “ni tan visibles como las técnicas ni tan encubiertas como los procesos” (Beltrán, 2003, Pp. 56). Las estrategias están dentro de los procesos mentales que durante el aprendizaje ayudan a entender la nueva información disponible (Ming Chiu y cols, 2007), no sólo como técnicas de estudio sino también como proceso para captar el carácter intencional en el aprendizaje, facilitando la creación de un plan de acción, el cual puede contemplar el uso de una técnica para optimizar el proceso. Dentro de la clasificación de las estrategias se tienen tres: las cognitivas superficiales, cognitivas profundas y las metacognitivas (Gall y cols 1990, Pintrich 1988, Yildirim 1998, citado por Ming Chiu y cols, 2007). Un ejemplo de estrategia cognitiva superficial relevante en el presente estudio es la “memorización”.

2.4 Contexto sociocultural y aprendizaje

Las diferencias socioeconómicas y culturales influyen en el desempeño cognitivo de los niños especialmente en etapas tempranas de su desarrollo, afectando el logro académico alcanzado por los escolares. Países con mayor producto interno bruto (PIB) per cápita tienden a

fomentar mayores logros de los estudiantes, tanto en forma directa a través del gasto en educación (por ejemplo: libros, capacitación docente, mejores programas de estudios), como indirecta a través de mayores niveles de nutrición o mejor atención en salud (Ming Chiu y cols, 2007). En Chile el gasto del PIB per cápita en educación básica y media de establecimientos públicos está bajo el promedio del gasto de los países que conforman la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) a la que adscribe Chile. Además, existe gran diferencia en la cantidad y calidad de los recursos disponibles para el mejoramiento de la educación entre los distintos niveles socioeconómicos (NSE), y se encuentran diferencias en el rendimiento académico de los escolares en pruebas como el SIMCE en educación básica, educación media y porcentajes de ingreso a la educación superior (CEOC, 2010).

En cuanto al sistema educacional chileno formal, los métodos de enseñanza se pueden dividir en tres grandes tipos: expositivo, expositivo-demostrativo y por descubrimiento (Quaas & Crespo, 2003). De ellos el más utilizado en educación básica es el primero, no obstante desde la segunda mitad de los años noventa se busca potenciar el uso del tercero. Cada método de enseñanza conlleva una forma de aprendizaje asociado, el que puede ser significativo (integra conocimientos nuevos) o memorístico (ocupado en tareas repetitivas o experiencias nuevas sin información previa). Es esta última forma de aprendizaje la que utiliza el método por descubrimiento y privilegia el presente estudio. Requiere generalmente emplear los recursos cognitivos y estrategias mencionados previamente, para generar conceptos y enfrentar situaciones nuevas, como las que se encuentran día a día los niños (Quaas & Crespo, 2003). Cabe señalar que en base a lo anterior, y en concordancia con la importancia de la educación, en el año 2004 se implementa el programa “Evaluación para el aprendizaje” en aulas, para niños y docentes, buscando fomentar el aprendizaje independientemente del nivel en el que estén (curso y tipo de colegio), sobre la base de que siempre es posible seguir aprendiendo (Mineduc, 2009).

Por otro lado, se ha encontrado una habilidad para comprensión diferente según el rango de edad, por ejemplo, menores de 4 años tendrían un menor nivel de comprensión de instrucciones que niños entre los 6 y 8 años de edad (cerca al nivel 4° básico) y entre éstos habría similitud. Asimismo, alrededor de los 14 años (cerca al nivel 8° básico), en

concordancia con los cambios fisiológicos dados por la adolescencia, habría un cambio hormonal y en las funciones ejecutivas en relación al nivel anterior (Thibauty cols, 2010), hito que influiría en el aprendizaje. Dichas diferencias podrían manifestarse en diferencias en rendimiento en tareas, lo cual pretendemos averiguar en el presente estudio.

2.5 Modelos de estimación del aprendizaje

Considerando la complejidad del estudio del aprendizaje, la literatura muestra que se han desarrollado diversos modelos matemáticos para estimarlo. Dentro de ellos destacan el modelo *State-Space* (S-S), el aprendizaje por reforzamiento o “*reinforcement learning*” (RL) y el modelo “*moving average*” (MA) (Anexo 8). El S-S estima el aprendizaje como un proceso dinámico a través de la probabilidad de observar una respuesta correcta en cada ensayo o “*trial*”. El modelo de RL o “*Q-Learning*” (Watkins & Dayan, 1992) se aplica a la tarea pues se debe escoger una de dos acciones (responder correcta o incorrectamente) de las cuales sólo una será recompensada mediante un reforzamiento positivo (R+) o negativo (R-). Y en tercer lugar, el modelo MA o desplazamiento en el promedio permite estimar la probabilidad de responder correctamente en cada ensayo calculando el rendimiento promedio según el S-S.

Tomando como base el estudio inicial de Kumaran y colaboradores (2009) y los estudios nacionales (Vidal & Aylwin, 2011; Delgado y cols, 2011), en el presente estudio se utiliza un R+ y este último modelo, pues considera una observación ideal del proceso, esto es, estima la probabilidad en cada ensayo luego de observar todos los ensayos. Esta elección se basa en el criterio de que las curvas calzan mejor con los datos binarios obtenidos de cada sujeto.

2.6 Tarea de aprendizaje conceptual

Las tareas de aprendizaje son instrumentos útiles en el estudio de habilidades cognitivas complejas. Evidencia experimental reciente indica que al inicio de la TAC-EA los sujetos comienzan con un bajo rendimiento que mejora gradualmente con los ensayos, lo cual se ha explicado debido a la adquisición gradual de reglas de AC espacial y asociativa. La activación

específica del circuito acoplado entre HC y la corteza prefrontal ventromedial (CPFvm) durante este proceso explica el surgimiento de conocimiento conceptual en la toma de decisiones (Kumaran y cols., 2009). La aplicación computacional “Kumaran Prediction v0 Delano/Aylwin No-Probe” utilizada en este estudio consiste en una modificación de la tarea de Kumaran, desarrollada para estudiar la capacidad humana para descubrir la estructura conceptual espacial y asociativa sobre la base de experiencias y de qué manera este conocimiento se adquiere. Ha sido estandarizada para niños chilenos por el equipo investigador del Laboratorio de Neurocircuitos del ICBM de la Universidad de Chile (Vidal & Aylwin, 2011; Delgado y cols., 2011). Consiste en un juego donde los participantes simulan ser meteorólogos y predicen el tiempo según el feedback que se presenta con cada respuesta. El diseño del juego incorpora dos aspectos: el aprendizaje de asociaciones individuales (entre patrones y resultados), y el surgimiento de conocimiento conceptual a través de la abstracción de características similares de patrones con significados comunes (Tse y cols, 2007) (Anexo7).

- **2.6.1 Rendimiento en la TAC-EA**

Para lograr un buen rendimiento en la tarea, los sujetos deben usar información asociativa entre la forma y ubicación de la figura (F1–F4) en pantalla, y entre la forma de una y otra figura, más que solamente la información elemental de apariencia física de las figuras geométricas presentes en los patrones pues por sí solas no indica un pronóstico. Si así fuera, la TAC-EA no activaría específicamente al HC sino más bien al estriado y corteza prefrontal lateral (Ashby & Maddox, 2005).

- **2.6.2 Reglas de AC**

Los sujetos adquieren conocimiento conceptual espacial al apreciar la regla espacial (RE): cuando el cuadrado (F2) se ubica a la izquierda de la figura central predice sol, y predice lluvia cuando está a la derecha, sin importar la identidad de la figura en el centro del patrón (patrones P1-P4); y adquieren conocimiento asociativo (o no espacial) al detectar la regla

asociativa (RA): cuando los niños aprenden la combinación forma-forma de la estrella (F3), ésta predice sol siempre que se asocie con triángulo (F1), y lluvia siempre que se asocie con hexágono (F4), sin importar la posición de cada figura (patrones P5-P8). (Anexo 7-E).

Tras aprender la RE y RA, cuando los sujetos se vean nuevamente enfrentados al patrón geométrico en pantalla tendrían mayor probabilidad de decidir la respuesta correcta. Esto significaría que patrones geométricos individuales formarían parte de un concepto particular (Kumaran y cols., 2009). Por ejemplo, reconociendo la posición a la izquierda o a la derecha en F2 el niño tendrá el indicador de la predicción correcta del tiempo rápidamente, permitiendo quitar la atención de las diferencias irrelevantes entre las figuras (Ej.: qué figura acompaña a F2) y apreciar su significado compartido (Ej.: sol si F2 está a la izquierda, lluvia si está a la derecha).

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo general

Describir la respuesta conductual de niños en edad escolar (4° y 8° básico) que aprenden en la ejecución de una TAC-EA.

3.2. Objetivos específicos

- Describir a niños escolares según su rendimiento individual en la TAC-EA.
- Determinar nivel de aprendizaje inicial de niños escolares en la TAC-EA.
- Determinar nivel de aprendizaje final de sujetos que aprenden en la TAC-EA.
- Determinar rendimiento final por regla asociativa de niños escolares en la TAC-EA.
- Determinar rendimiento final por regla espacial de niños escolares en la TAC-EA.
- Describir rendimientos según nivel educativo (4° y 8°).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.Población de estudio

Corresponde a 82 escolares pertenecientes a tres cursos de dos establecimientos seleccionados (no probabilísticamente, por conveniencia): un 4° (n=27) y un 8° (n=32) básico de colegio particular subvencionado (CS) de nivel socioeconómico (NSE) de Cerro Navia, y un 4° básico (n=23) de colegio particular pagado (CP) NSE alto de Puente Alto.

- **4.1.1 Criterios de inclusión**

- Niño(a) alumno(a) regular de 4° u 8° básico, según corresponda.

- **4.1.2 Criterios de exclusión**

- Niño(a) no vidente.
- Niño(a) con patología motora de mano dominante limitante de acción de seleccionar teclas en computador personal (*notebook*).
- Niño(a) con diagnóstico médico de trastorno en atención, lenguaje, memoria o de tipo psiquiátrico.
- Niño(a) ausente el día de la medición.
- Niño(a) se retira y/o no termina la TAC-EA durante su ejecución.

4.2.Diseño de investigación

Estudio descriptivo de casos, de corte transversal (Dawson y cols., 2005), con un diseño tipo pre-experimental (Hernández y cols., 2003) (ver detalle del diseño en Anexo 7).

4.3.Plan de trabajo

En primera instancia se enviaron cartas y correos a distintos colegios entre junio y septiembre del año 2011, se contactan efectivamente tres (CM, CS, CP), de los cuales por criterios de validez se seleccionan dos establecimientos comparables (NSE alto y medio-bajo).

Previa autorización de las autoridades respectivas (coordinador de ciclo y director) se solicitó un espacio cerrado (sala u oficina) dentro de las dependencias de cada colegio durante todo el tiempo que duró la recolección de datos, privado, con ventilación y sin interrupciones, de manera de poder aplicar la tarea controlando al máximo los factores ambientales (horario de clases, ruido, temperatura, perturbaciones). La medición para la recolección de datos se realizó mediante selección por lista de curso a parejas de niños, que se dirigieron a la sala con un computador para cada uno, donde se les explicó verbalmente instrucciones siguiendo un protocolo, se asesoró el llenado de datos, uso de audífonos, lectura de instrucciones, modo de presionar teclas destacadas (“ENTER”, “flecha ↑” y “flecha ↓”) y modo de R+, previo a comenzar a jugar los ocho bloques de 40 ensayos (Anexo 7-F).

4.4. Variables y constantes

4.4.1 Constantes

- **Tarea de aprendizaje conceptual:**

Definición conceptual: Estímulo visuauditivo computacional lúdico de simulación de pronóstico del tiempo al que se ve expuesto el 100% de la población de estudio.

Definición operacional: Ejecución individual de aplicación “kuma_noprobe_dbg.exe”.

Indicadores: Número de ensayos, tiempo de estímulo, tiempo de espera, tiempo objetivo, tiempo de reacción y tiempo de retroalimentación (ver Anexo 7-B).

4.4.2 Variables independientes:

- **Nivel educativo:**

Definición conceptual: Curso de educación básica al que pertenecen los sujetos.

Definición operacional: 4 = cuarto básico; 8 = octavo básico.

Nivel de medición: Ordinal.

- **Tipo de colegio:**

Definición conceptual: Categoría SIMCE de establecimiento educacional según NSE.

Definición operacional: NSE Medio-bajo, NSE Alto.

Nivel de medición: Ordinal

4.4.3 Variables dependientes

- **Rendimiento final:**

Definición conceptual: Probabilidad de responder correctamente en ensayos finales sin efecto borde de los últimos 10 ensayos, durante la ejecución de la tarea.

Definición operacional: Porcentaje de respuestas correctas entre los ensayos 270 al 310.

Nivel de medición: Escalar – continua.

- **Rendimiento final por regla espacial:**

Definición conceptual: Probabilidad de responder correctamente patrones de RE en los últimos dos bloques, durante la ejecución de la tarea.

Definición operacional: Porcentaje de respuestas correctas de todos los patrones P1 a P4, en bloques B7 y B8.

Nivel de medición: Escalar – continua.

- **Rendimiento final por regla asociativa:**

Definición conceptual: Probabilidad de responder correctamente patrones de RA en los últimos dos bloques durante la ejecución de la tarea.

Definición operacional: Porcentaje de respuestas correctas de todos los patrones P5 a P8, en bloques B7 y B8 (0 – 100%).

Nivel de medición: Escalar – continua.

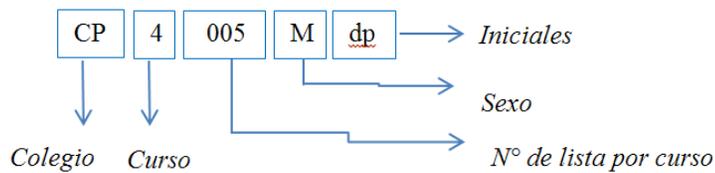
4.4.3 Variables desconcertantes

Para controlar al máximo toda variable que pudiese tener efecto en el rendimiento durante TAC-EA, se minimizaron los siguientes, no obstante se encuentran en algún grado:

- Ambientales: ruido, temperatura, ventilación, contexto sociocultural.
- Propias del participante: atención, poca motivación, ansiedad.

4.5 Procedimientos estadísticos

Los datos individuales en código binario (.kum) obtenidos mediante la aplicación de la tarea fueron convertidos mediante Matlab R2008a Mathwork para Windows en curvas suavizadas de probabilidad de respuesta correcta en función de cada ensayo (*Probability of a Correct Response*) con su respectiva curva de confianza (*Certainty*), para cada sujeto. Las curvas de cada sujeto obtenidas según el modelo S-S SE identifican según la nomenclatura:



Se calculó el ensayo en que inicia y termina el aprendizaje para cada sujeto, con su varianza y desviación estándar. Posteriormente se crea una matriz con el rendimiento promedio por patrones espaciales (P1-P4) y asociativos (P5-P8) por separado. A partir de dicha matriz, para cada sujeto se obtuvo un gráfico del comportamiento por regla en cada bloque de 40 ensayos, indicando patrones de RE versus patrones de RA a lo largo de la tarea. Se tabularon datos en Microsoft Excel 2010 para Windows, y se obtuvieron mínimo, máximo, mediana para cada variable. Finalmente se analizaron estadísticos en StatMost 3.0 para Windows. Tomando en cuenta el estudio inicial de Kumaran y colaboradores (2009) y el de Vidal & Aylwin (2011), se establece como criterio de inicio del aprendizaje en la tarea la probabilidad 60% o mayor y sostenida de responder correctamente en cada ensayo o “trial”, dada por una curva $p_{05} \geq 50\%$ sostenida o creciente a lo largo de la tarea, como se detalla más adelante.

5. RESULTADOS

A partir del análisis de las curvas individuales de aprendizaje, del total de los 82 escolares que ejecutaron la tarea, 14 sujetos aprenden (5 niñas y 9 niños), lo que representa el 35,7% de la población de estudio (figura 1). Las características de los sujetos que aprenden se resumen en la tabla I, y de la población de estudio, en las tablas II y III (Apéndice 2). De estos 14 sujetos se describirá ejemplos característicos mediante dos curvas, la (a) de distribución de la probabilidad de responder correctamente en función de cada ensayo durante la ejecución de la tarea, y la (b) de comportamiento individual promediado de los cuatro patrones espaciales (P1-P4) versus los cuatro patrones no espaciales o asociativos (P5-P8) a lo largo de los ocho bloques que dura la tarea (figuras 2 – 9).

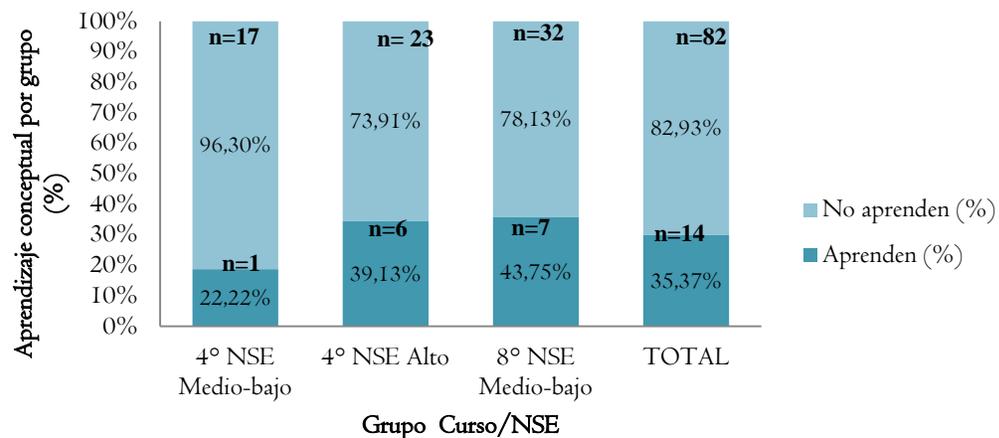


Figura 1: Frecuencia relativa de niños que aprenden en la tarea. Del total de los 82 escolares que ejecutaron la tarea, 14 sujetos aprenden, lo que representa el 35,7% de la población de estudio.

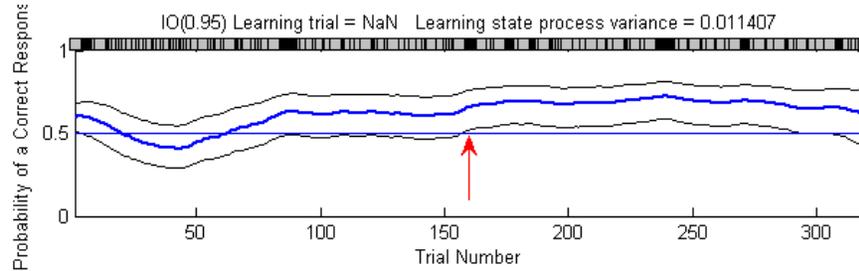
En adelante, en la curva A, con un índice de confianza de 95%, la curva oscura superior es p_{95} , la curva oscura inferior es p_{05} y la curva suavizada azul central corresponde a p_{mode} o estimación del proceso de aprendizaje, donde en el ensayo o “trial” de aprendizaje (TrA) señalado con una flecha la curva p_{05} supera el 50% y en TrMAX alcanza el rendimiento máximo; en B, la curva de color azul representa el rendimiento promedio por bloque de la RA, y la curva de color negro es el rendimiento promedio por bloque de la RE.

Tabla I. Descripción de la respuesta conductual de niños escolares de educación básica que aprenden durante la tarea de aprendizaje conceptual espacial-asociativo *

Niños (Figura)	Niv Educ	Colegio	RendX	TrA	Rend TrA	Rend Final	Rend Espac B7-8	Rend Asoc B7-8	
1	CP4005Mdp g (fig.2)	4	2 CP	61,90%	157	64.42%	67,30% ± 0.0181	35%	18%
2	CP4008Fif (fig.3)	4	2 CP	63,80%	214	66.73%	92,43% ± 0.0136	47%	24%
3	CP4011Fjh (fig.10)	4	2 CP	58,10%	198	63.20%	71,60% ± 0.0062	36%	18%
4	CP4015Mkv (fig.11)	4	2 CP	58,10%	224	62.75%	66,43% ± 0.0185	34%	18%
5	CP4019Fna (fig.12)	4	2 CP	60,90%	117	64.29%	67,74% ± 0.0084	34%	18%
6	CS4017Fjm (fig.14)	4	1 CS	54.40%	274	63.96%	66,67% ± 0.0227	47,5%	77,5%
7	CS4013Fjg (fig.13)	4	1 CS	64,10%	165	63.37%	82,32% ± 0.0087	42%	21%
8	CS8005Mcm (fig.15)	8	1 CS	56,90%	239	64.26%	71,70% ± 0.0109	36%	19%
9	CS8008dc (fig.16)	8	1 CS	60,90%	199	64.37%	69,79% ± 0.0060	35%	18%
10	CS8010Mft (fg.17)	8	1 CS	70,30%	173	68.40%	88,04% ± 0.0597	47%	26%
11	CS8011Ffc (fig.18)	8	1 CS	65,60%	228	68.61%	94,46% ± 0.0054	48%	24%
12	CS8019Mls (fig.19)	8	1 CS	62,20%	184	65.78%	90,35% ±0.0229	46%	24%
13	CS8031Msu (fig.20)	8	1 CS	60,60%	169	63.21%	75,94% ± 0.0121	39%	20%
14	CS8032Mwr (fig.4)	8	1 CS	96,20%	1	80.07%	99,27% ± 0.0006	50%	25%
Mínimo			55,30%	1	62.75%	57,81% ± 0.0006	34%	18%	
Máximo			96,20%	239	80.07%	99,27% ±0.0597	50%	77,5%	
Mediana			61,40%	179	64.33%	73,82% ± 0.0115	41%	21%	

* NivEduc: Nivel educativo de cada niño que aprende, (4=4° básico; 8=8° básico); Colegio: Tipo de colegio según NSE, (1=Medio bajo; 2=Alto) y dependencia particular (CP: privado y CS: subvencionado); RendX: Rendimiento promedio de cada niño, durante la realización de toda la tarea. TrA: Ensayo en el que comienza el proceso de aprendizaje; Rend Final: Rendimiento de cada niño en los últimos ensayos (270:310); RendEspac B7 y B8: Rendimiento promedio de los últimos dos bloques, regla espacial; RendAsoc B7 y B8: Rendimiento promedio de los últimos dos bloques, regla asociativa.

A



B

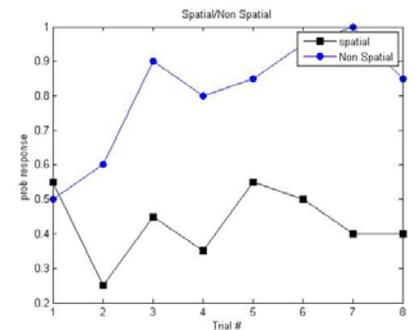
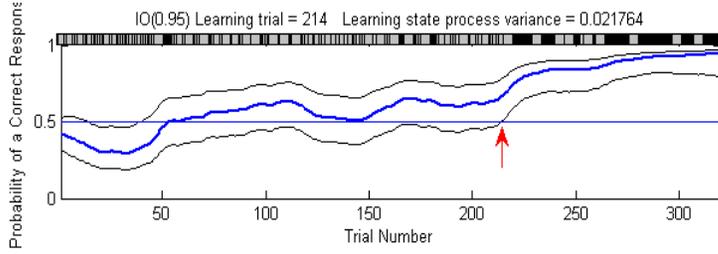


Figura 2: Curvas individuales del niño CP4005Mdp A. Curva individual de aprendizaje; B. Comportamiento individual promediado de patrones espacial y asociativo

La figura 2a indica que el sujeto CP4005Mdp comienza a aprender en el TrA=157 alcanzando 64.42% de probabilidad de responder correctamente, se mantiene $p_{05} > 50\%$ hasta TrMAX=239 con 72.69% de probabilidad y luego disminuye, de lo que se desprende que el sujeto habría aprendido poco y sólo durante el bloque 5, con efecto borde en últimos 10 ensayos. La figura 2b muestra un predominio de RA durante toda la tarea con $>50\%$ de rendimiento promedio desde el segundo bloque, mientras la RE sólo supera el 50% de rendimiento promedio en el bloque 5.

La figura 3a, gráfica de la curva *pmode* de pendiente ascendente y mantenida para el sujeto CP4008Fif, muestra que en TrA=214 comienza a aprender alcanzando 66.73% de probabilidad de responder correctamente, continúa aprendiendo hasta TrMAX=320 con 95.27%. De lo anterior se desprende que aprende muy bien desde el bloque 6 al 8. Esta curva, representa el rendimiento ideal esperado en la tarea, pues no decae en el transcurso de la misma y alcanza prácticamente la probabilidad segura de respuesta correcta. La figura 3b tiene un comportamiento muy singular, e indica que hasta el bloque 3 el sujeto habría aprendido en paralelo cada regla, con un rendimiento promedio $\leq 70\%$ y $\leq 60\%$ para las reglas RA y RE, respectivamente. En el bloque 4 el sujeto mantiene el mismo rendimiento en RA (70%), luego cae abruptamente el rendimiento en RE ($< 30\%$). En los bloques siguientes, el rendimiento promedio en ambas reglas aumenta progresivamente, hasta alcanzar el máximo en RA y un 90% en RE en el último bloque. Se desprende que aprendió bien ambas reglas.

A



B

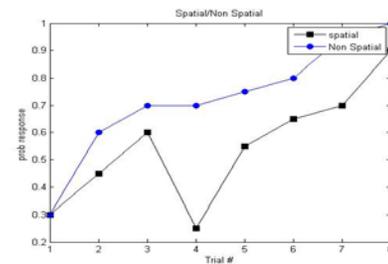


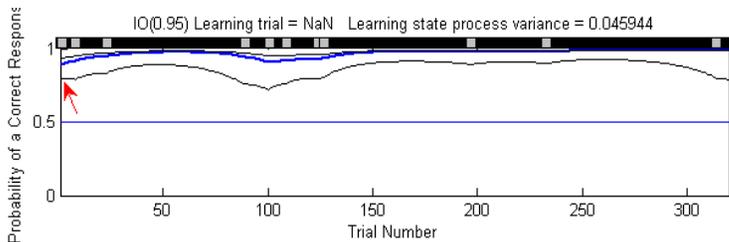
Figura 3: *Curvas individuales de la niña CP4008Fif: A. Curva individual de aprendizaje; B. Comportamiento individual promediado de patrones espacial y asociativo*

La figura 4a representa un caso especial: la curva p05 es $>50\%$ desde el primer ensayo con 80.07% de probabilidad de respuesta correcta en el TrA hasta 93.15% en el TrMAX 259. La figura 4b es concordante, con un rendimiento promedio por regla $>90\%$ en todos los bloques, con una forma entrelazada, esto es, el rendimiento en RA supera el rendimiento en RE, se igualan en el 2° y 3er bloque, RA supera RE, esto se invierte en el 6° bloque, se igualan nuevamente y finalmente el rendimiento por regla se invierte.

El resto de las curvas de los sujetos que aprenden (Apéndice 1a) muestran rendimientos crecientes con preferencia por RA, a excepción del sujeto CP4015Mkv (figura 11) y CS8019Mls (figura 19), con preferencia RE.

Es interesante constatar la forma de la curva de rendimiento por regla del sujeto CS8010Mft (figura 17), quien hasta el bloque 6 selecciona preferentemente patrones de RE pero en últimos bloques adquiere mayor rendimiento en RA.

A



B

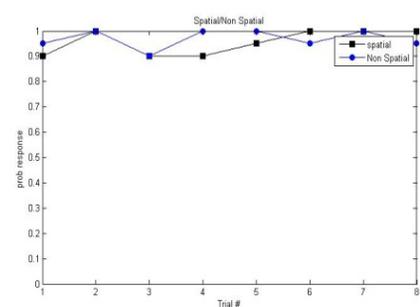


Figura 4: *Curvas individuales del niño CS8032Mwr: A. Curva individual de aprendizaje; B. Comportamiento individual promediado de patrones espacial y asociativo*

Dentro de todos los sujetos que aprenden, la mediana es 179 y el menor ensayo en que se logra el aprendizaje es el 116 (excluyendo al niño CS8032Mwr, que aprende en el primer ensayo, desviándose de la tendencia central) y la mediana del máximo rendimiento final alcanzado es $73,82\% \pm 0,0115$ con un máximo de $99,27\%$ (Apéndice 2).

Nótese que los resultados se presentan en forma individual y no promediada debido a la heterogeneidad de la población de estudio (tabla I); la variabilidad de las curvas, expresada en una varianza mínima de 0,007528 y máxima de 0,045944; y la frecuencia relativa del aprendizaje (figura 1): 6 sujetos de 4° NSE alto, un único sujeto de 4° NSE medio-bajo y 7 sujetos de 8° medio-bajo, que no permiten hacer comparaciones grupales.

En cuanto a los rendimientos finales, se encontró diferencia estadísticamente significativa para cada grupo que aprende, con un p-value 0.02 ($<0,05$) mediante prueba T de Student (figura 5).

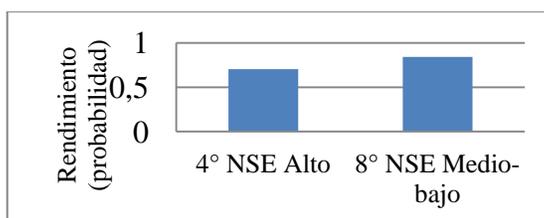


Figura 5. Rendimiento final según tipo de colegio y nivel educativo en los ensayos 270 a 320 durante la tarea de aprendizaje conceptual espacial-asociativo. Existe diferencia estadísticamente significativa para cada grupo ($p < 0,05$).

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento en últimos dos bloques del 8° (NSE Medio-bajo) por RA y RE, con un p-value 0.40 en la prueba estadística de Mann-Whitney (figura 6).

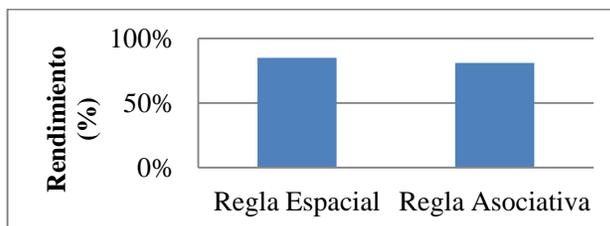


Figura 6. Rendimiento según regla de AC en 8° básico NSE Medio-bajo. Sin diferencias significativas.

Se encontró diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento por regla en el nivel 4° básico NSE Alto, con un p-value 0,04 (<0.05) en la prueba Mann-Whitney (figura 7).

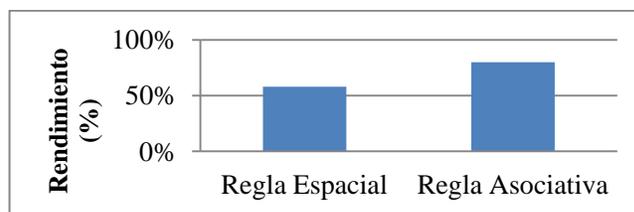


Figura 7. Rendimiento según tipo de regla en 4° básico NSE Alto. Existen diferencias estadísticamente significativas en 4° básico NSE Alto ($p<0.05$)

Se encontró diferencia estadísticamente significativa en los rendimientos de cada grupo para la RE, con un pvalue 0.02 (<0.05) en la prueba estadística Mann-Whitney. Para la RA, no hubo diferencias (figura 8).

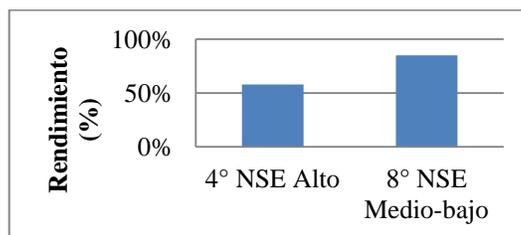


Figura 8. Rendimiento promedio (bloque 7 y 8) para RE en ambos grupos. Existe diferencia estadísticamente significativa en rendimientos de cada grupo para la regla espacial ($p<0.05$).

6. CONCLUSIÓN

Los resultados de la aplicación de la tarea muestran que el 35,7% de los niños en estudio tuvieron una respuesta conductual de aprendizaje definido como un rendimiento por sobre el azar, de los cuales el 64,3% pertenece al sexo masculino y 35,7% al femenino.

Las curvas individuales de los sujetos que muestran un grado de aprendizaje poseen alta dispersión, con una varianza mínima de 0,007528 y máxima de 0,045944.

El rango de **rendimiento final** obtenido fue de un mínimo de 57,81% y un máximo de 99,27%.

En 12 de los catorce sujetos que aprenden, las curvas individuales de rendimiento por regla a lo largo de toda la tarea (figuras 2-4 b y 10-20 b) muestran mayor rendimiento en regla asociativa, y dos sujetos tienen mayor rendimiento en regla espacial.

El rendimiento promedio en los bloques 7 y 8, correspondiente a los 2 últimos bloques de la tarea, para la **regla espacial** fue de 60% el mínimo y de 90% el máximo.

El rendimiento promedio en los bloques 7 y 8, correspondiente a los 2 últimos bloques de la tarea para la **regla asociativa** fue de 59% el mínimo y 94% el máximo.

El promedio del **rendimiento final** de 8° (NSE medio-bajo) es diferente del rendimiento final de 4° (NSE alto). Esta diferencia es estadísticamente significativa.

El rendimiento para la **regla espacial** es diferente del rendimiento para la **regla asociativa** en el nivel 4° básico (NSE alto). Esta diferencia es estadísticamente significativa.

7. DISCUSIÓN

El proceso de aprendizaje y memoria es extremadamente complejo. Aunque se ha avanzado mucho en el estudio de la memoria explícita, en particular de las regiones necesarias para su formación, almacenamiento y expresión, aún quedan muchas interrogantes sobre los procesos involucrados en tipos de aprendizajes, especialmente aquellos que son más complejos. La mayoría de las teorías, desde el primer experimento de ablación del LTM hasta las técnicas funcionales actuales, apoyan la idea de que el HC junto a otras áreas cerebrales reuniría elementos diferentes de la experiencia de una persona, iniciando el aprendizaje y continuándolo a lo largo de la vida en la consolidación de la memoria declarativa (Scoville y cols, 1957; Squire y cols, 2004). Experimentalmente, esto se ha demostrado durante la ejecución de tareas que evalúan las funciones ejecutivas, como la TAC-EA, en la cual se mide cómo se adquirieren reglas de AC. Teniendo en cuenta la controversia que aún genera la definición de aprendizaje, en este estudio se resumió en someras palabras lo que involucra, reflejando sólo un área de consenso que existe sobre cómo medirlo: la conducta. Sin embargo, hay aspectos subrepticios al aprendizaje complejos de objetivar, relacionados con el contexto sociocultural que rodean al sujeto. Es patente que el NSE influye directamente en el cómo se enfrentarán los niños ante una

tarea cognitiva (Muñoz y cols, 2010), ya que desde la escolaridad de los padres hasta la comuna en que vivan representan aspectos importantes en el desempeño de los mismos, dentro de lo cual el colegio al que asisten es relevante, tanto para el mismo establecimiento como para los padres, y también la responsabilidad que a ambos les compete en el proceso de adquisición de conocimientos de los niños (Jadue, 1997). Se sabe que el entrenamiento previo, la experiencia en ambientes estimulantes y cálidos cuidados tempranos de la familia, provocan cambios neuroquímicos que facilitan la maduración cerebral en niños y predicen su mayor plasticidad y volumen hipocampal en edad adolescente (Rao y cols, 2010), lo cual se refleja en mejores rendimientos en pruebas de aprendizaje (Rosenzweigh & Bennet, 1996). Asimismo, ambientes hostiles en la vida de los niños, dados principalmente por malas relaciones familiares, abuso y exposición a conductas de riesgo (Ej.: drogas, delincuencia), determinan cambios conductuales, hormonales y estructurales sobre HC y amígdala, afectando en la cognición y emoción (McEwen, 2003). Evidencia en ratas complementa estos hallazgos, encontrando que la exposición a cocaína in-útero determinaría conductas ansiosas en la infancia, reflejadas en un bajo rendimiento en tareas espaciales de reconocimiento y ubicación de objetos, especialmente en hombres (Salas-Ramírez y cols, 2010). Teniendo en cuenta que no encontramos diferencias en 4° según NSE, sería interesante dar énfasis a la comprensión y el tratamiento de los aspectos psicopatológicos y psicosociales de los niños en desarrollo cognitivo.

La respuesta conductual que aporta este estudio está representada por las llamativas curvas de rendimiento individual y curvas por regla de aprendizaje de los sujetos que aprenden (figuras 2 a 9 y 10 a 20). De su análisis se desprende que hay una gradual adquisición de AC durante la tarea a medida que suceden más ensayos, en concordancia con lo esperado por otros estudios (Kumaran y cols, 2009; Vidal & Aylwin, 2011; Delgado y cols, 2011). Así, la baja frecuencia de aprendizaje que se encontró (sólo el 35,7% de la población) no se explicaría sólo por la falta de capacidades para resolver problemas sino más probablemente por una pobre selección de estrategias cognitivas (muy superficiales) por parte de los niños (Guevara y cols, 2012; Yee y cols, 2009), como la memorización de patrones determinísticamente asociados a un pronóstico (Ej.: P1 = sol). Dicha estrategia no sería eficiente por sí sola en el aprendizaje en contexto escolar de aula pues se ha encontrado que afecta negativamente el rendimiento

académico, no obstante, mediante la transferencia de información aprendida previamente a las nuevas situaciones, permitiría la elaboración de una estrategia cognitiva profunda (Ming Chiu y cols, 2007) que aumentaría el aprendizaje, concordante con la gradual mejoría del rendimiento alcanzada por los niños durante la tarea. Pero el rendimiento encontrado no fue óptimo, lo que podría estar dado por la baja capacidad de concentración y abstracción superior que les permitan consolidar en su memoria de trabajo las asociaciones y analogías forma-forma de figuras, forma-ubicación de patrones, y predicciones correctas recientemente aprendidas en forma más duradera. Esta última situación pudo darse en este estudio por la interrupción de los propios compañeros ansiosos por jugar o por ejecutar la tarea justo en período de recreo.

Ahora bien, el rendimiento por regla promedio en bloque 7 y 8 son similares entre sí y tienen una tendencia creciente (RE 60% a 90% y RA de 59% a 94%), lo que concuerda con el aprendizaje progresivo mostrado en las curvas individuales de los niños que aprenden. De esto se infiere que los niños encontraron novedosa la tarea y pusieron en práctica las habilidades necesarias para resolverla, posibilitando plasticidad en áreas involucradas en el procesamiento espacial y asociativo durante la predicción (Bar, 2007). Sumado a lo anterior, la razón de que el mayor rendimiento por regla logrado en el nivel 4° básico (NSE alto) sea en la RA y en el 8° sea la RE, se debería a que un óptimo rendimiento promedio en la TAC-EA, de un nivel de complejidad importante especialmente para RE, se correlaciona con mayor actividad del HC y las cortezas CCP y CPFvm (Kumaran y cols., 2009), regiones de la neocorteza menos desarrolladas en niños (Thinus-Blanc y cols, 1998), además de contar con capacidades cognitivas desarrolladas para enfrentarse a situaciones novedosas (Van Kesteren y cols, 2012), las que se relacionan con otras áreas cerebrales, como el estriado y CPF durante las decisiones tomadas en respuesta al R+ en cada ensayo (Daw y cols, 2005). Explicaciones más exhaustivas sobre la forma de las curvas individuales en concordancia con las curvas según regla, resultarían relevantes de indagar. Lo cierto es que esto se relaciona con la influencia del nivel educativo.

El nivel educativo en que se encuentren los sujetos también resulta relevante a la hora de enfrentarse a nuevos desafíos. Cabe destacar que en niveles más bajos de escolaridad el número de repeticiones es mayor, dado por un menor desarrollo cognitivo de los niños, así como también por la poca estimulación que se presume poseen hasta ese momento. (Jadue, 1997). A

pesar de que en el presente estudio no se recolectaron datos sobre qué sujetos habrían repetido, lo anterior concuerda con los resultados obtenidos, indicando que el 8° básico obtuvo un mejor rendimiento que 4°, lo cual se explicaría por la influencia del mayor entrenamiento en métodos de enseñanza y estrategias de aprendizaje con que éstos cuentan (Quaas & Crespo, 2003). El menor rendimiento de los niños de 4° básico encontrado también puede explicarse por no lograr mantener consistencia en las estrategias usadas, independientemente del nivel de procesamiento de la memoria de trabajo, durante los sucesivos ensayos (Gittern y cols, 2006). Por otro lado, debido al desarrollo biológico de los sujetos de 8°, es probable que además posean recursos cognitivos más elaborados que los de 4° para aprender en la tarea (Thibauty cols., 2010).

Pero las capacidades y el nivel educativo no son lo único que influye en el rendimiento. El niño debe desarrollar la habilidad para descubrir cómo resolver el problema ensayo a ensayo para poder de predecir el tiempo en base al *feedback* visual entregado, vía que estaría relacionada con la mejor toma de decisiones previas a una respuesta a ejecutar (Moustgaard, 2005). La novedad es clave en esto (Van Kesteren y cols, 2012), pues niños que pierdan interés por la monotonía de las figuras en pantalla no mantendrían su memoria de trabajo activa en todos los ensayos de la tarea, hecho observado presencialmente durante la recolección de datos con comentarios de algunos de ellos como “¿cuánto falta?” luego de jugar más de tres bloques sucesivos. De esto se desprende la importancia de realizar el estudio en el contexto real de los niños (aula), pues daría la pauta para mejorar este punto (aburrimiento) en el proceso de aprendizaje. Además, es importante que el niño responda sin descoordinaciones oculomotoras que lo hagan errar en el pronóstico escogido, lo cual podría preverse mediante una demostración previa al juego (tal como se realizó en este estudio), y viendo si existen diferencias en el rendimiento en entrenados versus no entrenados, constatando la existencia de aprendizaje motor. La interacción continua con estímulos de realidad virtual similares (Ej.: experiencia en juegos computacionales) también influenciaría el rendimiento en la tarea, pues determinaría una mayor familiaridad con las características del estímulo que posibilitaría reconocerlo en mejor forma en relación con su contexto, y mejor motricidad en la selección de teclas de un computador (Eichenbaum y cols, 2007).

En particular, en el caso del niño CS8032Mwr, quien mantiene un rendimiento superior al 80% desde el primer ensayo, es relevante constatar la irregularidad de la forma de su curva, que indicaría un aprendizaje “rápido”, de lo cual se puede inferir que su rendimiento pudo deberse a distintos supuestos, tal como el manejo previo y esquematización de información obtenida de terceros que le permitiría saber cuál es el pronóstico correcto en el primer ensayo (explicación previa por compañeros de curso ya medidos sobre cómo resolver de la tarea) dado que la suerte no lo explicaría. No obstante, no está claro si es posible transmitir verbalmente el tipo de aprendizaje requerido en la tarea a otros sujetos (Vidal & Aylwin, 2011), pero se propone que podría suceder en casos en que niños logren traspasar el AC a un esquema escrito o dibujado, basándonos en la declaración de una alumna de 8° básico al final de la tarea de su curso, quien al preguntársele por la estrategia para llegar a su alto rendimiento contestó “cuando el cuadrado va con el triángulo es sol, y cuando la estrella va con el otro monito llueve”.

La esquematización anterior no ocurriría así en los 68 sujetos que no aprenden (tablas III y IV), quienes como se explicó previamente, no lograron utilizar estrategias de aprendizaje dado su presumible bajo desarrollo cognitivo. Sus curvas individuales grafican una distribución de probabilidad dicotómica muy similar a la del lanzamiento de una moneda, de lo que se desprende que el azar explicaría las respuestas. Sin embargo, es de interés estudiar de forma más exhaustiva su bajo rendimiento, en el supuesto de que puedan memorizar uno o varios patrones (Vidal & Aylwin, 2011). Este bajo rendimiento podría explicarse además por factores ambientales (Ej.: temperatura, ruido, época del año) y personales (Ej.: ansiedad, desinterés, fatiga, experiencias previas) que interferirían con la actividad cerebral necesaria para un mejor rendimiento. En particular, por lo observado presencialmente en los sujetos de estudio evaluados e interrogados, podría haber un nivel de estrés tal que desencadenara respuestas neurohumorales no adecuadas para los estresores, influyendo sobre el funcionamiento de áreas cerebrales del HC necesarias para el adecuado rendimiento en tareas (Charmandari y cols, 2003). Lógicamente, no es posible conocer el nivel de actividad hipocampal de los niños en este estudio, no obstante, cabe señalar que de acuerdo a evidencia reciente, niños en edad escolar con mal rendimiento en tareas de esta clase y mal funcionamiento hipocampal no tendrían déficits en escenarios de ficción, como las predicciones de próximos eventos (Cooper y cols, 2011). Si

bien no se pretendió evaluar constructos mentales internos, es relevante mencionar que en la tarea aplicada se juega a simular un rol de meteorólogo, lo cual activaría en la memoria procesos de la imaginación para lograr la correcta predicción sol/lluvia del tiempo, importantes al considerar el rol potencial del proyectarse en el futuro en la creación de nuevas secuencias de comandos previstos para actuar ante eventos nuevos (Bar, 2007), que en el caso de la tarea del presente estudio serían mejores y más rápidas secuencias de identificación visual de patrones. Con esto, en el peor de los casos podríamos esperar un rendimiento mínimo de aprendizaje en algunos sujetos que no aprendieron por estrés, de manera que es necesario indagar en más explicaciones para el resto de los que no aprendieron relacionadas con la capacidad para memorizar. Esto se podría mejorar en futuros estudios aplicando pequeños “tests” o pruebas que evalúen las memorias.

Finalmente, si bien el propósito de esta investigación no era hacer una conexión directa con el quehacer del kinesiólogo, el aprendizaje es muy aplicable a la práctica clínica, especialmente en el marco de la rehabilitación de trastornos del movimiento y/o con alteración cognitiva, tanto en niños como adultos. En cuanto al movimiento, la tarea computacional serviría de entrenamiento de la coordinación oculomotora en forma más estimulante, que por activación repetitiva de la memoria procedural estimularía la activación nocturna de la plasticidad en otras áreas a nivel de los lóbulos parietal y frontal, relacionados con el control y aprendizaje motor (Lee & Schmidt, 2008; Tamaki y cols, 2009). Proponemos como ejemplo de ello las numerosas transiciones de sedente a bipedestación necesarias en la una gradual progresión desde mayor a menor conciencia del movimiento normal en un paciente secuelado de accidente cerebrovascular, que podrían realizarse utilizando como complemento la TAC-EA, solicitándole que presione la tecla asociada al pronóstico decidido tras el feedback en pantalla, de manera que automáticamente desplace su centro de gravedad hacia anterior. A partir de las teorías, esto se explicaría por el paso de sistemas desde mayor retroalimentación correctora jerárquica, hacia a mayor predominio anticipatorio del control motor en situaciones novedosas (Davidson y cols, 2002), y la automatización permitiría una mayor progresión en la rehabilitación de un paciente como el ejemplificado.

En lo cognitivo, sería útil utilizar la TAC-EA como método de evaluación y tratamiento de la velocidad de respuesta, reflejando una activación repetitiva de áreas cerebrales y evitando su apagamiento. Mejorando el desempeño en las TAC-EA y dependiendo de las estrategias que cada paciente desarrolle, se podría lograr además mayor adherencia al tratamiento en domicilio, dependiendo de qué vía neural se active en su memoria, lo que disminuiría los costos asociados a la salud, mejorando la calidad de vida. Por ejemplo, pacientes con algún tipo de demencia podrían usar estrategias memorísticas de patrones, lo que estimularía la activación de áreas cerebrales como HC, CPH y CPFvm, entre otras (Montague y cols, 2006), que le permitirían eventualmente progresar hacia un AC propiamente tal, y con ello lograr un salto en su funcionalidad.

8. PROYECCIONES

Con los datos obtenidos en el presente estudio, sería interesante proponerse contestar otras interrogantes, tales como: con qué velocidad se alcanza el máximo rendimiento y cómo se relaciona con la adquisición de reglas de AC; cómo la respuesta conductual en niños sanos de distinto NSE; cómo la respuesta conductual en niños patologías de base (Ej.: déficit atencional, hipoacusia); cómo la respuesta conductual en niños según tipo de reforzamiento (por adición R+ o supresión R- de recompensa); qué patrones son preferidos por estrategias memorísticas de aprendizaje y qué relación tiene con las formas de las figuras que lo componen; entre otras. Responder las interrogantes anteriores requiere de mejoras y cambios de dirección en el presente estudio, las cuales pueden lograrse por diversos caminos: tener una mayor rigurosidad en los criterios de exclusión para evitar daños inherentes a áreas cerebrales involucradas en el procesamiento espacial y asociativo, excluyendo a niños con epilepsia, trastorno de lenguaje, trastorno de atención por hipo o hiperactividad, madre alcohólica, retraso en desarrollo psicomotor, entre otros; generar condiciones ideales de medición, tales como: realizar una única aplicación de la tarea por establecimiento (controla el traspaso de información entre los participantes de mismo nivel educativo o mismo colegio), utilizar como sitio de medición una única oficina en igualdad de condiciones ambientales y teclado independiente del computados

(por ejemplo: laboratorio disminuiría distractores); una mejor forma de evitar el esperable aumento de los costos de la investigación sería tomar muestras aleatorias pequeñas por colegio; comparar dos poblaciones de estudio equivalentes pero expuestas a diferentes condiciones, entrenada y no entrenada: para la primera, el entrenamiento se contaría con dos mediciones: una de reconocimiento de pronósticos sol/llovía mediante selección de teclas y otra de aprendizaje (disminuirían errores de coordinación oculomotora, permitiendo a su vez crear un grupo experimental de comparación con respecto a nuestra población de estudio, que sería control, o bien permitiría dirigir esfuerzos en comprar un nuevo grupo control versus entrenados en realidad virtual, convirtiéndose en un diseño cuasi-experimental más controlado); comparar dos poblaciones de estudio diferentes pero de un mismo nivel educativo (Ej.: con trastorno atencional por hipo o hiperactividad); comparar tres poblaciones de estudio equivalentes y entrenadas en realidad virtual, pero expuestas a distinto tipo de reforzamiento: en aumento (Ej.: ganancia de chocolates asociado a mejor rendimiento por bloque), en decremento (Ej.: pérdida de chocolates asociado a bajo rendimiento por bloque) o nulo (sin reforzamiento); determinar relación entre rendimiento espacial en la TAC-EA y rendimiento escolar, para lo cual se tomaría como grupos a niños con alto y bajo riesgo social, pues se ha encontrado evidencia funcional que muestra un menor rendimiento en áreas cerebrales involucradas; y por último, en sujetos que no aprenden sería relevante comparar rendimiento por regla ensayo a ensayo determinando rendimiento gradual, velocidad de aprendizaje (cuántos ensayos pasan antes de que el sujeto alcance TrA), cuánto varía desde que empieza hasta que termina de aprender, entre otros aspectos que evalúen la evolución del proceso de aprendizaje.

En suma, los resultados de este estudio son una primera aproximación para investigaciones posteriores sobre la respuesta conductual de niños con ciertas características durante la ejecución de la TAC-EA. Con ello se obtendrían importantes datos sobre cómo es el proceso de aprendizaje en un contexto aula, proyectándolo así a un nivel motor, sobre todo en personas con algún trastorno de la memoria y aprendizaje tanto al final de la vida como en los comienzos de ésta.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Ashby F, Maddox W. 2005.** Human Category Learning. *Psychology*; 56 (1): 149-178.
2. **Bar M. 2007.** The proactive brain: Using analogies and associations to generate predictions. *Trends in cognitive Sciences*; 11 (7): 280-289.
3. **Baumert J, Lüdtke O, Trautwein U, Brunner M. 2009.** Large-scale student assessment studies measure the results of processes of knowledge acquisition: Evidence in support of the distinction between intelligence and student achievement. *Educational Research Review*; 4 (3): 165-176.
4. **Beauchamp M, Martin A. 2007.** Grounding object concepts in perception and action: Evidence from fMRI studies of tools. *Cortex*; 43 (1): 461-468.
5. **Beck S, McColgan K, Robinson E, Rowley M. 2010.** Imagining what might be: Why children underestimate uncertainty. *Journal of Experimental Child Psychology*; 110(4): 603-610.
6. **Beltrán JA. 2003.** Estrategias de aprendizaje. *Revista de Educación*; 332 (1): 55-73.
7. **Berthold L, Jüttner M, Landis T, Regard M, Rentschler I. 2009.** Differential impact of posterior lesions in the left and right hemisphere on visual category learning and generalization to contrast reversal. *Neuropsychologia*; 47 (1): 2927-2936.
8. **Carrion VG, Weems CF, Eliez S, Patwardhan A, Brown W, Ray RD, Reiss AL. 2001.** Attenuation of frontal asymmetry in pediatric posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*; 50 (1-2): 943-951.
9. **Centro de Estudios de Opinión Ciudadana (CEOC). 2010.** La OCDE y la Educación en Chile. Disponible en: <http://www.ceoc.cl/pdf/Boletines_Economia/2010/07-julio-2010.pdf>
10. **Cooper JM, Vargha-Khadem F, Gadian DG, Maguire EA. 2011.** The effect of hippocampal damage in children on recalling the past and imagining new experiences. *Neuropsychologia*; 49(7): 1843-1850.
11. **Charmandari E, Kino T, Souvatzoglou E, Chrousos GP. 2003.** Pediatric stress: Hormonal mediators and human development. *Hormone Research*; 59(4): 161-179.
12. **Davidson PR, Jones RD, Andreae JH, Sirisena HR. 2002.** Simulating closed- and open-loop voluntary movement: A nonlinear control-systems approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*; 49 (11): 1242-52.

13. **Daw N, Niv Y, Dayan P. 2005.** Uncertainly-based competition between prefrontal and dorsolateral striatal systems for behavioral control. *Nature Neuroscience*; 8 (12): 1704-11.
14. **Dawson B, Trapp R. 2005.** Bioestadística médica, 4º Ed., Bogotá: Manual Moderno.
15. **Delgado C, Délano P, Alegría C, Bahamondes C, Cortés C, Aylwin ML. 2011.** Women increase their performance trained with decreased reward conditions on a conceptual learning task, En: International Brain Research Organization (IBRO)8th World Congress of Neuroscience, Session title: Learning & Memory, Session date: 16 July 2011, Poster Abstract B314, s.p.
16. **Domjan M. 2003.** Principios de aprendizaje y conducta, México: International Thomson.
17. **Eichenbaum H. 2004.** Hippocampus: Cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*;44 (1): 109–120.
18. **Eichenbaum H, Yonelinas A, Ranganath C. 2007.** The medial temporal lobe and recognition memory. *Annu Rev Neurosci*; 30 (1):123-152.
19. **Feng ZH, Zou X, Jia HQ, Li XS, Zhu ZL, Liu XB, Bucheli P, Balleve O, Hou YF, Zhang WG, Wang JK, Chen Y, Lio JK. 2012.** Maternal Docosahexaenoic Acid Feeding Protects Against Impairment of Learning and Memory and Oxidative Stress in Prenatally Rats: Possible Role of Neural Mitochondria Metabolism. *Antioxidants & Redox Signaling*; 16(3): 275-289.
20. **García A. 2006.** Evaluación del impacto de la Jornada Escolar Completa, Santiago: Publicaciones BD SIMCE, Pp. 1-3.
21. **Giedd JN, Vaituzis AC, Hamburger SD, Lange N, Rajapakse JC, Kaysen D, Vauss YC, Rapoport JL. 1996.** Quantitative MRI of the temporal lobe, amygdala, and hippocampus in normal human development: Ages 4-18 years. *Journal of Comparative Neurology*; 366 (2): 223-230.
22. **Gitten JC, Winer JL, Festa EK, Heindel WC. 2006.** Conditional associative learning of spatial and object information in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Child neuropsychology*; 12(1): 39-56.
23. **GuevaraMA, Rizo L, Robles F, Hernández M. 2012.** Prefrontal-parietal correlation during performance of the towers of Hanoi task in male children, adolescents and young adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*; 2(1): 129-138.
24. Haines D. 2002. Principios de Neurociencia, 2ª Edición. España: Elsevier.
25. **Hernández R, Fernández C, Baptista P. 2004.** Metodología de la investigación, 3^{ra} Ed.

26. **Hintzman DL, Curran T. 1994.** Retrieval dynamics of recognition and frequency judgements: evidence for separate processes of familiarity and recall. *J Mem Lang*; 33(1): 1-18.
27. **Jadue, G. 1997.** Factores ambientales que afectan el rendimiento escolar de los niños provenientes de familias de bajo nivel socioeconómico y cultural. *Estudios Pedagógicos* 23 (1): 75-80.
28. **Kandel E, Schwartz J, Jessell T. 2000.** Principles of neural science, 4th Edition, New York: McGraw-Hill.
29. **Kumaran D, Hassabis D, Spiers H, Vans S, Vargha-Khade F, Maguire E. 2007.** Impaired spatial and non-spatial configural learning in patients with hippocampal pathology. *Neuropsychologia*; 45 (1): 2699-2711.
30. **Kumaran D, Summerfield J, Hassabis D, Maguire E. 2009.** Tracking the Emergence of Conceptual Knowledge during Human Decision Making. *Neuron*; 63 (6):889-901.
31. **Lee TD, Schmidt RA. 2008.** Motor learning and memory. *Learning and Memory: A comprehensive Reference*; 2(1): 645-662.
32. **LeFevre J, Smith-Chant B, Fast L, Skwarchuk S, Sargla E, Arnup S, Penner-Wilger M, Bisanz J, Kamawar D. 2006.** What count as knowing? The development of conceptual and procedural knowledge of counting from kindergarten through Grade 2. *Journal of Experimental Child Psychology*; 93 (4): 285-303.
33. **Llorente-Berzal A, Mela V, Borcel E, Valero M, López-Gallardo M, Viveros MP, Marco E. 2012.** Neurobehavioral and metabolic long-term consequences of neonatal maternal deprivation stress and adolescent olanzapine treatment in male and female rats. *Neuropharmacology*; 62(3): 1332-1341.
34. **Maclellan E. 2005.** Conceptual learning: The priority for Higher Education. *British Journal of Educational Studies*; 53 (2):129–147.
35. **Maier SE, Miller SA, Blackwell JM, West JR. 1999.** Fetal alcohol exposure and temporal vulnerability: Regional differences in cell loss as a function of the timing of binge-like alcohol exposure during brain development. *Alcoholism - Clinical and Experimental Research*; 23(4): 726-734.
36. **Mathern GH, Leite JP, Pretorius, JK, Quinn B, Peacock WJ, Babb TL. 1994.** Children with severe epilepsy: Evidence of hippocampal neuron losses and aberrant mossy fiber sprouting

- during postnatal granule cell-migration and differentiation. *Developmental Brain Research*; 78(1): 70-80.
37. **Maturana H, Varela F. 1984.** El árbol del conocimiento. Santiago: Universitaria.
 38. **McEwen BS. 2003.** Early life influences on life-long patterns of behavior and health. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*; 9(3): 149-154.
 39. **Ministerio de Educación (Mineduc), Gobierno de Chile. 2009.** Evaluación Para el Aprendizaje: Educación Básica Primer Ciclo. Disponible [online] en: <http://www.psp.mineduc.cl/Documentos/1ciclo_EPA.pdf>
 40. **Ministerio de Planificación, Gobierno de Chile. 2009.** Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN). Disponible [online] en: <http://www.ministerio desarrollosocial.gob.cl/casen2009/RESULTADOS_CASEN_2009.pdf>
 41. **Ming Chiu M, Wing-Yin Chow B, McBride-Chang C. 2007.** Learning and Individual Differences. 4th Quarter; 17 (4): 344-365.
 42. **Montague PR, King-Casas B, Cohen JD. 2006.** Imaging valuation models in human choice. *Annu Rev Neurosci*; 29(1): 417-448.
 43. **Moustgaard A, Arnfred S, Linda N, Hemmingsen R, Hansen A. 2005.** Acquisition of visually guided conditional associative tasks in Göttingen minipigs. *Behavioural Processes*; 68(1): 97-102.
 44. **Muñoz I. C, Guzmán, J. 2010.** Una exploración de los factores determinantes del rendimiento escolar en la educación primaria. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*; 40(2): 167-191. Disponible [online] en <<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=27018884008>>
 45. **Packard M, McGaugh J. 1996.** Inactivation of Hippocampus or Caudate nucleus with Lidocaine Differentially Affects Expression of Place and Response Learning. *Neurobiology of Learning and Memory*; 65(1): 65-72.
 46. **Quaas C, Crespo N. 2003.** ¿Inciden los métodos de enseñanza del profesor en el desarrollo del conocimiento metacomprendido de sus alumnos? *Signos*; 36 (54): 225-234.
 47. **Rao H, Betancourt L, Gianetta JM, Brodsky NL, Korczykowski M, Avants BB, Gee JC, Wang JJ, Hurt H, Detre JA, Farah MJ. 2010.** Early parental care is important for hippocampal maturation: Evidence from brain morphology in humans. *Neuroimage*; 49(1): 1144-1150.

48. **Richland I, McDonough M. 2010.** Learning by analogy: Discriminating between potential analogs. *Contemporary Educational Psychology*;35 (1):28-43.
49. **Rogers C, Anderson P, Thompson D. 2012.** Regional Cerebral Development at Term Relates to School-Age Social-Emotional Development in Very Preterm Children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*; 51(2): 181-191.
50. **Rosenzweig MR, Bennet EL. 1996.** Psychobiology of plasticity: Effects of training and experience on brain and behavior. *Behavioural Brain Research*; 78(1): 57-65.
51. **Salas-Ramírez KY, Frankfurt M, Alexander A, Luine VN, Friedman, E. 2010.** Prenatal cocaine exposure increases anxiety, impairs cognitive function and increases dendritic spine density in adult rats: Influence of sex. *Neuroscience*; 169(3): 1287-1295.
52. **Sasaki T. 2009.** The role of the central executive in associative learning. *Psychologia*; 52(1): 80-90.
53. **Scoville W, Milner B. 1957.** Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*;20(1):11–21.
54. **Shea N, Krug K, Toble P. 2008.** Conceptual representations in goal-directed decision making. *Cogn Affect Behav Neurosci*;8 (1): 418-428.
55. **Shummway-Cook A, Woollacott M. 1995.** *Motor Control: Theory and Practical Applications.* Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
56. Simons J, Spiers H. 2003. Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Nature Reviews Neuroscience*; 4(1):637-648.
57. **Smith A, Frank L, Wirth S, Yanike M, Hu D, Kubota Y, Graybiel A, Suzuki W, Brown E. 2004.** Dynamic analysis of learning in behavioral experiments. *J Neurosci*;24 (1): 447-461.
58. **Squire L. 2004.** Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*; 82 (1): 171-177.
59. **Squire L, Stark C, Clark R. 2004.** The medial temporal lobe. *Annual Review of Neuroscience*; 27 (1):279–306.
60. **Suzuki W. 2008.** Associative learning signals in the brain. *Progress in Brain Research*; 169 (1): 305-320.

61. **Tamaki M, Matsuoka T, Nittono H, Hori H. 2009.** Activation of fast sleep spindles at the premotor cortex and parietal areas contributes to motor learning: A study using sLORETA. *Clinical Neurophysiology*; 120 (1): 878-886.
62. **Teicher MH, Anderson CM, Polcari A. 2012.** Childhood maltreatment is associated with reduced volume in the hippocampal subfields CA3, dentate gyrus and subiculum. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; 109(9): Pp.sp. Abstract.
63. **Teicher MH, Andersen SL, Polcari A, Anderson CM, Navalta CP, Kim DM. 2003.** The neurobiological consequence of early stress and childhood maltreatment. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*; 27(1-2): 33-44.
64. **Thibaut J, French R, Vezneva M. 2010.** The development of analogy making in children: Cognitive load and executive functions. *Journal of Experimental Child Psychology*; 106 (1): 1-19.
65. **Thinus-Blanc C, Save E, Poucet B. 1998.** The associative parietal cortex and spatial processing in rodents. *C R Acad Sci Paris Sciences de la vie*; 321 (1): 179-183.
66. **Tse D, Langston RF, Kaleyama M, Bethus I, Spooner OA, Wood ER, Witter MP, Morris RG. 2007.** Schemas and memory consolidation. *Science*; 316(1): 76-82.
67. **Van Der Zee E, Luiten P, Disterhoft J. 1997.** Learning-induced alterations in hippocampal PKC-immunoreactivity: A review and hypothesis of its functional significance. *ProgNeuro-Psychopharmacol&BiolPsychiat*; 21 (1): 531-572.
68. **Van Kesteren M, Ruiter D, Fernández G, Henson R. 2012.** How schema and novelty augment memory formation. *Trends in Neurosciences*; In Press, Corrected Proof.
69. **Vidal V, Aylwin ML. 2011.** Performance and learning strategies in secondary students with different sociocultural indicators in a conceptual learning task. *Fundación Puelma, Abstract*, Pp.s.p.
70. **Wang P. 2009.** Analogy in a general-purpose reasoning system. *Cognitive Systems Research*; 10 (1):286–296.
71. **Watkins C, Dayan P. 1992.** Q-Learning. *Mach Learn*; 8 (1): 279-291.
72. **Wirth S, Yanike M, Frank L, Smith A, Brown E, Suzuki W. 2003.** Single neurons in the monkey hippocampus and learning of new associations. *Science*; 300 (1): 1578-1581.

73. **Yang JJ, An L, Yao Y, Yang Z, Zhang T. 2012.** Melamine impairs spatial cognition and hippocampal synaptic plasticity by presynaptic inhibition of glutamatergic transmission in infant rats. *Toxicology*; 289(2-3): 167:174.
74. **Yee S, Werkle-Bergner M, Brehme Y, Müller V, Li SC, Linderberger U. 2009.** Episodic memory across the lifespan: The contributions of associative and strategic components. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; 34(7): 1080-1091.
75. **Zhang Y, Leezer J. 2010.** Simulating human-like decisions in a memory based agent model. *Comput Math Organ Theory*; 16 (1): 373-399.

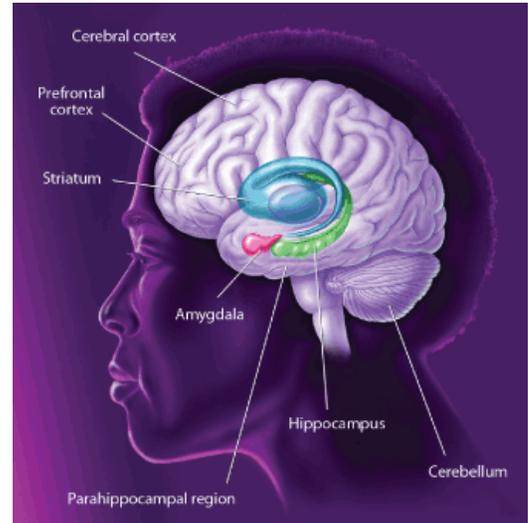
ANEXO

Anexo 1.- Esquemas neuroanatómicos del aprendizaje y memoria

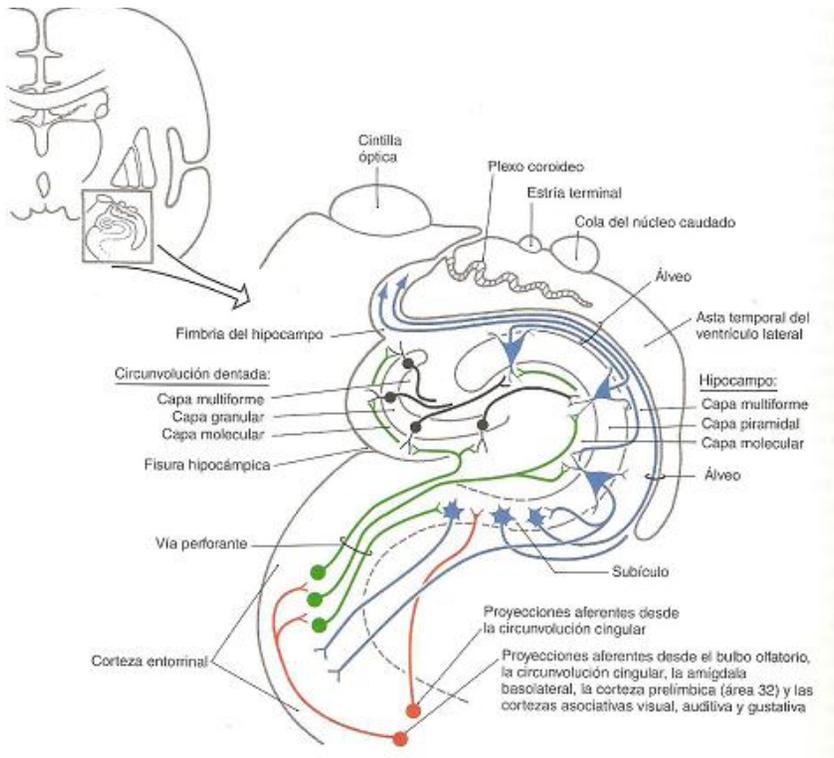
A) Memoria y aprendizaje (Adaptado de Van Kesteren y cols., 2012):

Distintas áreas cerebrales y sistemas median las distintas formas de memoria. El HC, CPH, y áreas de la corteza cerebral como la CPF forman un sistema que sustenta la memoria declarativa (cognitiva). Formas de memoria no declarativa (conductual) son sustentadas por amígdala, estriado y cerebelo.

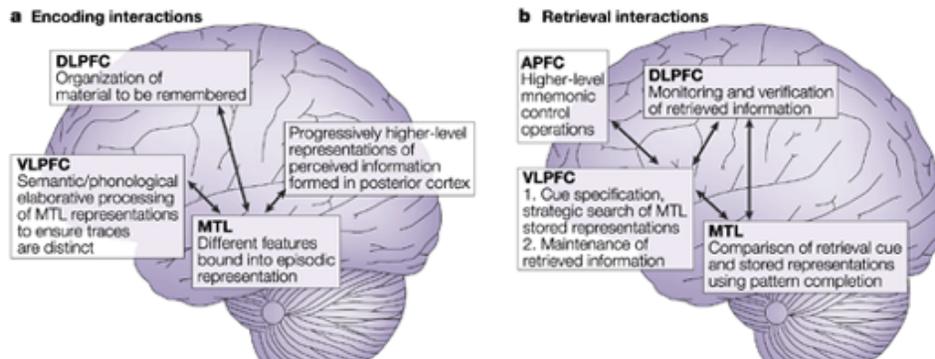
1. Corteza cerebral
2. CPF
3. Estriado
4. Amígdala
5. CPH
6. HC
7. Cerebelo



B) Gran conectividad desde y hacia el HC(Haines, 2002)



C) Codificación y recolección en la MR (Adaptado de Simons y cols., 2003)



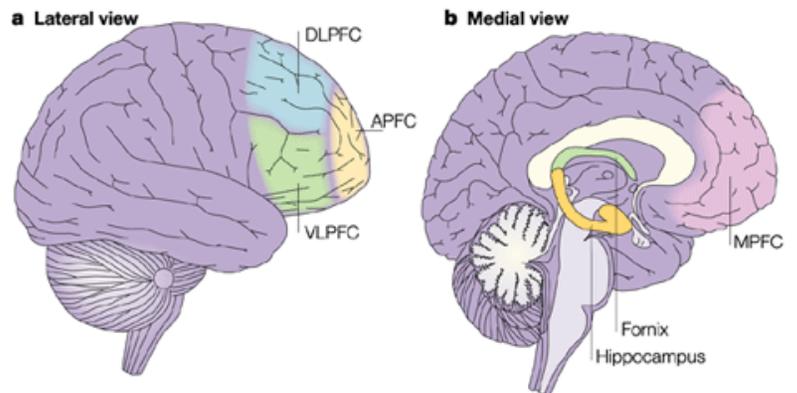
a. Codificación: Estímulos percibidos son procesados, representados, integrados y asociados en la MR a nivel del LTM. Esto es controlado jerárquicamente por la CPF en sus distintas subregiones anterior y posterior (VLPFC). El material es seleccionado, manipulado y organizado en la CPF dorsolateral (DLPFC). Este control permite distinguir estímulos sin que se interfieran.

b. Recolección: Según el tipo de tarea, la recolección ocurre en la VLPFC, antes de ser usadas para buscar estratégicamente representaciones almacenadas en el LTM.

D) División de la CPF (Adaptado de Simons y cols., 2003)

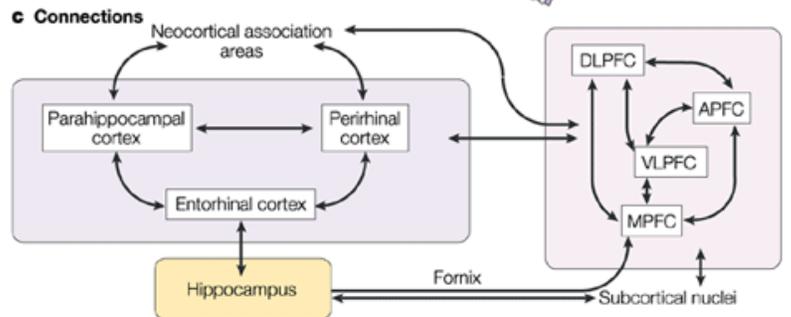
a y b:

División en anterior (APFC), dorsolateral (DLPFC), ventrolateral (VLPFC) y medial (MCPF). El LTM incluye regiones neocorticales de HC, amígdala, CER, CPR, y CPH.



c:

Conexiones cortico-corticales directas recíprocas entre CPF y LTM. El esquema indica que las cortezas orbitofrontal y dorsolateral están fuertemente conectadas con las cortezas entorrinal y peririnal



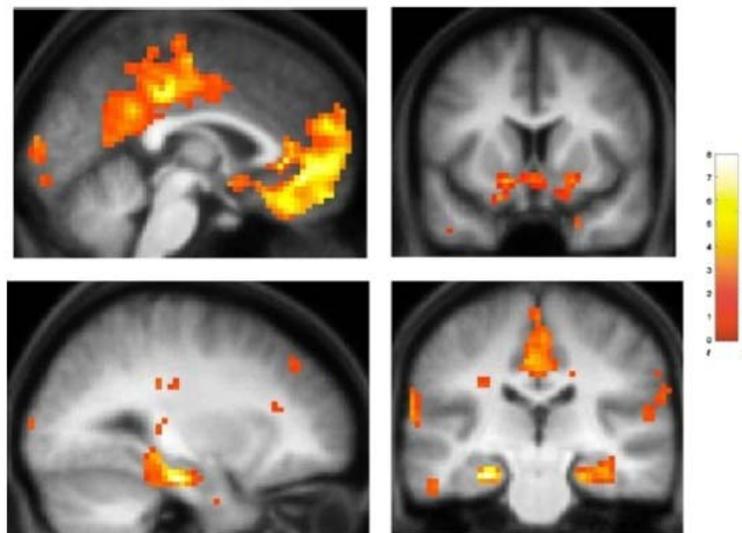
Nature Reviews | Neuroscience

Anexo 2.- MR y rol del HC en conjunto con otras áreas cerebrales en el AC.

Experimentos sobre los procesos rápido y lento de la MR, familiaridad y recolección respectivamente, indican que habría en común una zona del LTM y de la CCA en situaciones donde se debe rechazar elementos muy conocidos, provocando al comienzo bajo rendimiento (por familiaridad) y luego un mejor rendimiento tras la incorporación de la regla (recolección) (Eichenbaum y cols., 2007).

Paralelamente, se ha encontrado que el procesamiento de la MR es más complejo, pues en el LTM ésta tiene la siguiente organización: (1) La corteza prerrinal (CPR) recibe aferencias desde áreas asociativas sobre información no espacial del “qué”, generando representaciones de estímulos, ya sean objetos, acciones o personas; (2) la corteza parahipocampal (CPH) recibe aferencias polimodales sobre información espacial del “dónde” generando representaciones contextuales; (3) la corteza entorrinal (CER) se divide en lateral para recibir información de la CPR, y medial para recibir de CPH; y (4) el HC, donde convergen ambas informaciones del “qué” y “dónde” asociando los estímulos con su contexto, y desde donde se envían conexiones de retroalimentación a las tres cortezas anteriores. Esta teoría de ambos procesos en conjunto explicaría situaciones complejas de aprendizaje, por ejemplo, en la amnesia, donde se altera tanto la familiaridad como la recolección (Eichenbaum y cols., 2007).

Lo anterior se complementa con hallazgos de interacciones entre otras cortezas, según el proceso que suceda durante la tarea de AC. De este modo, en la región del HC y la CPH ocurriría la asociación, junto con participación de otras regiones mediales tales como la corteza prefrontal medial (CPFm) y corteza parietal medial (CPM). Además, otros tipos de asociación, como la asociación visuomotora, podrían estar representadas en otras regiones, como los núcleos basales (Bar, 2007). Regiones vinculadas a la analogía están poco exploradas, sin embargo en algunos tipos de pensamiento analógico se ha encontrado la activación de la CPFm y CPF lateral (Bar, 2007). En lo que respecta a la predicción, hay múltiples subprocesos que deben ser considerados: la generación de la predicción, su verificación y actualización. Por ejemplo, la anticipación de un estímulo somatosensorial activa la corteza somatosensorial; la pintura de una comida activa la corteza gustatoria; la imagen visual, cuando no está relacionada directamente con tarea predictiva, activa la corteza visual. La corteza cingulada anterior (CCA), ha sido relacionada con la probabilidad de predecir un error, la cual se detecta para ajustar la predicción específica que requiera el contexto inmediato y también para aprender y actualizar generalizaciones, todo lo cual mejoraría la predicción en recolecciones futuras (Bar, 2007)



Actividad cerebral HC y CPFvm durante una TAC-EA (Kumaran y cols., 2009)

Anexo 3.– Carta autorización dirigida a CM

Santiago, lunes 1 de agosto de 2011

Señora
Emilia Galdames
Directora
Escuela Básica Benjamín Subercaseaux
La Granja
Presente

De nuestra consideración:

Los alumnos de 4° año de la Carrera de Kinesiología en su Plan de Estudios deben cursar la asignatura de Seminario de Investigación. En el marco de dicha asignatura las alumnas **Natalia Andrea Escobar Márquez** y **Myriam Deborah Gutiérrez Villegas** están realizando su Tesis denominada “**Aprendizaje conceptual visual en niños en edad escolar**”, requisito indispensable para obtener el Grado de Licenciadas en Kinesiología y posteriormente el título de Kinesiólogas.

El estudio analiza el rendimiento de niños de 4° y 8° básico en una tarea computacional interactiva y lo compara con el rendimiento académico.

Dicho programa consiste en un juego de simulacro de predicción del tiempo a partir de combinaciones de figuras geométricas, donde un desempeño adecuado resulta del uso de la memoria en estrategia de aprendizaje asociativo y espacial.

Por este motivo, la participación de los alumnos y alumnas del Colegio será clave. Agradecería dar las facilidades a las tesis para aplicar el programa por parejas de durante quince minutos cada uno aproximadamente.

Cabe señalar que dicha tesis tiene como Guía a la Dra. María de la Luz Aylwin.

Sin otro particular, y agradeciendo su valiosa colaboración, saluda atentamente a usted,

KLGO. MARIO HERRERA R.
DIRECTOR
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Anexo 4.– Carta de autorización dirigida a CS

Santiago, lunes 1 de agosto de 2011

Señora
Amalia Méndez
Directora
Colegio Carlos Pezoa Véliz
Cerro Navia
Presente

De nuestra consideración:

Los alumnos de 4º año de la Carrera de Kinesiología en su Plan de Estudios deben cursar la asignatura de Seminario de Investigación. En el marco de dicha asignatura las alumnas **Natalia Andrea Escobar Márquez** y **Myriam Deborah Gutiérrez Villegas** están realizando su Tesis denominada “**Aprendizaje conceptual visual en niños en edad escolar**”, requisito indispensable para obtener el Grado de Licenciadas en Kinesiología y posteriormente el título de Kinesiólogas.

El estudio analiza el rendimiento de niños de 4º y 8º básico en una tarea computacional interactiva y lo compara con el rendimiento académico.

Dicho programa consiste en un juego de simulacro de predicción del tiempo a partir de combinaciones de figuras geométricas, donde un desempeño adecuado resulta del uso de la memoria en estrategia de aprendizaje asociativo y espacial.

Por este motivo, la participación de los alumnos y alumnas del Colegio será clave. Agradecería dar las facilidades a las tesis para aplicar el programa por parejas de durante quince minutos cada uno aproximadamente.

Cabe señalar que dicha tesis tiene como Guía a la Dra. María de la Luz Aylwin.

Sin otro particular, y agradeciendo su valiosa colaboración, saluda atentamente a usted,

KLGO. MARIO HERRERA R.
DIRECTOR
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Anexo 5.– Carta de autorización dirigida a CP

Santiago, viernes 2 de diciembre de 2011

Señora
Mireya Varela Aravena
Directora Ciclo Básico
Colegio Mayor Tobalaba
Puente Alto
Presente

De nuestra consideración:

Los alumnos de 4° año de la Carrera de Kinesiología en su Plan de Estudios deben cursar la asignatura de Seminario de Investigación. En el marco de dicha asignatura las alumnas **Natalia Andrea Escobar Márquez** y **Myriam Deborah Gutiérrez Villegas** están realizando su Tesis denominada “**Aprendizaje conceptual visual en niños en edad escolar**”, requisito indispensable para obtener el Grado de Licenciadas en Kinesiología y posteriormente el título de Kinesiólogas.

El estudio analiza el rendimiento de niños de 4° y 8° básico en una tarea computacional interactiva y lo compara con el rendimiento académico.

Dicho programa consiste en un juego de simulacro de predicción del tiempo a partir de combinaciones de figuras geométricas, donde un desempeño adecuado resulta del uso de la memoria en estrategia de aprendizaje asociativo y espacial.

Por este motivo, la participación de los alumnos y alumnas del Colegio será clave. Agradecería dar las facilidades a las tesis para aplicar el programa por parejas de durante quince minutos cada uno aproximadamente.

Cabe señalar que dicha tesis tiene como Guía a la Dra. María de la Luz Aylwin.

Sin otro particular, y agradeciendo su valiosa colaboración, saluda atentamente a usted,

KLGO. MARIO HERRERA R.
DIRECTOR
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Anexo 6.- Consentimiento informado



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Postgrado
Programa Magíster en Ciencias Biológicas
y Médicas mención Neurociencias

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Nombre del niño participante:

Curso:

RUT del niño participante:

Investigadores Principales: Myriam Gutiérrez Villegas y Natalia Escobar Márquez
Tesis de Kinesiología.

Investigador Supervisor: María de la Luz Aylwin PhD.

Título: “Análisis del rendimiento y estrategias de aprendizaje utilizadas una tarea de aprendizaje conceptual en niños en edad escolar”.

Yo, _____, acepto que mi hijo
_____ participe del estudio: “Comparación del
rendimiento y estrategias de aprendizaje utilizadas una tarea de aprendizaje conceptual en niños normales y sordos
profundos”, que consiste en la predicción del tiempo (sol o lluvia) asociado a figuras geométricas utilizando 2 reglas
diferentes: espacial y asociativa. Este estudio se efectúa como Tesis para optar al grado de Licenciatura en
Kinesiología de la Universidad de Chile, de las alumnas Myriam Gutiérrez V. y Natalia Escobar M, bajo la
supervisión de la Dra. María de la Luz Aylwin Ostalé. El consentimiento autoriza el uso de los datos obtenidos con
fines académicos, garantizando a los participantes la confidencialidad y el buen uso.

Firma Apoderado

RUT Apoderado

Santiago, _____ de _____, de 2011

Anexo 7.– Diseño experimental

A) Descripción de la TAC-EA.

Se mostrarán en pantalla 320 veces los 8 patrones (160 RE y 160 RA), repartidos al en 8 bloques de 40 ensayos. En cada ensayo se repite 5 veces cada patrón pseudo-aleatoriamente. Cada patrón durará en pantalla 3 segundos, tiempo destinado a reconocer el patrón, procesar y escoger un pronóstico. Luego de cada respuesta existirá una retroalimentación (*feedback*) visual correctora, que durará en pantalla 0.1 segundos, en la cual se indicará si la respuesta dada fue correcta o incorrecta. Transcurrido cada bloque de 40 ensayos, existe una corta pausa donde aparece en pantalla la imagen “Presione ENTER para comenzar un bloque de 40 ensayos” (Anexo 7D) y en la esquina inferior derecha se entregará el porcentaje de aciertos en el bloque. En base a dicho porcentaje se entregará la R+ del siguiente modo: si éste es <60% se le dará un chocolate al participante, $\geq 60\%$ se le entregarán dos chocolates (*Rolls®*), y si acierta correctamente el 100% del bloque se le darán tres chocolates. El juego durará quince minutos por participante, obteniendo como R+ como mínimo ocho chocolates. Al inicio de la tarea los participantes tendrán que adivinar pero eventualmente obtendrán un mejor rendimiento en la predicción del tiempo a medida que transcurren los ensayos.

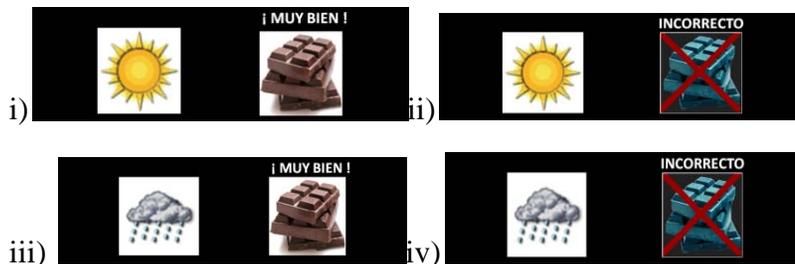
B) Constantes en la aplicación computacional.

Para controlar igual exposición a la tarea se mantuvo constante ciertos valores en la TAC-EA, tomando como base el estudio en adolescentes chilenos (Vidal & Aylwin, 2011):

- **Número de ensayos o “*trials*”:** Número total de intentos para cada sujeto, resulta de multiplicar el número de bloques por el de patrones ($8 \times 40 = 320$ “*trials*”).
- **Tiempo de estímulo “*Stimulus time*”:** Tiempo (3000 milisegundos) durante el cual se mostrará en pantalla un patrón.

- **Tiempo de espera o “*fixation time*”**: Tiempo (500 milisegundos) entre la omisión de una respuesta y el siguiente patrón, donde se muestra en pantalla un signo “+”.
- **Tiempo objetivo o “*target time*”**:Tiempo(300 milisegundos) entre la desaparición de un patrón en pantalla y el siguiente, destinado a la elección de un pronóstico.
- **Tiempo de reacción o “*response time*”**:Tiempo (100 milisegundos) durante el cual se mostrará en pantalla pronóstico seleccionado sol/lluvia.
- **Tiempo de retroalimentación o “*feedback time*”**: Tiempo durante el cual aparecerá la retroalimentación visual de corrección y R+ (1000 milisegundos).

C) Retroalimentación o “feedback” visual en pantalla tras respuesta



D) Instrucciones verbales

“A continuación, cada uno de ustedes jugará a ser un meteorólogo que predecirá el tiempo viendo una imagen que aparece en pantalla. Imagínense que son patrones de constelaciones de estrellas, formados por dos figuras geométricas que les serán conocidas. Verán dos figuras en pantalla, y según ella, el tiempo puede ser sol o lluvia. Cuando ustedes decidan sol, seleccionen la tecla flecha arriba, y si deciden lluvia, usen la flecha abajo. Después de cada pronóstico el computador les dirá si lo hicieron bien o mal. Cada vez que respondan correctamente, ganarán chocolates, y mientras mejor predigan el tiempo, más chocolates tendrán al término del juego. Ojo, tienen 3 segundos, pensados para mirar, pensar y responder, por lo que es rápido, pero no es tan rápido como para que adivinen siempre. Al comienzo sí

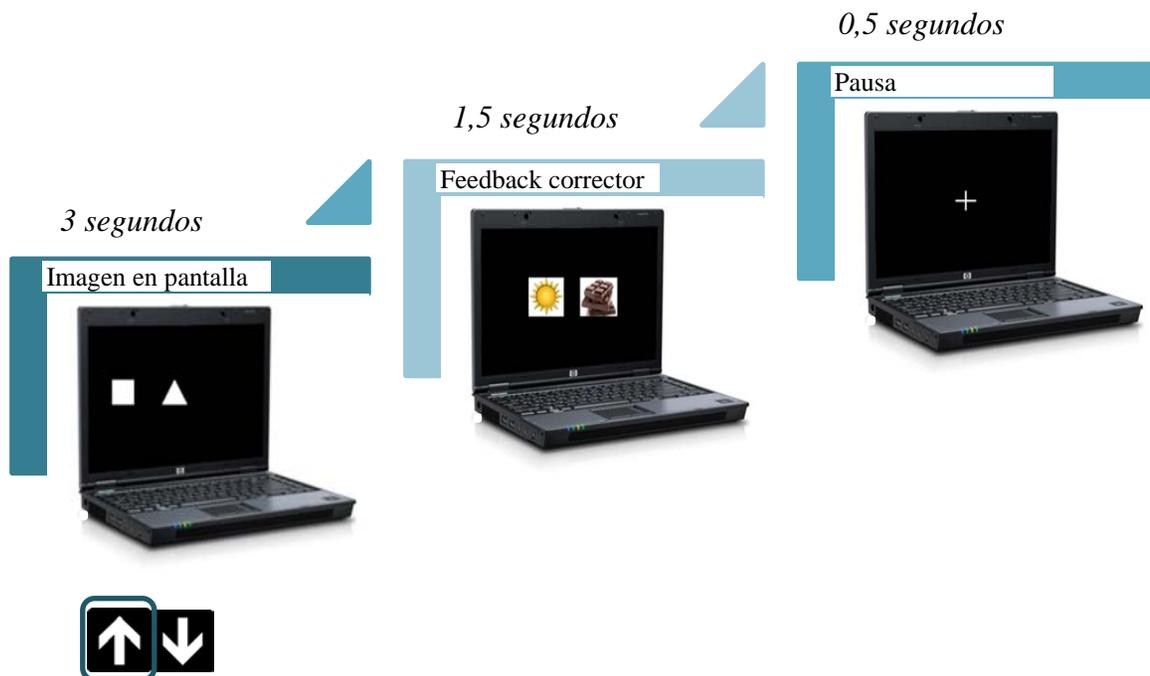
tendrán que adivinar, por lo que no se desanimen si les va mal, les irá mejor cuando sepan por qué es sol y por qué lluvia, y mientras mejor lo sepan, más chocolates ganan”.

E) Reglas y patrones

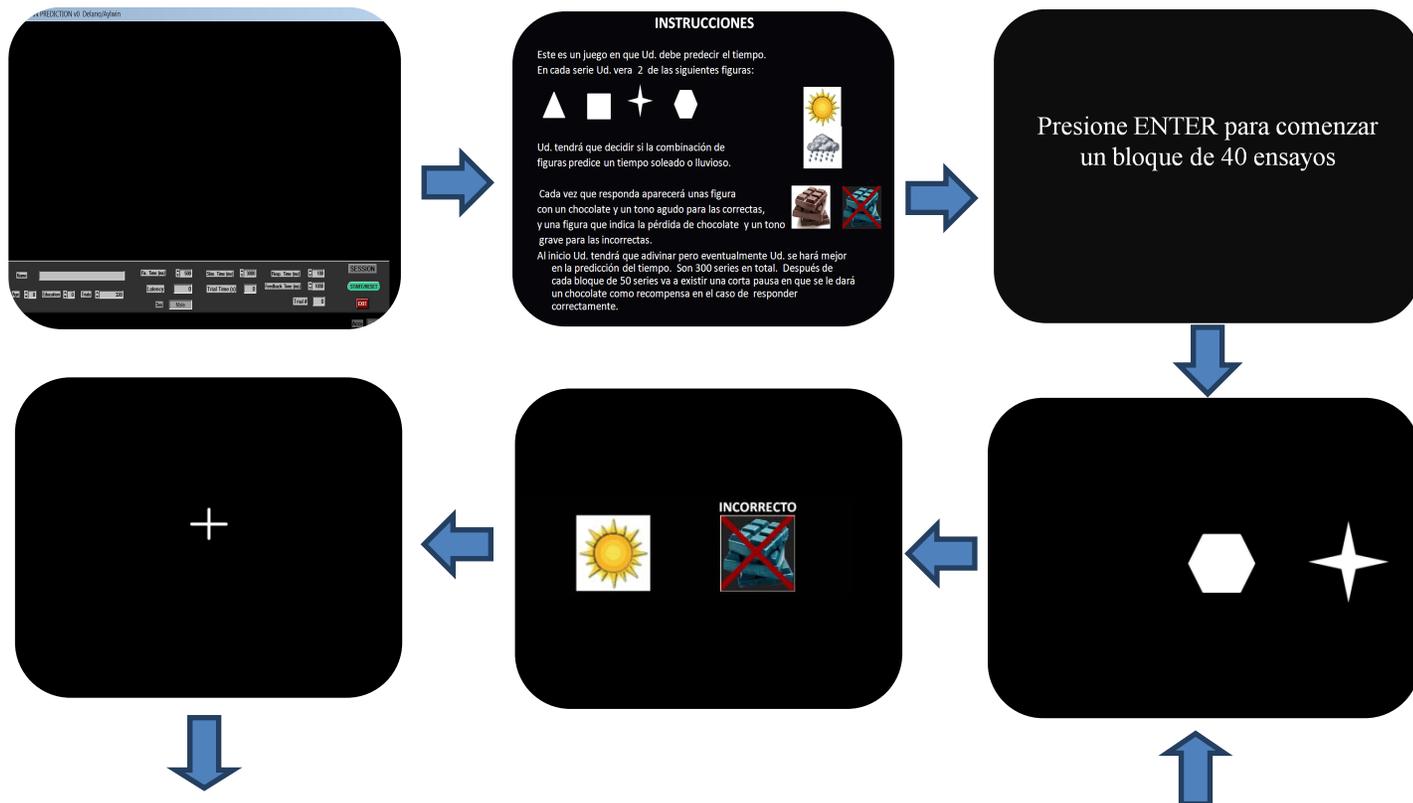
Las figuras y reglas de aprendizaje (obtenidas de patrones determinísticamente asociados a su pronóstico) de la TAC-EA del presente estudio, se esquematizan como sigue:

Regla de aprendizaje					
RE: Espacial			RA: Asociativa		
Patrón	Pantalla	Pronóstico	Patrón	Pantalla	Pronóstico
P1			P5		
P2			P6		
P3			P7		
P4			P8		
Figuras					
F1	F2	F3	F4		

F) Esquema del Plan de trabajo



G) Secuencia de imágenes en pantalla



Anexo 8.–Modelos de estimación del aprendizaje

Modelo State-Space:

Éste se expresa en curvas de aprendizaje obtenidas en forma computarizada mediante algoritmos de maximización logística que relacionan dos ecuaciones: una de estado, que define el proceso de aprendizaje no observable que evoluciona a lo largo de los ensayos, el cual sigue una distribución de probabilidad continua gaussiana aleatoria; y una ecuación de observación que grafica la función de distribución de probabilidad del rendimiento en la tarea, que sigue una distribución dicotómica (de Bernouilli) de ceros y unos (correcto/incorrecto) (Smith y cols, 2004; Wirth y cols, 2003). Para mayor detalle: <<http://www.neurostat.mit.edu>>.

Modelo de Aprendizaje por reforzamiento:

También llamado “*Q-Learning*” (Watkins &Dayan, 1992), estima el aprendizaje evaluando las mejoras sucesivas en la probabilidad de seleccionar una acción según su valor asignado durante la realización de la tarea. El algoritmo de estimación del modelo considera la influencia de la temperatura

Modelo “*Moving Average*”:

Estima el aprendizaje en base al rendimiento promedio en las curvas suavizadas obtenidas por el modelo S-S.

Anexo 9.– Glosario

Aprendizaje: Proceso de modificación de la conducta, producto de la adquisición de conocimientos y/o habilidades (Ej.: durante la ejecución de una tarea).

Aprendizaje implícito: Puede ser de tipo asociativo (condicionamiento) o no asociativo (habituaación y sensibilización).

Corteza prefrontal ventromedial (CPFvm): En humanos es la parte medial de la CPF, que incluye las áreas de Brodman 10, 11 y 32. En ratas incluye además la CCA y zonas del sistema límbico.

Consolidación: Proceso físico y fisiológico de cambios ocurridos en la memoria durante los cuales el cerebro se reorganiza y reestructura información para volverla permanente, dependiendo del tiempo de duración y de inactividad.

Efecto borde: Fenómeno que ocurre en las curvas de aprendizaje donde en los últimos diez “trials” el rendimiento en la tarea no se ajusta completamente al modelo de estimación del rendimiento.

Funciones ejecutivas: Son aquellas que realizan principalmente activación del lóbulo frontal del cerebro, e incluyen, entre otras, la planificación, inhibición, adaptabilidad en responder, memoria de trabajo, y capacidad para realizar razonamientos complejos, todas las cuales maduran con la edad (Tamaki y cols, 2009).

Hipocampo (HC): Subregión del LTM permite el surgimiento de nuevas memorias declarativas mediante nuevas conexiones neuronales durante experiencias nuevas, sustento del continuo aprendizaje.

Memoria: Procesos de codificación, almacenamiento y recuperación que permite cambio conductuales persistentes. No es una única facultad mental, se considera que tiene fases: desde que los estímulos se reconocen como información relevante hay un almacenamiento en un plazo breve, si la información no dura ni se repite, sólo dura minutos, luego la información se transforma y se almacena en un plazo mayor. Cuando se requiere la “información almacenada” en la memoria, un sistema de “búsqueda y recuperación” recolecta

la información y la dispone para tareas específicas (Kandel y cols, 2000). En base a ello, se clasifica dependiendo de su duración y contenido. Según duración hay 3 tipos: memoria de corto, mediano y largo plazo. Según su contenido: declarativa y procedural. Ambas clasificaciones se pueden superponer (ver definición de cada una) o tomar otros nombres.

Memoria de corto plazo: Memoria que capta poco más de 12 elementos por segundos a horas. Incluye a la memoria de trabajo.

Memoria de mediano plazo: Memoria que permanece durante horas hasta meses.

Memoria de largo plazo: Memoria que permanece durante meses a toda la vida. Incluye a las memorias de contenido.

Memoria declarativa (o explícita): Memoria que codifica elementos autobiográficos (Kandel y cols, 2000), recolecta hechos y eventos para relatarlos (verbalmente, por ejemplo) en forma consciente como verdades, utilizando recursos como la inferencia, analogía, evaluación. Ocurre principalmente por activación del LTM (en particular HC y CPH) y otras áreas de la corteza cerebral como la CPF. Se subdivide en episódica y semántica.

Memoria procedural (o implícita, o no declarativa): Memoria que se solicita al adquirir habilidades. Al contrario de la memoria declarativa, ocurre en forma inconsciente y no puede relatarse verbalmente. Es sustentada fundamentalmente por activación de amígdala, estriado y cerebelo.

Memoria episódica: Memoria declarativa de eventos ocurridos en un tiempo y espacio específicos, considerando información contextual incidental.

Memoria semántica (o esquemática): Memoria declarativa que detecta las regularidades de momentos diferentes en el tiempo, y las contrasta con detalles episódicos

Memoria de trabajo: Memoria de corto plazo que retiene información en tiempos breves durante tareas declarativas y procedurales (Ej.: recordar durante minutos que F1 es sol), posibilitando su posterior utilización (Ej.: retener un teléfono, luego anotarlo).

Plasticidad: Capacidad de cambios adaptativos en la estructura o función de neuronas (formación de nuevas sinapsis) en respuesta a daños, uso y desuso.

APÉNDICE

Apéndice 1.– Curvas individuales de aprendizaje de sujetos que aprenden y no aprenden tras aplicación de tarea de aprendizaje conceptual espacial-asociativo.

- a) Curvas sujetos aprenden

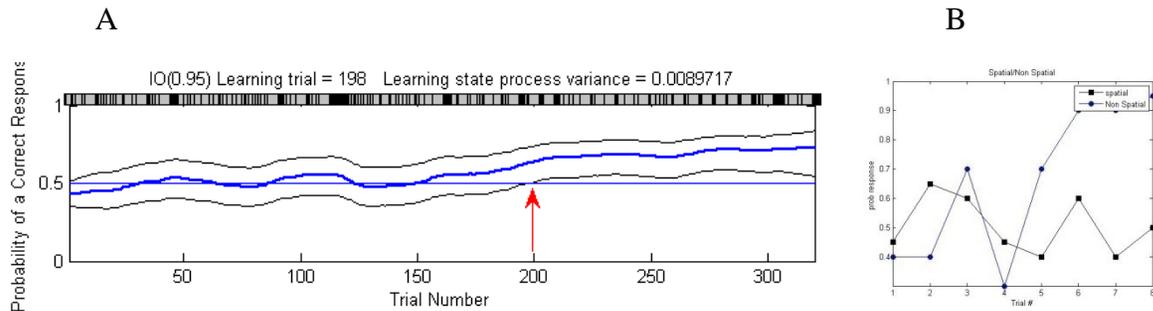


Figura 9. Curva individual de aprendizaje de la niña CP4011Fjh. A. La flecha roja indica que en el ensayo 198 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 63.20% y final de 71,60%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa, muestra un rendimiento final de 18%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 36%.

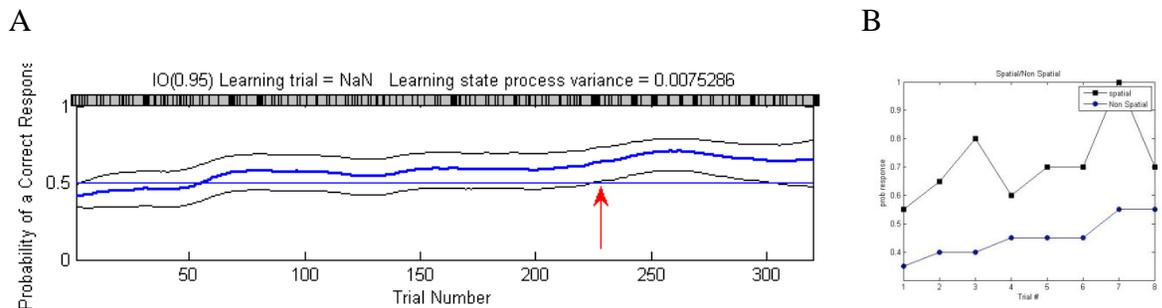
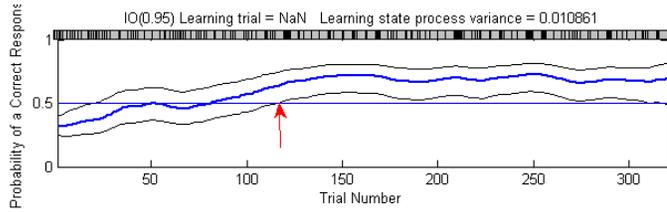


Figura 10. Curva individual de aprendizaje del niño CP4015Mkv. A. La flecha roja indica que en ensayo 224 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 63.20% y final de 71,60%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 18%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 34%.

A



B

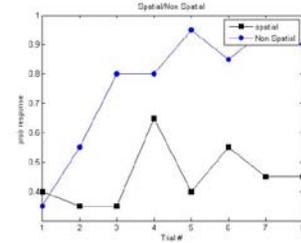
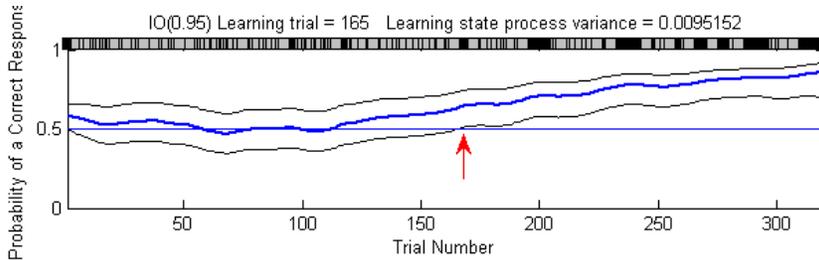


Figura 11. Curva individual de aprendizaje de la niña CP4019Fna. A. La flecha roja indica que en el ensayo 224 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 62,75% y final de 66,43%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa, muestra un rendimiento final de 18%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 36%.

A



B

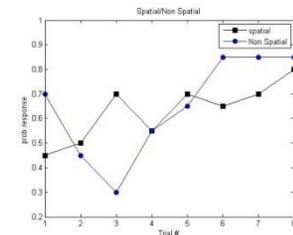
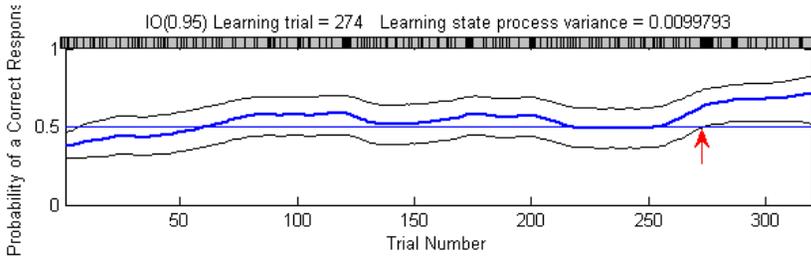


Figura 12. Curva individual de aprendizaje de la niña CS4013Fjg. A. La flecha roja indica que en ensayo 117 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 64,29% y final de 67,74%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 18%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 34%.

A



B

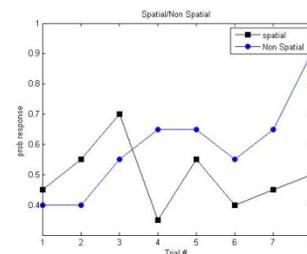


Figura 13: Curva individual de aprendizaje de la niña CS4017Fjm. La flecha roja indica que en ensayo 165 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 63,37% y final de 82,32%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 21%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 42%.

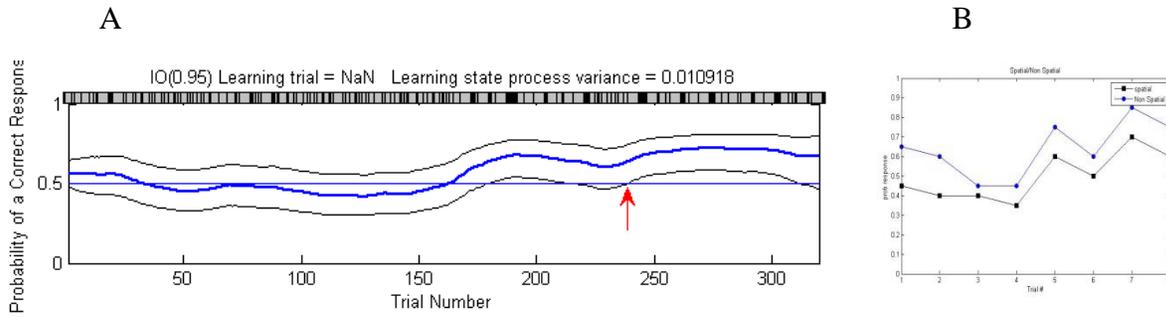


Figura 14: Curva individual de aprendizaje del niño CS8005Mcm. La flecha roja indica que en ensayo 274 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 63.96% y final de 66,67%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 77.5%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 47.5%

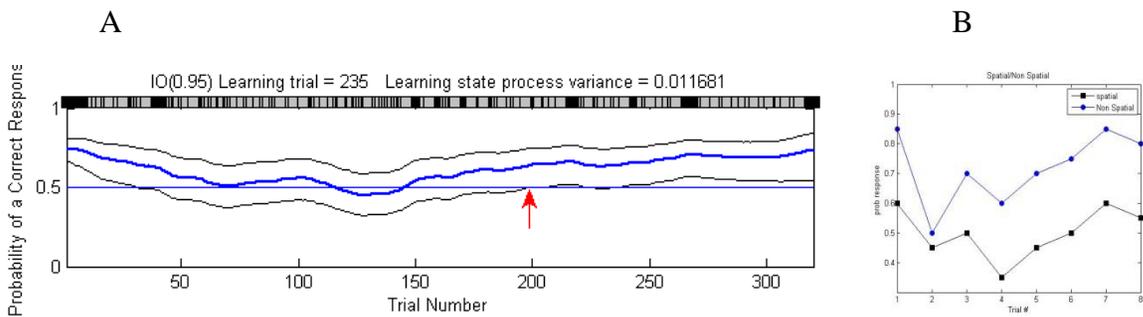


Figura 15: Curva individual de aprendizaje del niño CS8008Mdc. A. La flecha roja indica que en el ensayo 239 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 64.26% y final de 71,70%. B. La curva azul de rendimiento por regla asociativa, muestra un rendimiento final de 19%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 36%.

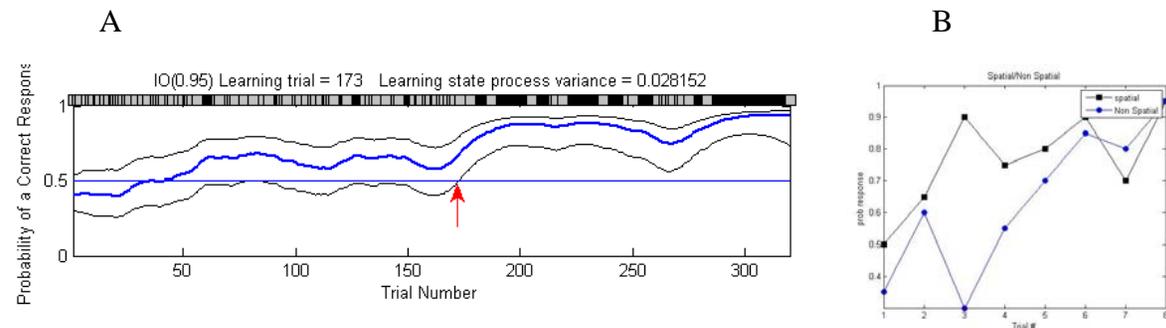


Figura 16: Curva individual de aprendizaje del niño CS8010Mft A. La flecha roja indica que en ensayo 199 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 64.37% y final de 69,79%. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 18%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 35%.

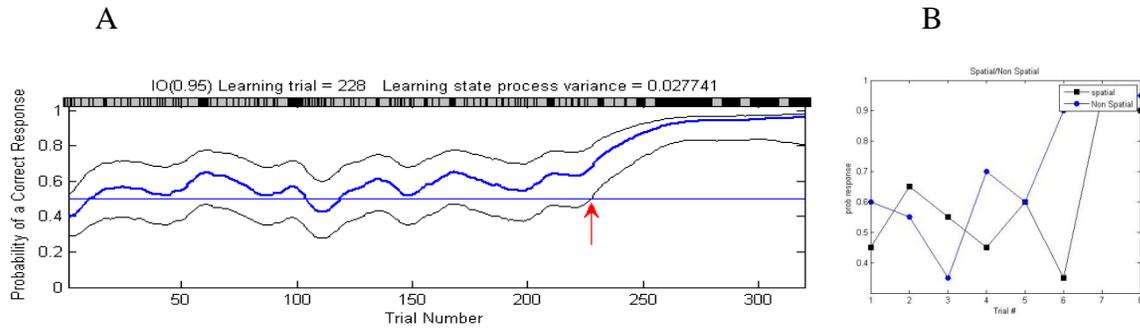


Figura 17: Curva individual de aprendizaje de la niña CS8011Ffc. A. La flecha roja indica que en ensayo 173 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 68.40% y final de 88,04%. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 26%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 47%.

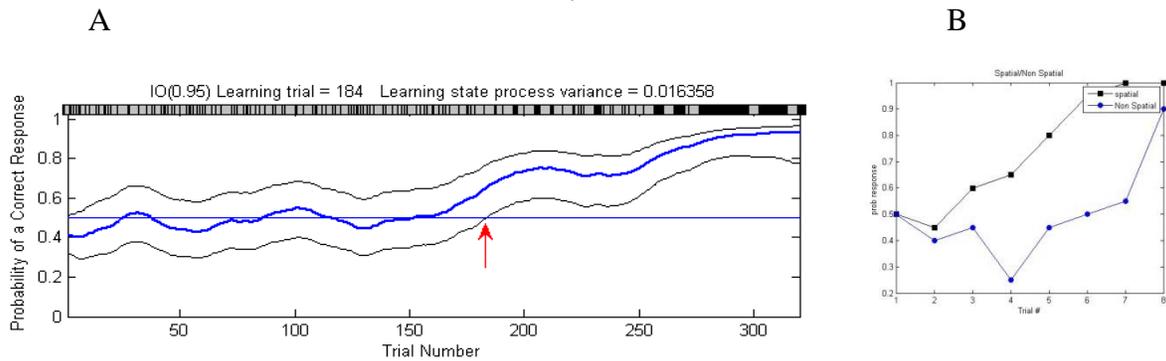


Figura 18: Curva individual de aprendizaje del niño CS8019Mls. A. La flecha roja indica que en ensayo 228 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 68.61% y final de 94,46%. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 24%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 48%

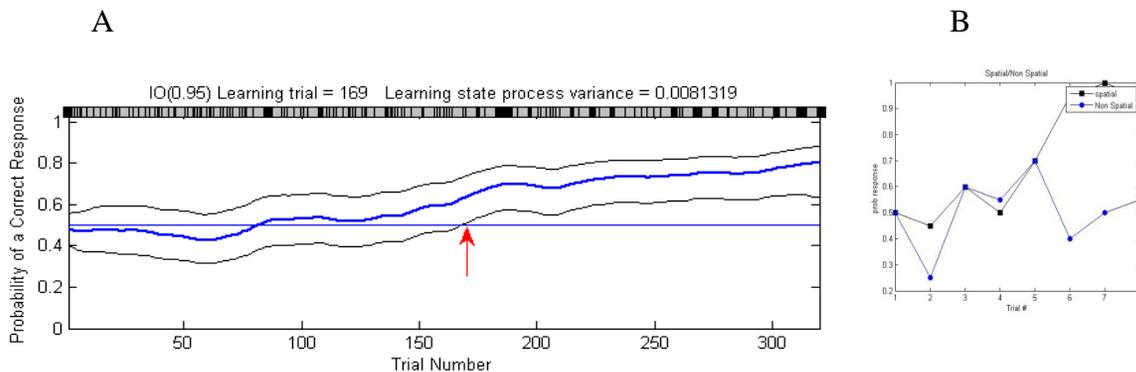


Figura 19: Curva individual de aprendizaje del niño CS8031Msu. A. La flecha roja indica que en ensayo 184 comienza a aprender, con un rendimiento inicial de 65.78% y final de 90,35%. La curva azul de rendimiento por regla asociativa muestra un rendimiento final de 24%, y la curva negra de rendimiento por regla espacial muestra un rendimiento final de 46%

- **b) Curvas sujetos que no aprenden**

A diferencia del comportamiento individual típico anteriormente descrito en los sujetos que aprenden, en los sujetos que no aprenden se encontraron curvas individuales diferentes (figuras 20 - 87) que grafican una probabilidad de respuesta correcta muy cercana al 50%. La curva p05 (curva central, a la izquierda) no supera el 50%, no alcanzando el nivel mínimo de aprendizaje a lo largo de toda la tarea. Se grafica el nivel de certeza en la curva a la derecha.

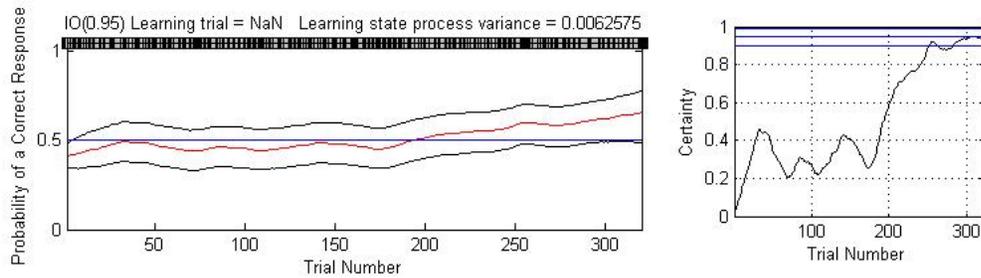


Figura 20: Curva individual del sujeto CS8018Mjv

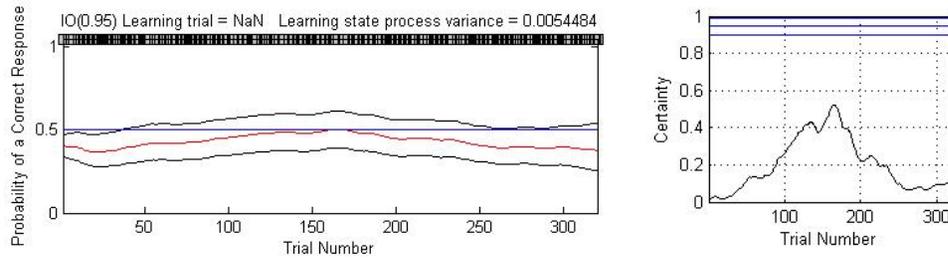


Figura 21: Curva individual del sujeto CS8001Fcv

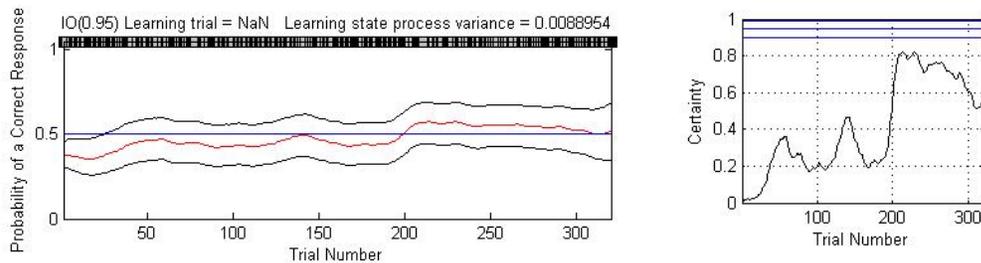


Figura 22: Curva individual del sujeto CS8002Mch

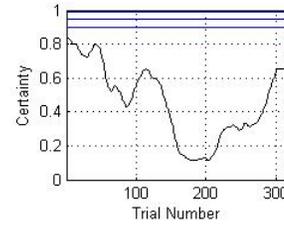
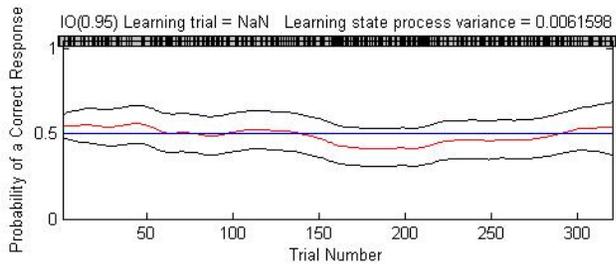


Figura 23: Curva individual del sujeto CS8003Fc

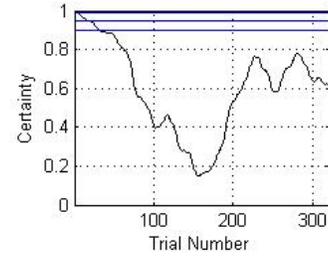
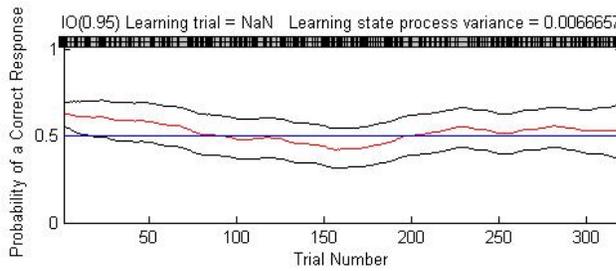


Figura 24: Curva individual del sujeto CS8004Fc

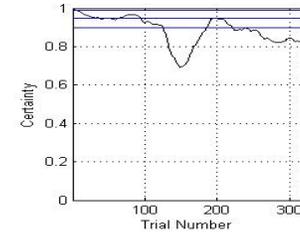
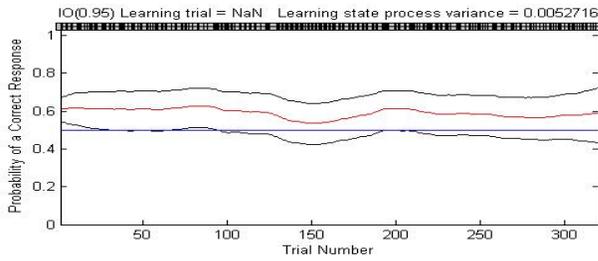


Figura 25: Curva individual del sujeto CS8006Mda

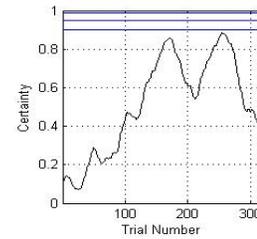
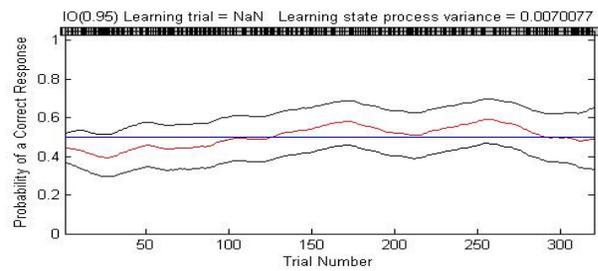


Figura 26: Curva individual del sujeto CS8007Fdz

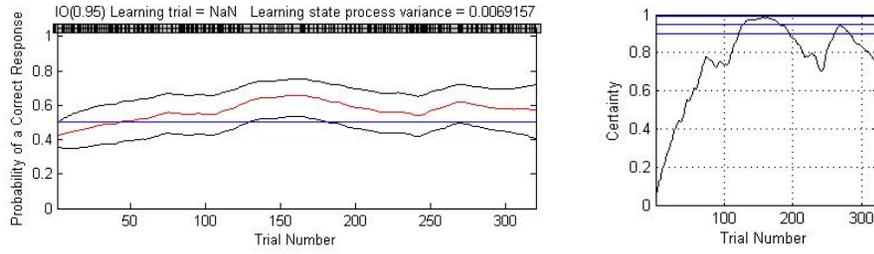


Figura 27: Curva individual del sujeto CS8009Mfl

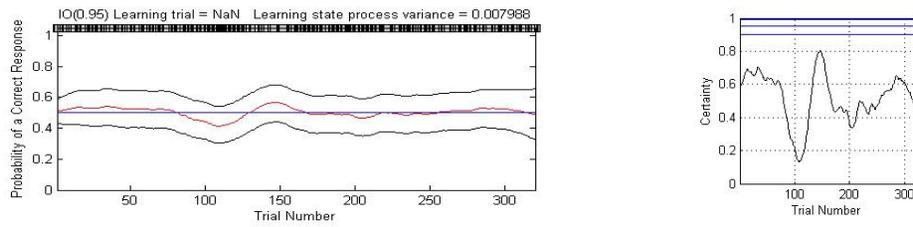


Figura 28: Curva individual del sujeto CS80012Fgc

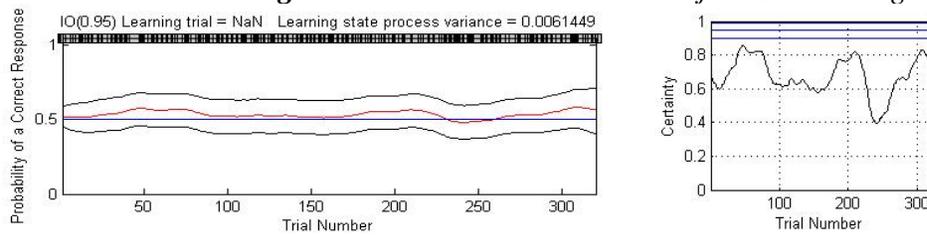


Figura 29: Curva individual del sujeto CS80013Fgg

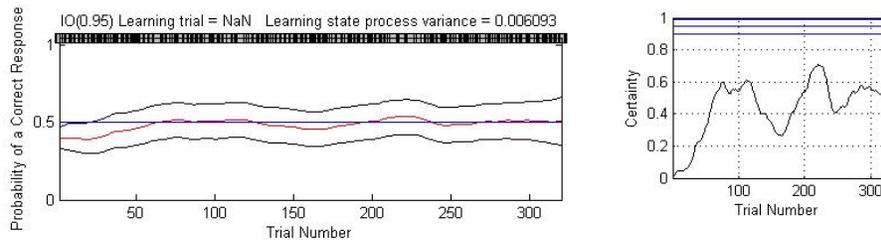


Figura 30: Curva individual del sujeto CS80014Fgu

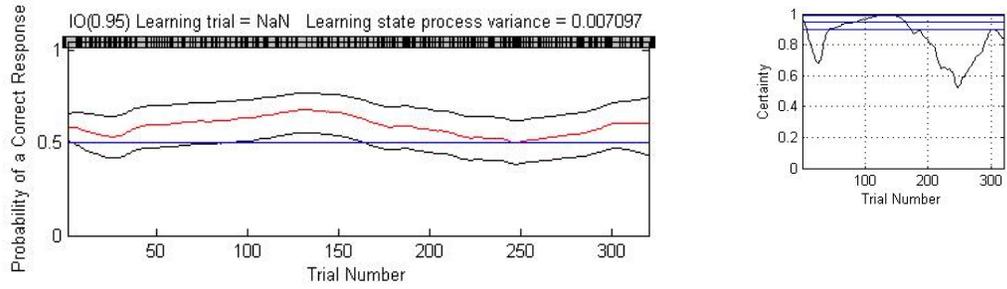


Figura 31: Curva individual del sujeto CS80015Fja

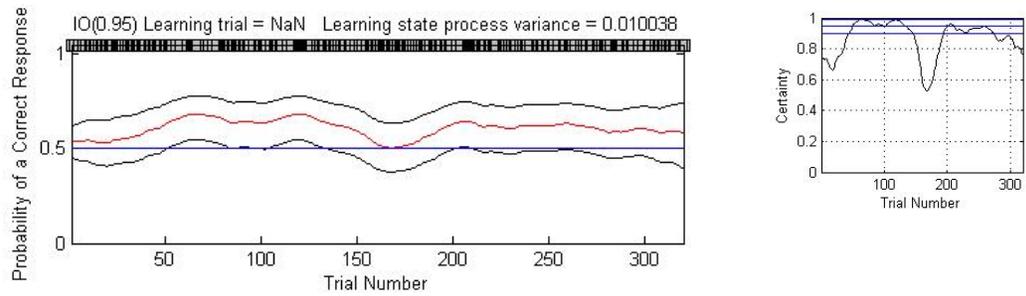


Figura 32: Curva individual del sujeto CS80016Fjo

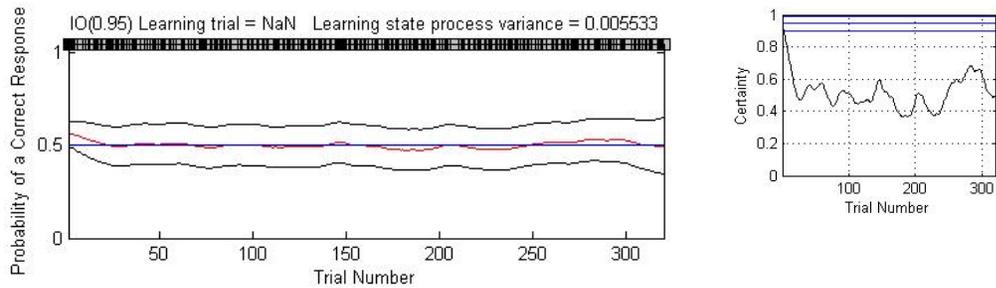


Figura 33: Curva individual del sujeto CS80017Mjt

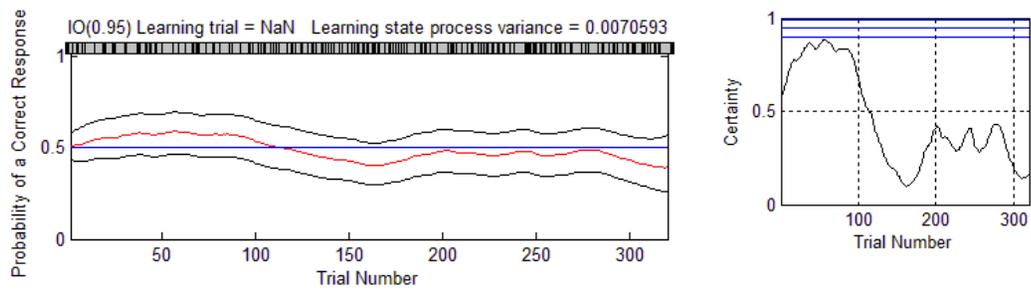


Figura 34: Curva individual del sujeto CP4009Mid

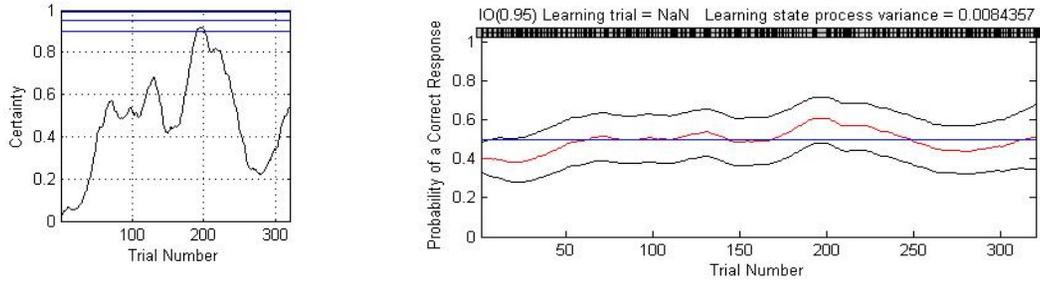


Figura 35: Curva individual del sujeto CS80020Mlr

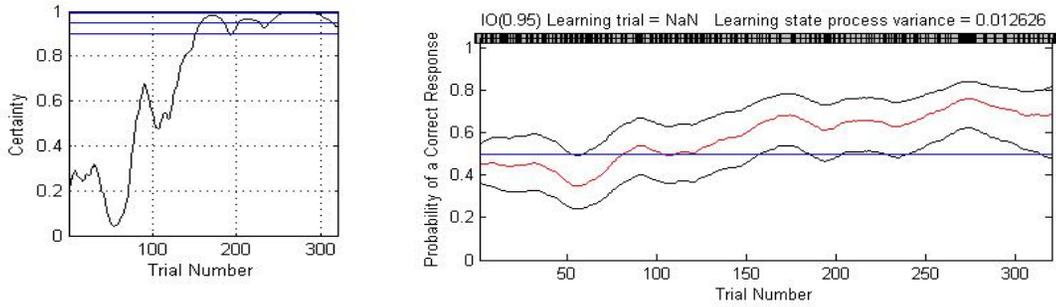


Figura 36: Curva individual del sujeto CS80021Mlf

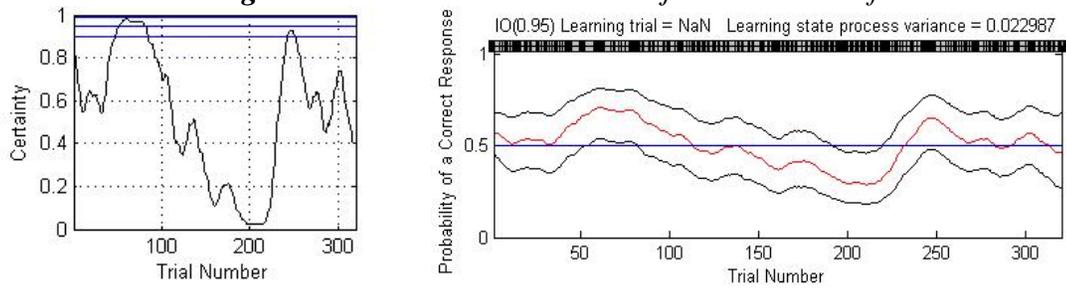


Figura 37: Curva individual del sujeto CS80022Fmc

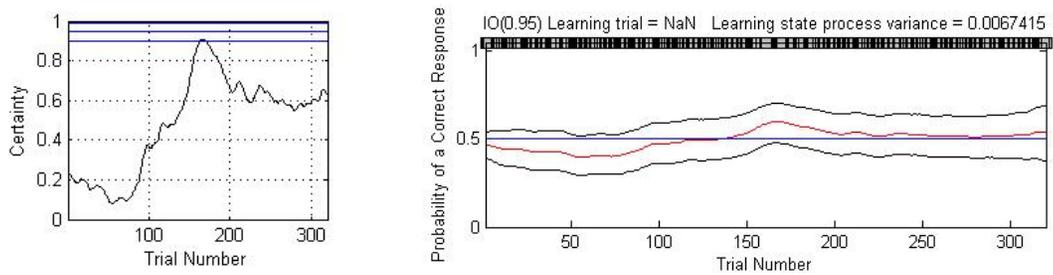


Figura 38: Curva individual del sujeto CS80023Fma

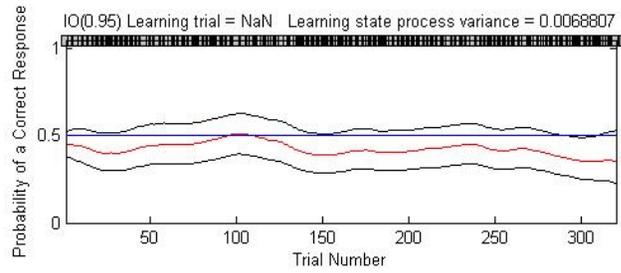
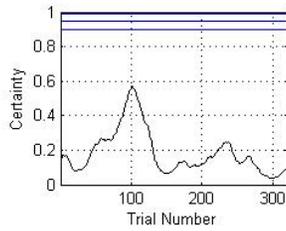


Figura 39: Curva individual del sujeto CS80024Fmp

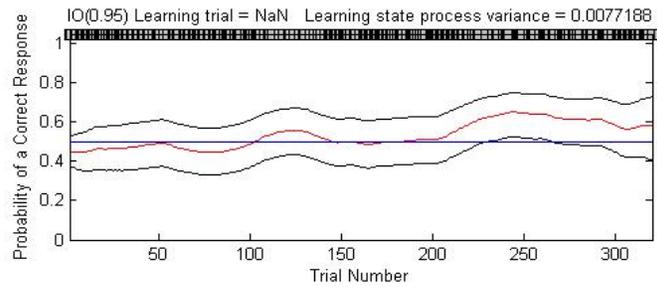
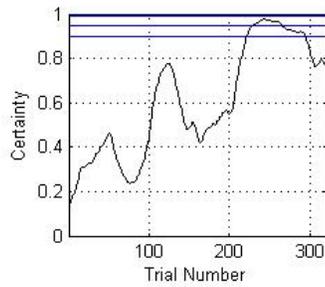


Figura 40: Curva individual del sujeto CS80025Mmg

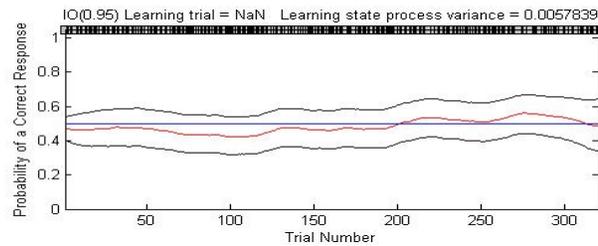
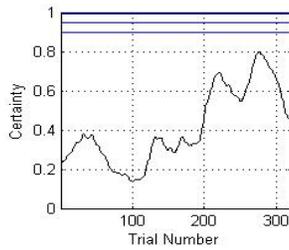


Figura 41: Curva individual del sujeto CS80026Mnc

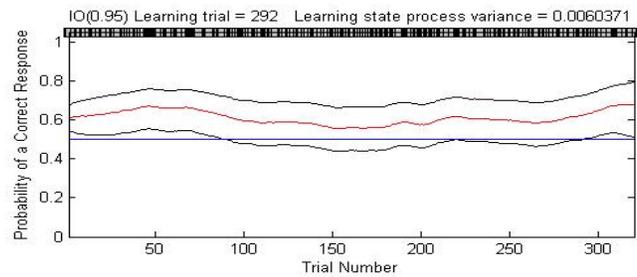
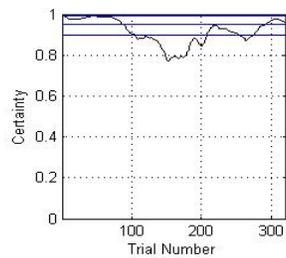


Figura 42: Curva individual del sujeto CS80027Mnf

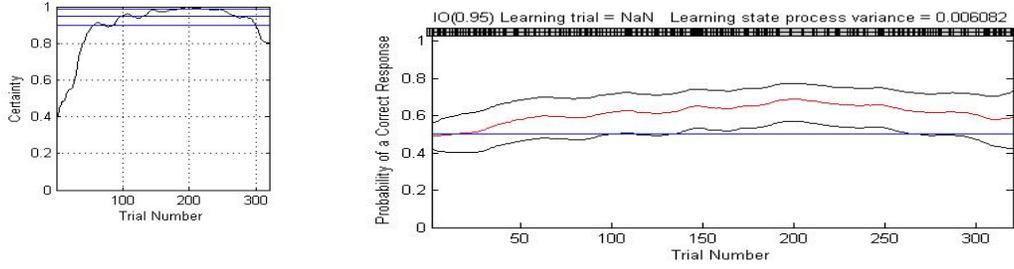


Figura 43: Curva individual del sujeto CS80028Mpg

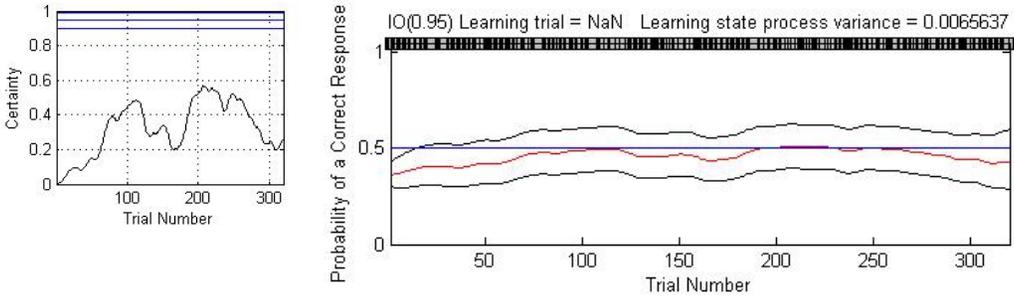


Figura 44: Curva individual del sujeto CS80029Fpg

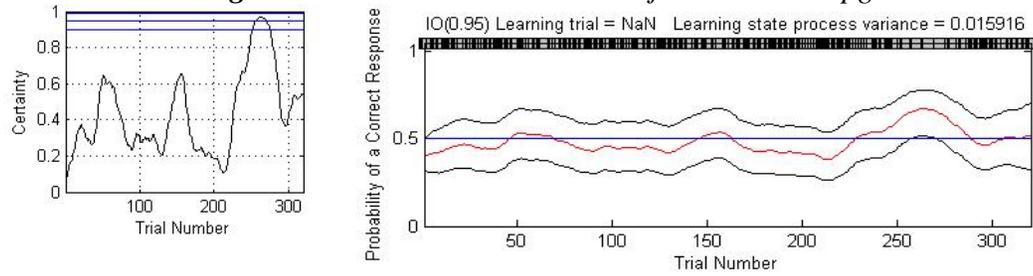


Figura 45: Curva individual del sujeto CS8030Fsc

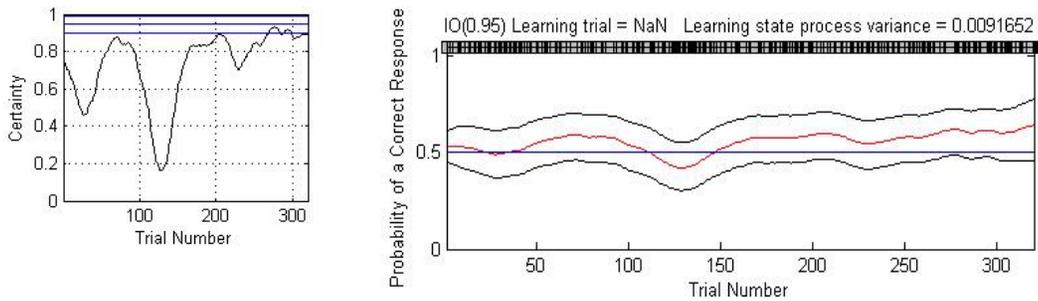


Figura 46: Curva individual del sujeto CP4001Fap

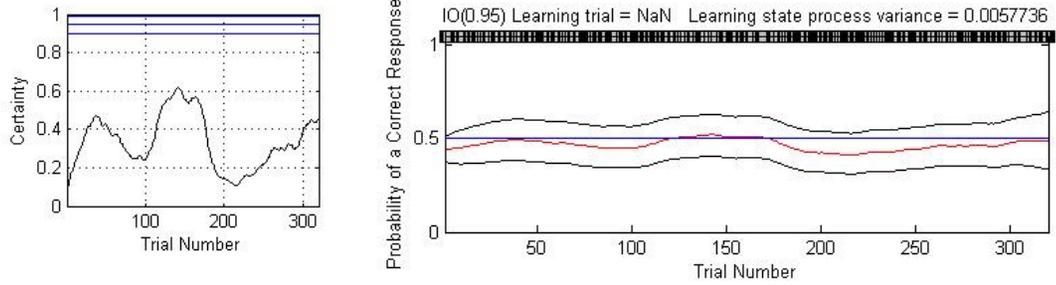


Figura 47: Curva individual del sujeto CP4002Fav

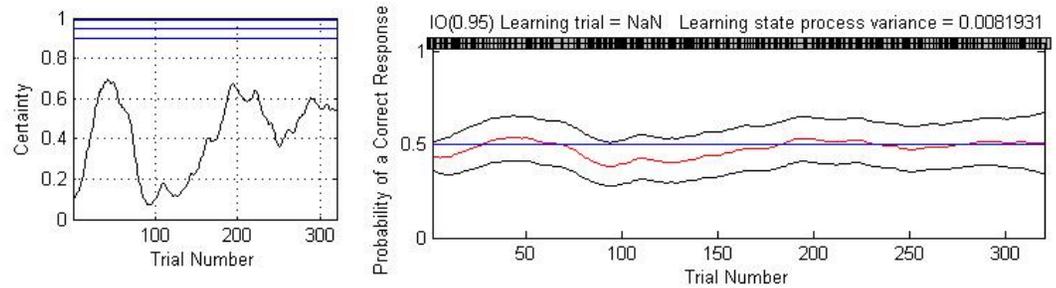


Figura 48: Curva individual del sujeto CP4003Fbc

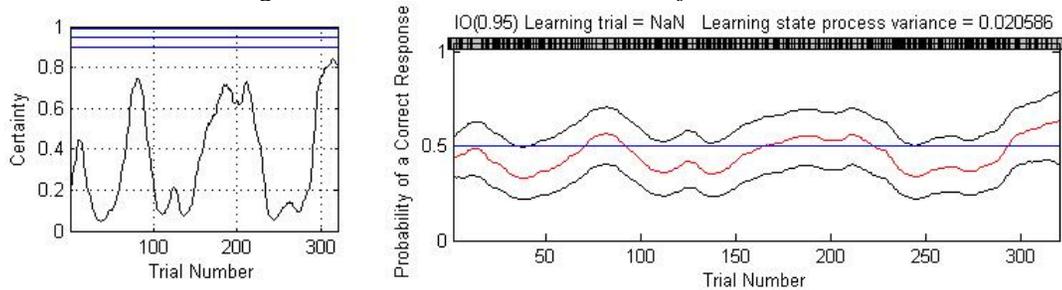


Figura 49: Curva individual del sujeto CP4004Fdc

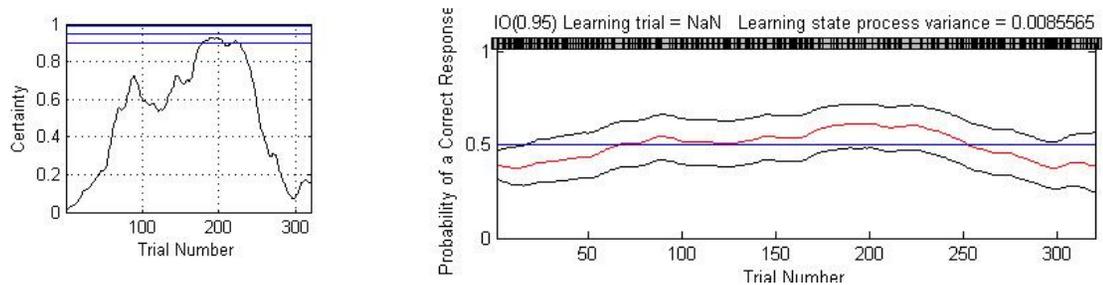


Figura 50: Curva individual del sujeto CP4006Ffg

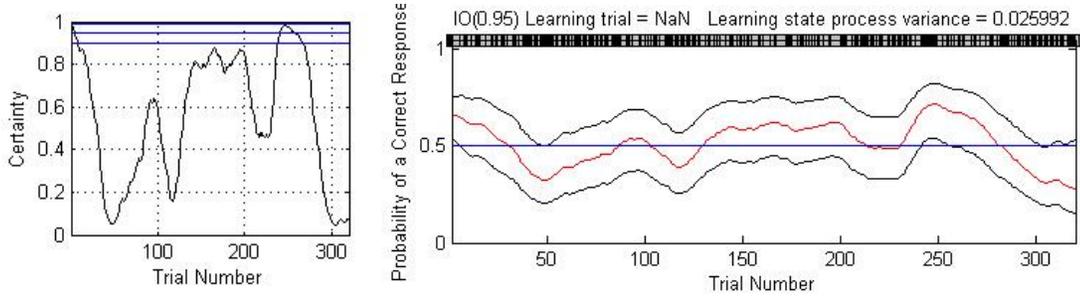


Figura 51: Curva individual del sujeto CP4007Fjb

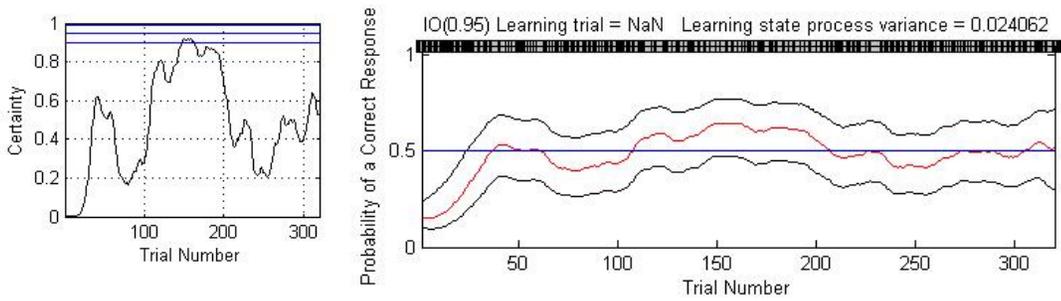


Figura 52: Curva individual del sujeto CP4012Fja

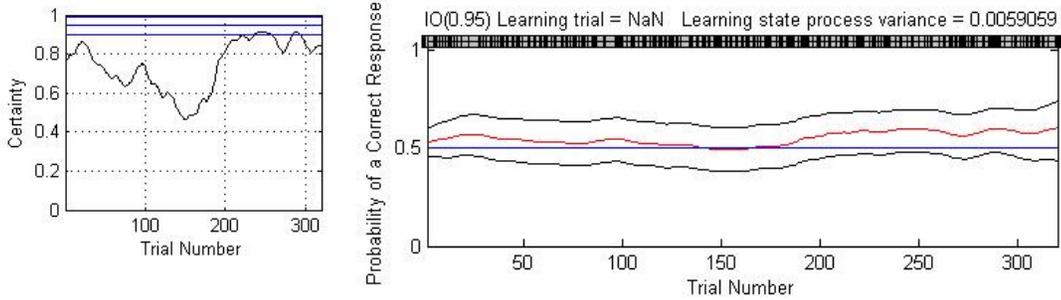


Figura53: Curva individual del sujeto CP4013Fjz

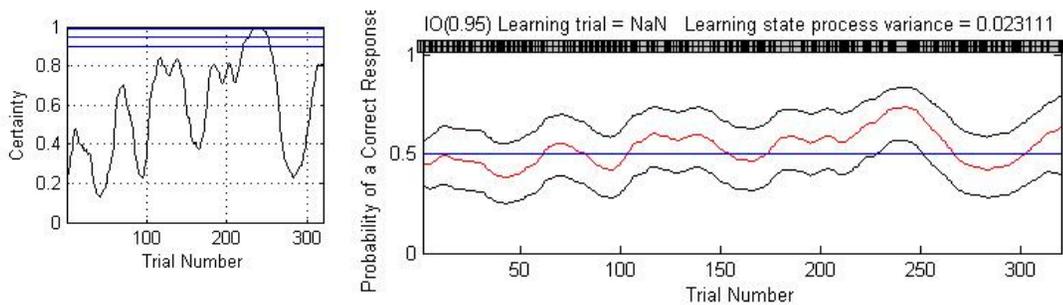


Figura 54: Curva individual del sujeto CP4014Fks

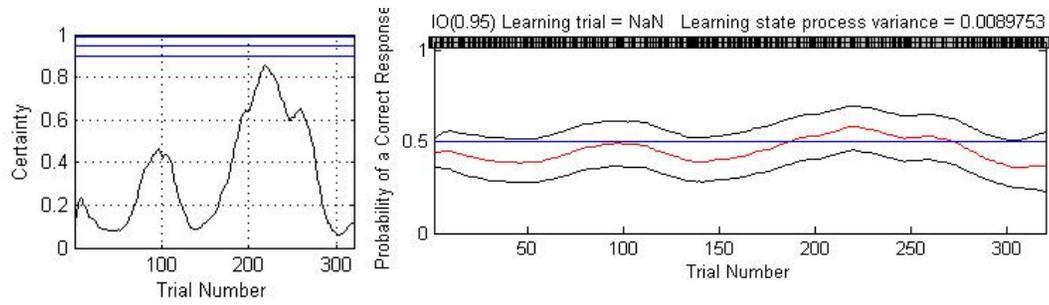


Figura 55: Curva individual del sujeto CP4016Mmp

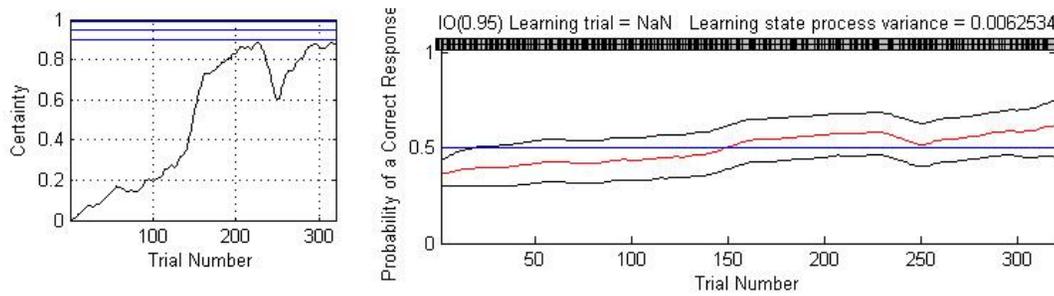


Figura 56: Curva individual del sujeto CP4017Mmr

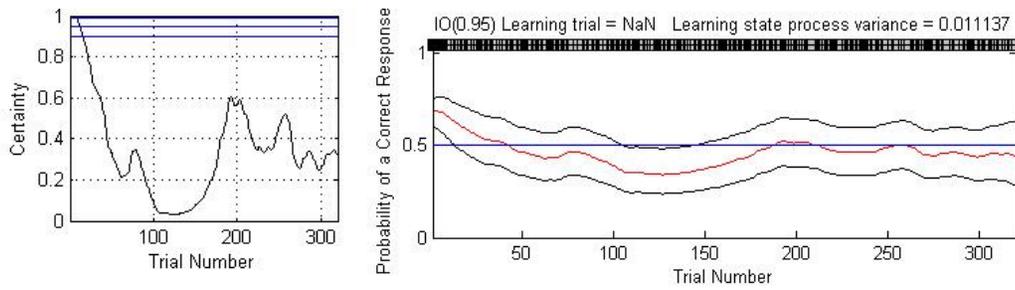


Figura 57: Curva individual del sujeto CP4018Fms

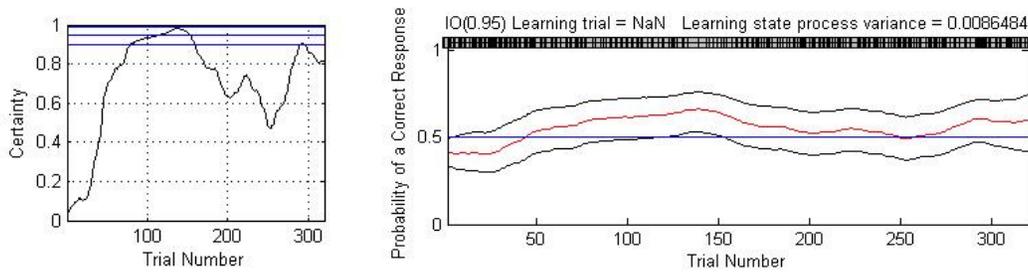


Figura 58: Curva individual del sujeto CP4020Msc

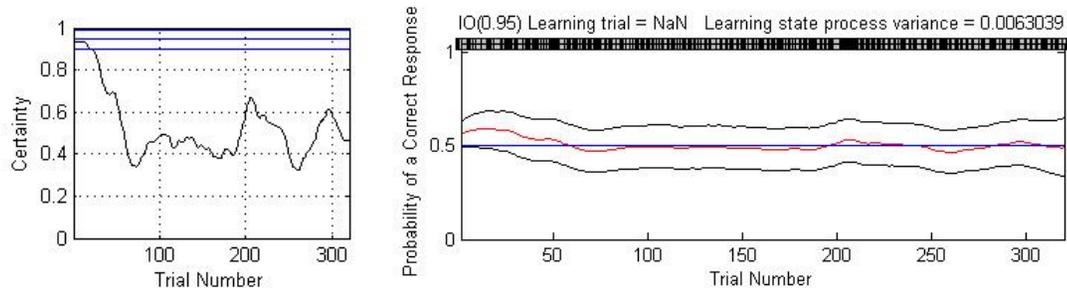


Figura 59: Curva individual del sujeto CP4021Fsl

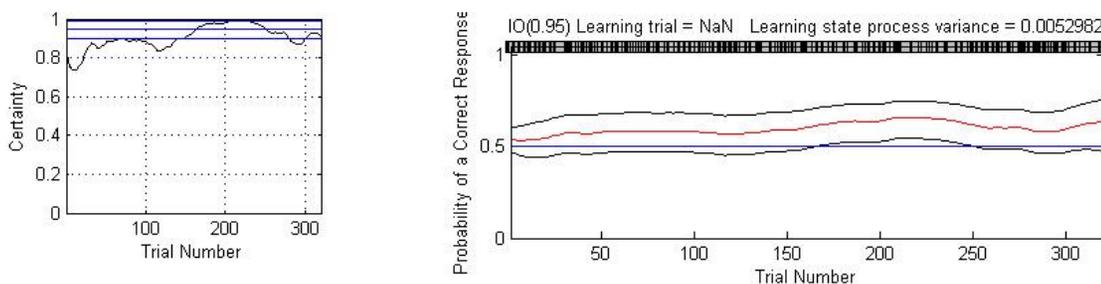


Figura 60: Curva individual del sujeto CP4022Fsp

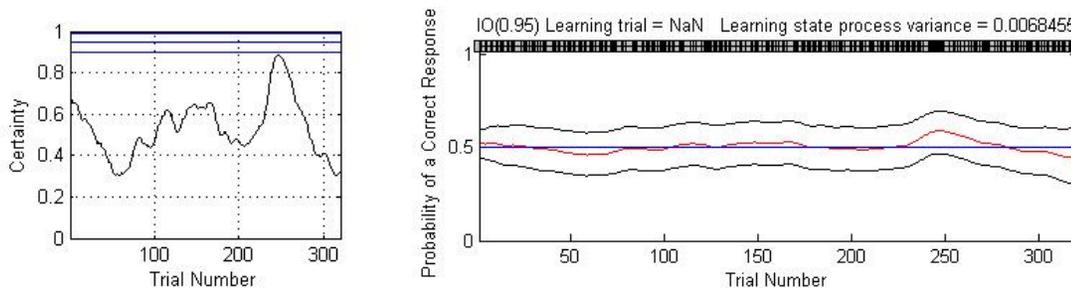


Figura 61: Curva individual del sujeto CP4023Mvn

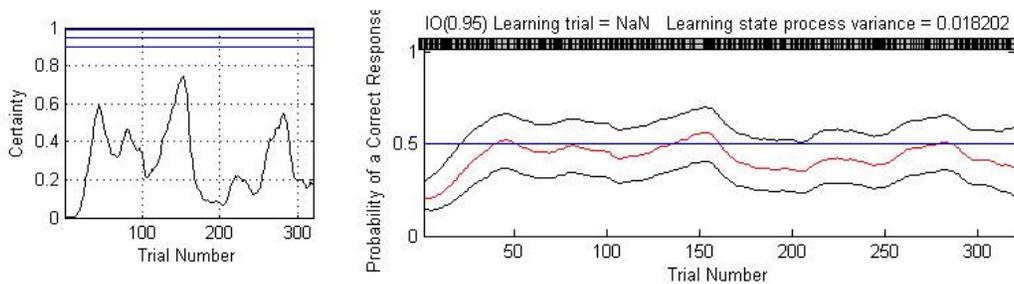


Figura 62: Curva individual del sujeto CS4001Map

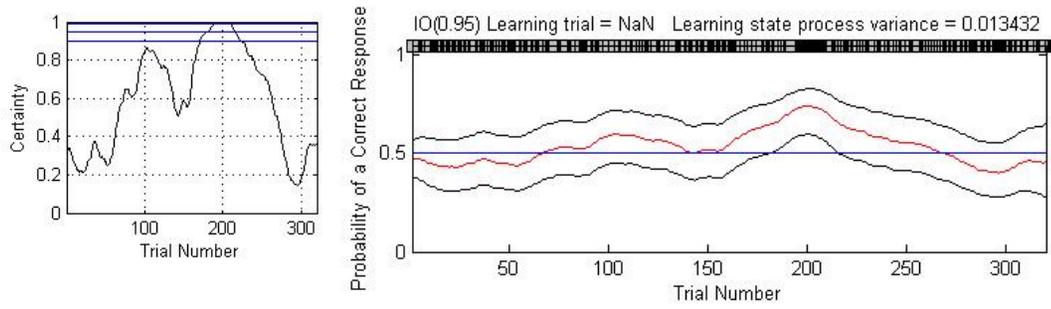


Figura 63: Curva individual del sujeto CS4002Mac

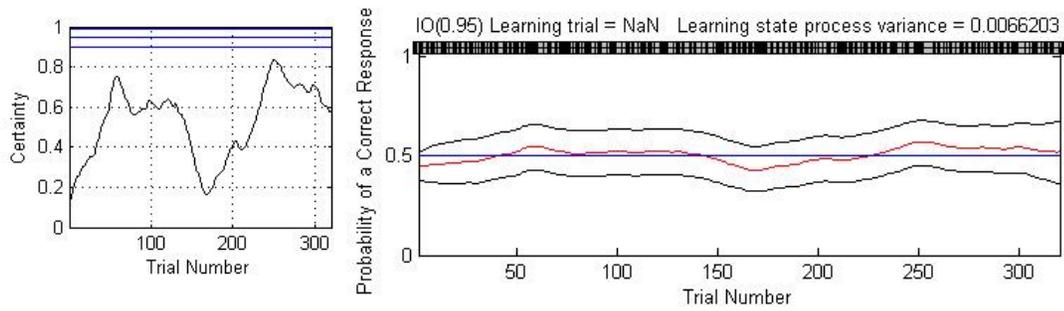


Figura 64: Curva individual del sujeto CS4003Mar

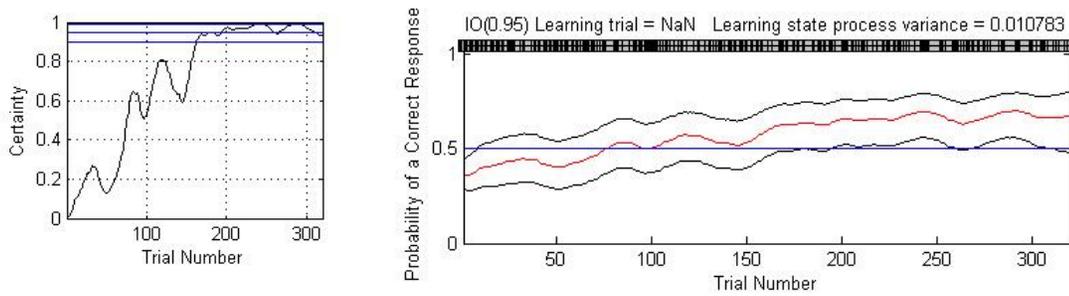


Figura 65: Curva individual del sujeto CS4004Mbj

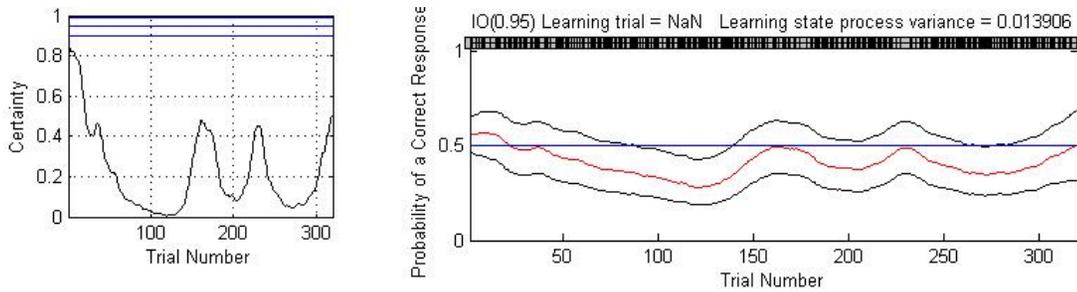


Figura 66: Curva individual del sujeto CS4005Fcj

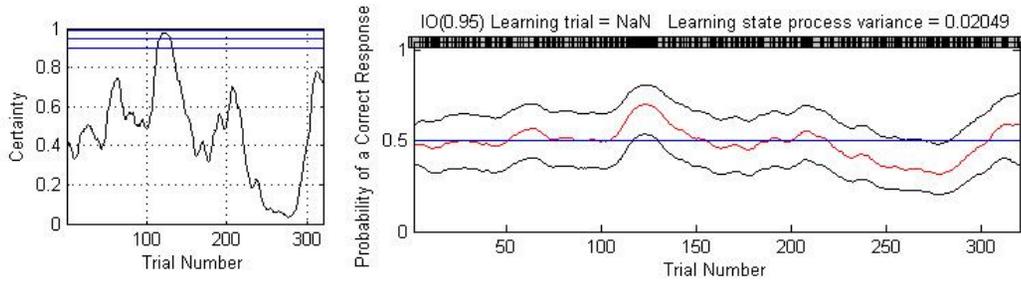


Figura 67: Curva individual del sujeto CS4006Mcb

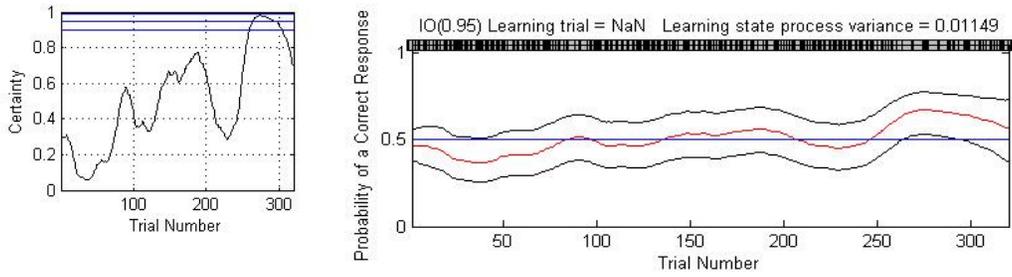


Figura 68: Curva individual del sujeto CS4007Mdr

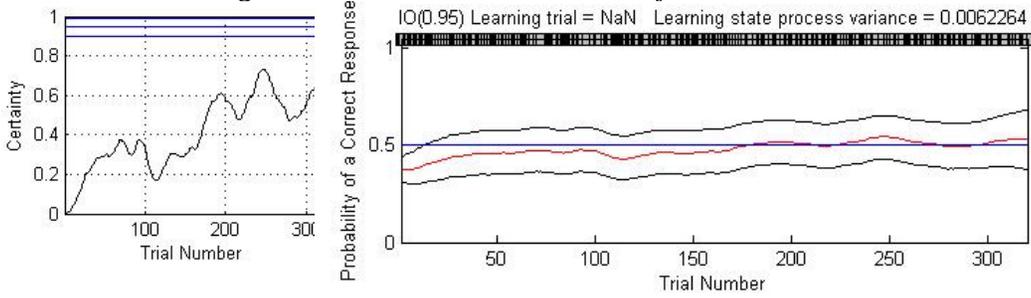


Figura 69: Curva individual del sujeto CS4008Fdc

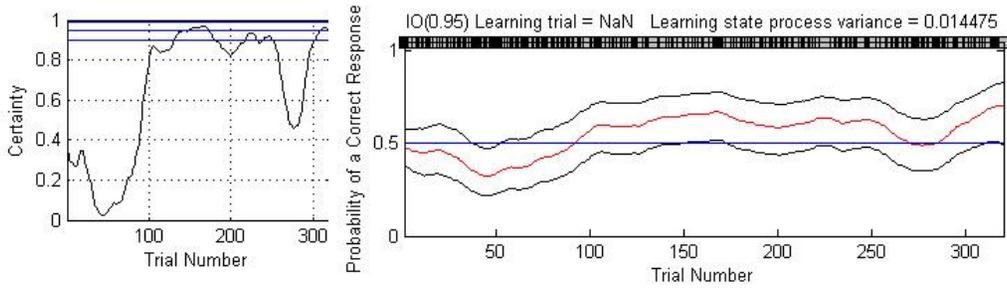


Figura 70: Curva individual del sujeto CS4009Mdv

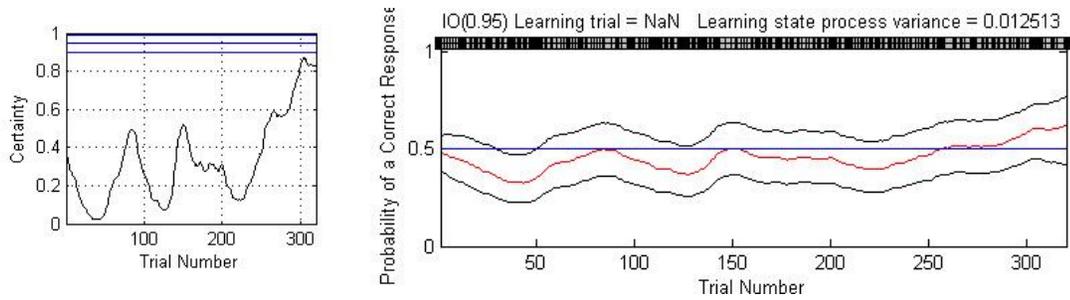


Figura 71: Curva individual del sujeto CS4010Mfp

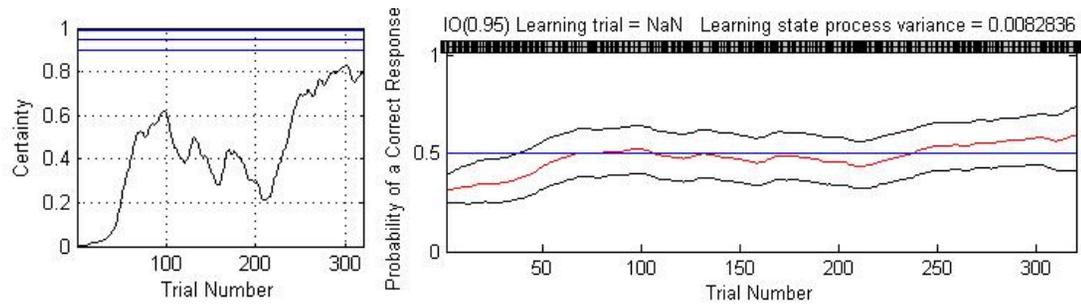


Figura 72: Curva individual del sujeto CS4011Mgg

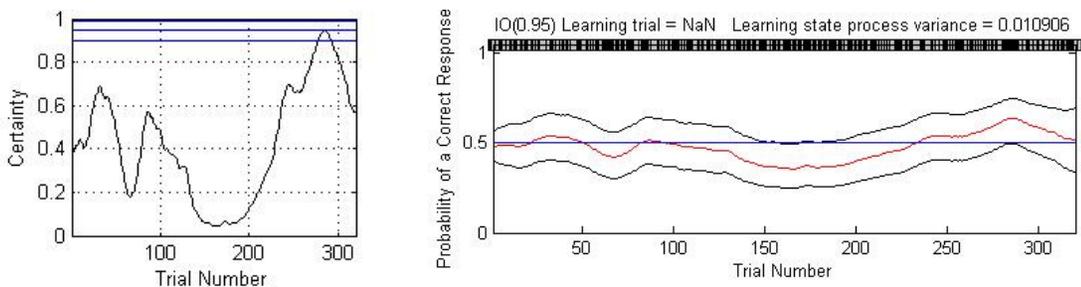


Figura 73: Curva individual del sujeto CS4012Mgl

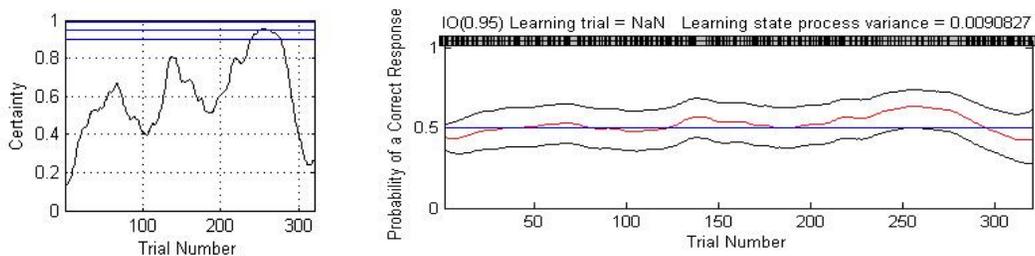


Figura 74: Curva individual del sujeto CS4014Fjv

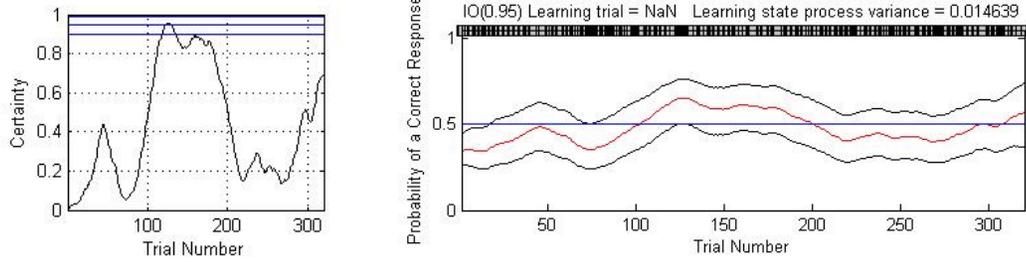


Figura 75: Curva individual del sujeto CS4015Mjf

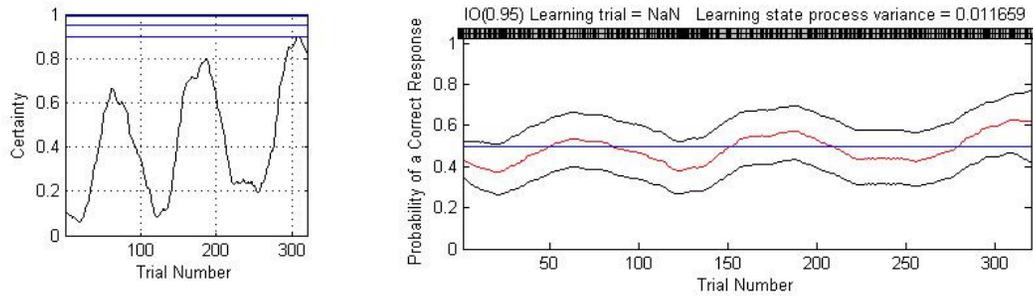


Figura 76: Curva individual del sujeto CS4016Mjh

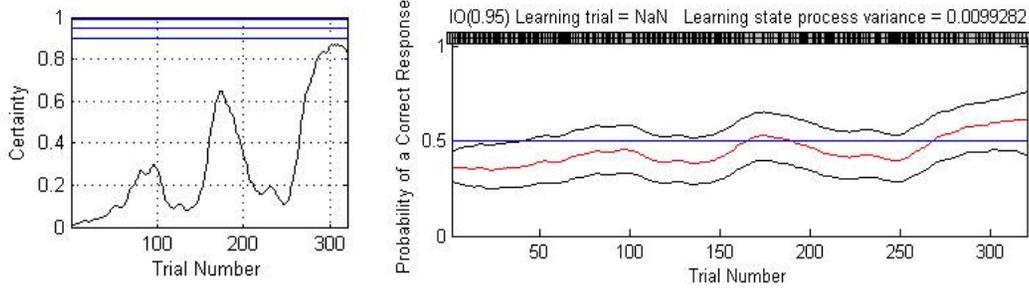


Figura 77: Curva individual del sujeto CS4018Mjc

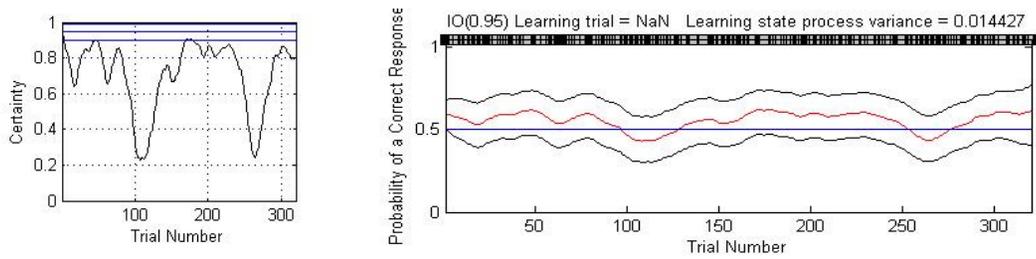


Figura 78: Curva individual del sujeto CS4019Fmg

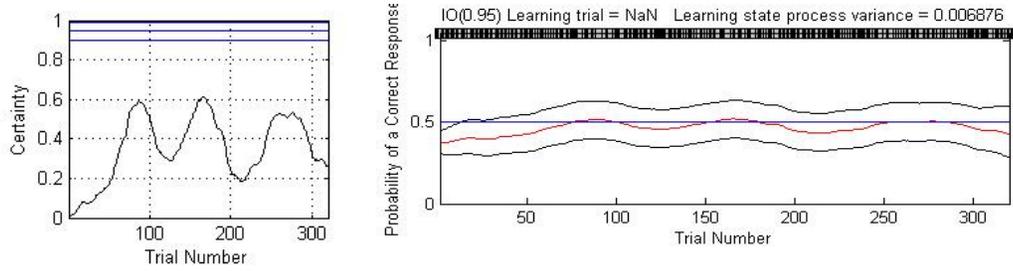


Figura 79: Curva individual del sujeto CS4020Fpp

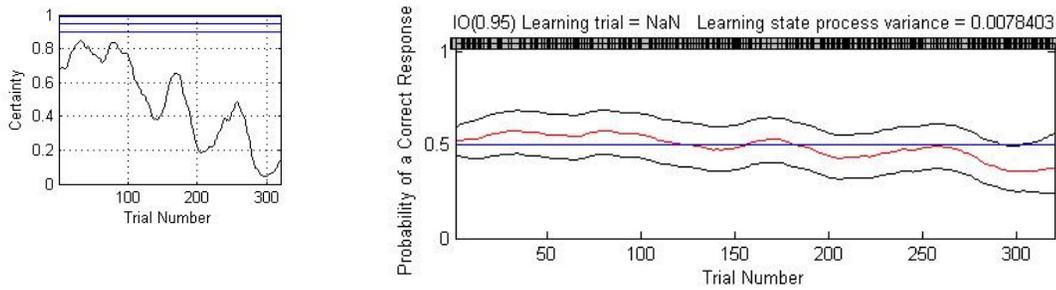


Figura 80: Curva individual del sujeto CS4021Fpb

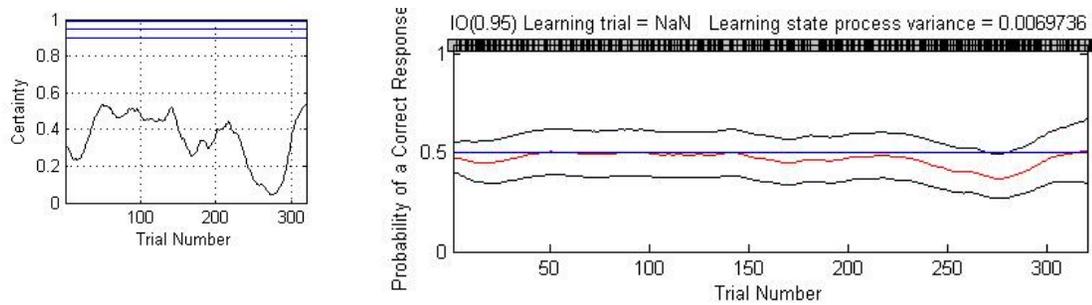


Figura 81: Curva individual del sujeto CS4022Msg

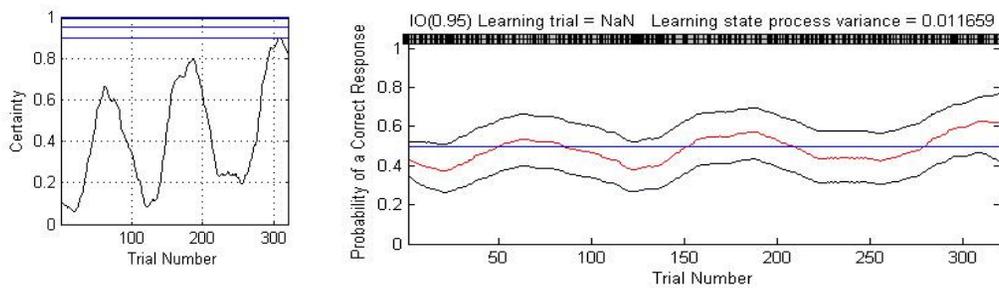


Figura 82: Curva individual del sujeto CS4023Fsn

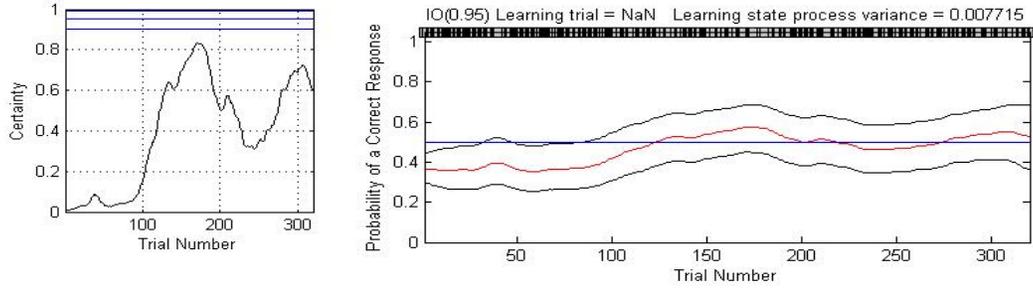


Figura 83: Curva individual del sujeto CS4024Fti

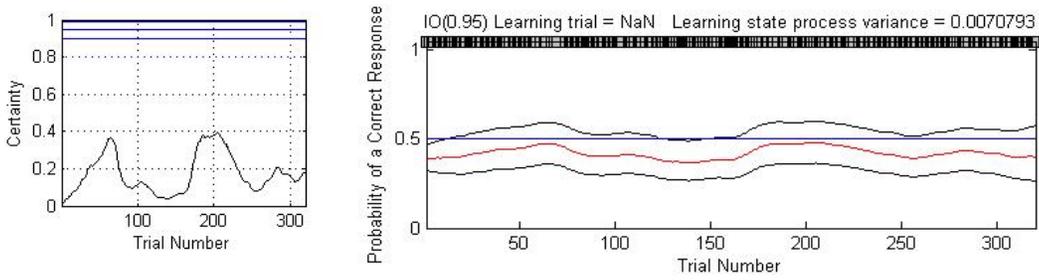


Figura 84: Curva individual del sujeto CS4025Ftv

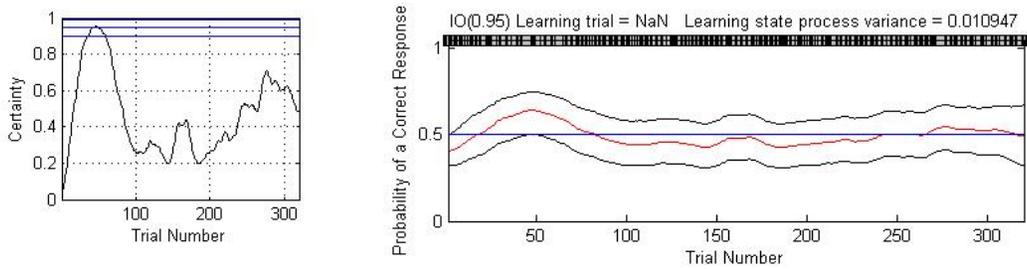


Figura 85: Curva individual del sujeto CS4026Mwg

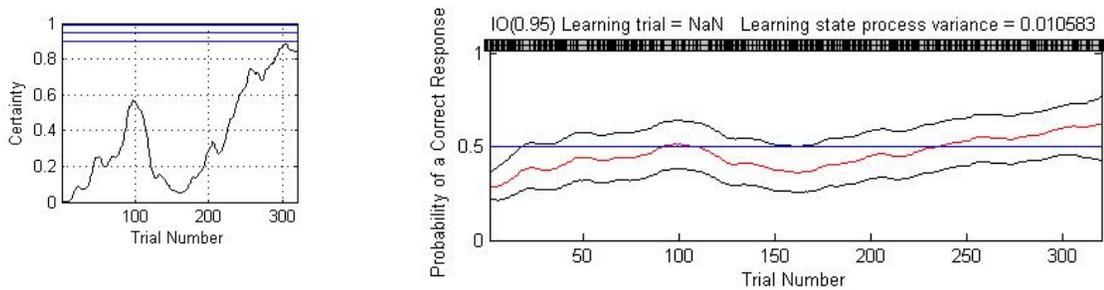


Figura 86: Curva individual del sujeto CS4027Fyj

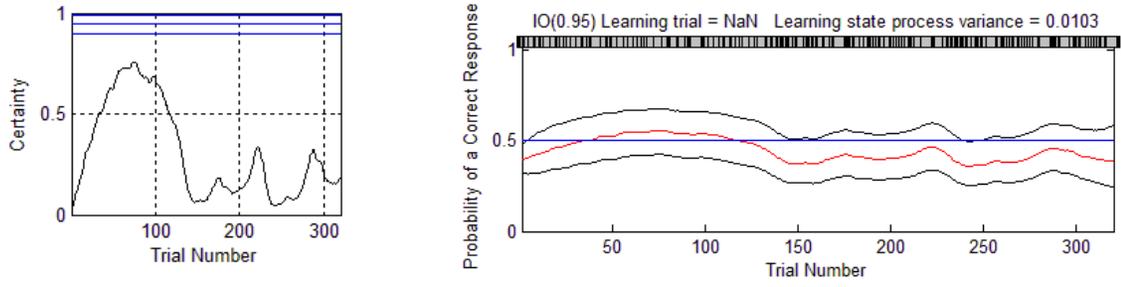


Figura 87: Curva individual del sujeto CP4010Fir

Apéndice 2.–Tablas de caracterización de la población de estudio

Tabla II: Caracterización de la población de estudio nivel educativo 8° básico

Sujeto (Figura)	NEdu	Sexo	Tcolegio	Edad	RendX	TrA	Rend(TrA)	TrMAX	RendMAX
1 CS88001Fcv (fig.21)	8	1	1CS	14	43.40%	NA	NA	NA	NA
2 CS88002Mch (fig.22)	8	0	1CS	14	47.80%	NA	NA	NA	NA
3 CS8003Fcs (fig.23)	8	1	1CS	14	49.10%	NA	NA	NA	NA
4 CS8004Fcs (fig.24)	8	1	1CS	14	52.20%	NA	NA	NA	NA
5 CS8005Mcm (fig.15)*	8	0	1CS	14	56.90%	239	64.26%	274	72.90%
6 CS8006Mda (fig.25)	8	0	1CS	13	58.80%	NA	NA	NA	NA
7 CS8007Fdz (fig.26)	8	1	1CS	14	50.30%	NA	NA	NA	NA
8 CS8008Mdc (fig.16)*	8	0	1CS	14	60.90%	199	64.37%	320	74.15%
9 CS8009Mfl (fig.27)	8	0	1CS	13	56.60%	129	NA	NA	NA
10 CS80010Mft (fig.17)*	8	0	1CS	13	70.30%	173	68.40%	315	94.49%
11 CS80011Ffc (fig.18)*	8	1	1CS	13	65.60%	228	68.61%	274	93.96%
12 CS80012Fgc (fig.28)	8	1	1CS	14	50.30%	NA	NA	NA	NA
13 CS80013Fgg (fig.29)	8	1	1CS	14	53.40%	NA	NA	NA	NA
14 CS80014Fgu (fig.30)	8	1	1CS	13	48.80%	NA	NA	NA	NA
15 CS80015Fja (fig.31)	8	1	1CS	14	58.80%	88	62.45%	132	68.04%
16 CS80016Fjo (fig.32)	8	1	1CS	13	60.30%	NA	NA	NA	NA
17 CS80017Mjt (fig.33)	8	0	1CS	14	50.30%	NA	NA	NA	NA
18 CS80018Mjv (fig.9)	8	0	1CS	14	50.90%	NA	NA	NA	NA
19 CS80019Mls (fig.19)*	8	0	1CS	13	62.20%	184	65.78%	320	93.39%
20 CS80020Mlr (fig.35)	8	0	1CS	14	49.40%	NA	NA	NA	NA
21 CS80021Mlf (fig.36)	8	0	1CS	14	57.80%	158	NA	NA	NA
22 CS80022Fmc (fig.37)	8	1	1CS	14	50.90%	52	NA	NA	NA
23 CS80023Fma (fig.38)	8	1	1CS	13	49.70%	NA	NA	NA	NA
24 CS80024Fmp (fig.39)	8	1	1CS	13	43.10%	NA	NA	NA	NA
25 CS80025Mmg (fig.40)	8	0	1CS	14	53.10%	230	NA	NA	NA
26 CS80026Mnc (fig.41)	8	0	1CS	13	49.70%	NA	NA	NA	NA
27 CS80027Mnf (fig.42)	8	0	1CS	14	60.60%	292	NA	NA	NA
28 CS80028Mpg (fig.43)	8	0	1CS	13	60.90%	133	NA	NA	NA
29 CS80029Fpg (fig.44)	8	1	1CS	14	46.20%	NA	NA	NA	NA
30 CS80030Fsc (fig.45)	8	1	1CS	14	48.80%	NA	NA	NA	NA
31 CS80031Msu (fig.20)*	8	0	1CS	14	60.60%	169	63.21%	320	80.25%
32 CS80032Mwr (fig.4)*	8	0	1CS	14	96.20%	NA	80.07%	259	93.15%
Mínimo				13	41.60%	88	62.45%	132	68.04%
Máximo				14	96.20%	292	80.07%	320	94.49%
Moda				14	48.80%	NA	NA	NA	NA
Mediana				14	50.90%	NA	NA	NA	NA

Tabla III: Caracterización de la población de estudio nivel educativo 4° básico

Sujeto (Figura)	NEdu	Sexo	Tcolegio	Edad	RendX	TrA	Rend(TrA)	TrMAX	RendMAX
1 CP4001Fap (fig.46)	4	1	2CP	10	55.30%	NA	NA	NA	NA
2 CP4002Fav (fig.47)	4	1	2CP	10	46.90%	NA	NA	NA	NA
3 CP4003Fbc (fig.48)	4	1	2CP	9	48.10%	NA	NA	NA	NA
4 CP4004Fdc (fig.49)	4	1	2CP	6	45.60%	NA	NA	NA	NA
5 CP4005Fdp (fig.2)*	4	0	2CP	10	61.90%	157	64.42%	239	72.69%
6 CP4006Ffg (fig.50)	4	0	2CP	9	50.00%	NA	NA	NA	NA
7 CP4007Ffb (fig.51)	4	1	2CP	10	51.90%	241	NA	NA	NA
8 CP4008Fif (fig.3)*	4	1	2CP	10	63.80%	214	66.73%	320	95.27%
9 CP4009Mid (fig.34)	4	0	2CP	9	49.40%	NA	NA	NA	NA
10 CP4010Fir (fig.87)	4	1	2CP	10	45.00%	NA	NA	NA	NA
11 CP4011Fjh (fig.10)*	4	1	2CP	10	58.10%	198	63.20%	320	73.62%
12 CP4012Fja (fig.52)	4	1	2CP	10	48.80%	NA	NA	NA	NA
13 CP4013Fjz (fig.53)	4	1	2CP	9	55.60%	NA	NA	NA	NA
14 CP4014Fks (fig.54)	4	1	2CP	10	53.40%	228	NA	NA	NA
15 CP4015Mkv (fig.11)*	4	0	2CP	10	58.10%	224	62.75%	262	70.94%
16 CP4016Mmp (fig.55)	4	0	2CP	10	45.90%	NA	NA	NA	NA
17 CP4017Mmr (fig.56)	4	0	2CP	10	50.00%	NA	NA	NA	NA
18 CP4018Fms (fig.57)	4	1	2CP	10	46.60%	NA	NA	NA	NA
19 CP4019Fna (fig.12)*	4	1	2CP	9	60.90%	117	64.29%	249	73.40%
20 CP4020Msc (fig.58)	4	0	2CP	9	55.30%	116	NA	NA	NA
21 CP4021Fsl (fig.59)	4	1	2CP	10	50.60%	165	NA	NA	NA
22 CP4022Fsp (fig.60)	4	1	2CP	9	60.00%	NA	NA	NA	NA
23 CP4023Mvn (fig.61)	4	0	2CP	9	50.60%	NA	NA	NA	NA
24 CS4001Map (fig.62)	4	0	1CS	9	48.80%	NA	NA	NA	NA
25 CS4002Mac (fig.63)	4	0	1CS	9	53.40%	182	NA	NA	NA
26 CS4003Mar (fig.64)	4	0	1CS	10	50.90%	NA	NA	NA	NA
27 CS4004Mbq (fig.65)	4	0	1CS	10	56.90%	195	NA	NA	NA
28 CS4005Fcj (fig.66)	4	1	1CS	10	41.60%	NA	NA	NA	NA
29 CS4006Mcb (fig.67)	4	0	1CS	9	49.10%	117	NA	NA	NA
30 C4S007Mdr (fig.68)	4	0	1CS	10	50.90%	264	NA	NA	NA
31 CS4008Fdc (fig.69)	4	1	1CS	10	48.10%	NA	NA	NA	NA
32 CS4009Mdv (fig.70)	4	0	1CS	11	54.70%	NA	NA	NA	NA
33 CS4010Mfp (fig.71)	4	0	1CS	9	45.60%	NA	NA	NA	NA
34 CS4011Mgg (fig.72)	4	0	1CS	10	48.10%	NA	NA	NA	NA
35 CS4012Mgl (fig.73)	4	0	1CS	10	48.40%	NA	NA	NA	NA
36 CS4013Fjg (fig.13)*	4	1	1CS	9	64.10%	165	63.37%	320	86.20%
37 CS4014Fjv (fig.74)	4	1	1CS	10	52.50%	NA	NA	NA	NA
38 CS4015Mjf (fig.75)	4	0	1CS	9	48.10%	NA	NA	NA	NA
39 CS4016Mjh (fig.76)	4	0	1CS	11	48.40%	NA	NA	NA	NA
40 CS4017Fjm (fig.14)*	4	1	1CS	9	54.40%	274	NA	NA	NA

41	CS4018Mjc (fig.77)	4	0	ICS	10	45.60%	NA	NA	NA	NA
42	CS4019Fmg (fig.78)	4	1	ICS	9	55.30%	NA	NA	NA	NA
43	CS4020Fpp (fig.79)	4	1	ICS	9	46.90%	NA	NA	NA	NA
44	CS4021Fpb (fig.80)	4	1	ICS	9	49.40%	NA	NA	NA	NA
45	CS4022Mmsg (fig.81)	4	0	ICS	10	47.50%	NA	NA	NA	NA
46	CS4023Fsn (fig.82)	4	1	ICS	10	46.90%	NA	NA	NA	NA
47	CS4024Fti (fig.83)	4	1	ICS	10	46.90%	NA	NA	NA	NA
48	CS4025Ftv (fig.84)	4	1	ICS	11	42.50%	NA	NA	NA	NA
49	CS4026Mwg (fig.85)	4	0	ICS	9	49.70%	NA	NA	NA	NA
50	CS4027Fyj (fig.86)	4	1	ICS	11	46.20%	NA	NA	NA	NA
Mínimo					9	41.60%	116	62.75%	239	70.94%
Máximo					11	64.10%	274	66.73%	320	95.27%
Moda					10	48.80%	NA	NA	NA	NA
Mediana					10	49.55%	NA	NA	NA	NA

NEdu: nivel educativo del sujeto; **Sexo:** sexo del sujeto (0=masculino, 1=femenino); **Edad:** edad del sujeto; **TColegio:** tipo de colegio (1=NSE medio-bajo, 2=NSE alto); **RendX:** rendimiento promedio en los 320 “trials”; **TrA:** ensayo en que inicia aprendizaje (NA: no aprende); **Rend(TrA):** rendimiento en TrA; **TrMAX:** ensayo en que llega a máximo aprendizaje; **RendMAX:** rendimiento en TrMAX.
 Los sujetos destacados con asterisco (*) aprendieron.