



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Caracterización de las Estrategias de Aprendizaje de una Tarea Espacial en el Laberinto Circular de Barnes

Laura Elena Amaya Durán

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Psicología
Bogotá, Colombia
2018

Caracterización de las Estrategias de Aprendizaje de una Tarea Espacial en el Laberinto Circular de Barnes

Laura Elena Amaya Durán

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Psicología

Directora:

M.Sc., Ph.D. Marisol Lamprea

Línea de Investigación:

Psicología básica y experimental, sublínea: Efectos del estrés sobre el aprendizaje con modelos experimentales.

Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Psicología

Bogotá, Colombia

2018

A mi hermano Nelson a quien admiro profundamente, por su invaluable ayuda y asesoría, porque este logro es parcialmente suyo. A mi esposo Daniel, por ser una inagotable fuente de paciencia y cariño, por su compañía y apoyo; y por confiar en mis capacidades cuando yo he dudado de ellas. A mi papá Nelson por el patrocinio y a mi mamá Luz Esperanza por hacerme barra incansablemente. Finalmente, a mi gran amiga María Elvira, por su apoyo técnico y emocional, absolutos.

Resumen

La navegación, aprendizaje y memoria espacial son componentes de la memoria que han sido ampliamente estudiados en animales, ya que la comprensión de los mecanismos biológicos y sistemas de memoria subyacentes puede llevar a explicaciones integrales y al desarrollo de tratamientos de déficits mnésicos en humanos. En el presente estudio se buscó describir y modelar de manera robusta, mediante la utilización del software BUNS (Barnes maze Unbiased Strategy Classification) (Illouz, et. al., 2016) los tipos de estrategia de navegación y aprendizaje de una tarea espacial que despliegan 50 ratas Wistar machos, entrenadas durante 16 ensayos en el Laberinto circular de Barnes. Se encontró que para este tipo de protocolo de entrenamiento, se utilizan estrategias predominantemente espaciales. Se halló también que la eficiencia en el aprendizaje de esta tarea implica la identificación de una ubicación cercana a la meta, como lo demuestra el despliegue de estrategias corregidas.

Palabras clave: navegación espacial, aprendizaje espacial, memoria espacial, sistemas de memoria, estrategias de navegación, egocéntrico, allocéntrico.

Abstract

Spatial navigation, learning and memory are different but complementary components of memory that have been widely studied in animals. Understanding the biological mechanisms and memory systems that underlie these components may result in a better understanding and development of treatments for humans suffering from mnesic deficits. This study sought the description and robust modeling, using the BUNS (Barnes maze Unbiased Strategy Classification) software (Illouz, et. al., 2016) of the types of learning strategy used by 50 Wistar male rats, when trained in the Barnes circular maze over 16 trials. It was found that, for this particular protocol of training, the strategies predominantly displayed by the subjects were spatial strategies. Apparently, the efficiency in learning this task involves the identification of a nearby to the scape goal location, rather than a specific one, as showed by the use of Corrected strategies over direct ones.

Key words: spatial navigation, spatial learning, spatial memory, memory systems, spatial navigation and learning strategies, egocentric, allocentric

Contenido

Resumen	V
Lista de figuras	VIII
Lista de tablas	IX
Introducción	1
1. Antecedentes	3
1.1 Antecedentes teóricos	3
1.1.1 Aprendizaje y memoria.....	3
1.1.2 Modelos de clasificación de la memoria	3
1.2 Navegación, aprendizaje y memoria espacial	12
1.2.1 Navegación	12
1.2.2 Aprendizaje y memoria espacial.....	14
1.2.3 Estrategias de aprendizaje de tareas espaciales.....	14
1.3 Antecedentes empíricos	18
2. Objetivos	23
2.1 General.....	23
2.2 Específicos	23
3. Método	25
3.1 Sujetos	25
3.2 Variables.....	25
3.2.1 Independientes.....	25
3.2.2 Dependiente.....	26
3.3 Diseño	26
3.4 Instrumentos y procedimientos	27
3.4.1 Protocolo comportamental: entrenamiento en el Laberinto Circular de Barnes 27	
3.5 Procesamiento de datos	29
3.5.1 Análisis de la información.....	30
3.5.2 Análisis estadístico.....	30
3.6 Consideraciones Éticas	33
4. Resultados	35
4.1 Descriptivos	35
4.2 Resultados de modelo de regresión logística ordenada panel (xtologit).....	37
4.3 Resultados del modelo de regresión multinomial logística (mlogit)	43
5. Discusión	51
6. Referencias	¡Error! Marcador no definido.
7. Anexos	76

Lista de figuras

Figura 1 Laberinto circular de Barnes. A. Vista superior del Laberinto circular de Barnes, en donde se observa la ubicación de los dieciocho agujeros del laberinto (0 a -1). Se destaca la ubicación del agujero meta (agujero 0, en gris oscuro) por debajo del cual....29

Figura 2 Ejemplo de estrategias empleadas por roedores en el Laberinto de Barnes, organizadas desde muy espaciales (arriba a la izquierda) hasta no espaciales (abajo-derecha): Direct, Corrected, Long Correction, Focused Search y Random. Tomado de (Illouz et al.30

Figura 3 Proporción de utilización de las diferentes estrategias, en cada uno de los ensayos.....36

Figura 4 Despliegue de estrategias de cada sujeto37

Figura 5 Probabilidad estimada de uso de cada estrategia según modelo xtologit40

Figura 6 Probabilidad de despliegue de las estrategias espaciales, A) Focused search, B) Long correction, C) Corrected y D) Direct.42

Figura 7 Probabilidad de despliegue de las estrategias no espaciales A) Random, B) Serial.....42

Figura 8 Probabilidad del cambio de estrategia Random=1 a Focused search+Long correction (cognitive score=0.5) para cada ensayo de entrenamiento.* indica $p < 0.01$ 45

Lista de tablas

Tabla 1 Frecuencia de Despliegue de Estrategias en Cada Uno de los 16 Ensayos de Entrenamiento en el Laberinto de Barnes.....	35
Tabla 2 Coeficientes de Estimación de Regresión ordenada logística simple y panel	38
Tabla 3. Cálculo de la probabilidad de cambio ordenado entre estrategias	39
Tabla 4 Coeficientes de la Estimación modelo multinomial logístico.....	44
Tabla 5 . Probabilidad de despliegue de estrategias dependiendo del origen del animal.	46
Tabla 6 Cálculo de la probabilidad de cambio ordenado entre estrategias	47
Tabla 7 Cálculo de la probabilidad de cambio ordenado entre estrategias	47
Tabla 8 Coeficientes de Estimación de Regresión ordenada logística simple y panel para el grupo de origen INS.....	48

Introducción

La memoria como función cognitiva, está compuesta por procesos diversos y complejos, tanto en sus componentes comportamentales como en los mecanismos biológicos que los subyacen. Dada esta diversidad, la memoria ha sido un tema de interés para una amplia gama de disciplinas, dentro de las cuales se resaltan la psicología, la biología y más recientemente la neurociencia. Ahora bien, la neurociencia comportamental – disciplina en la que se enmarca el presente proyecto- utiliza modelos humanos y animales para el estudio de la memoria y el aprendizaje, teniendo los últimos la gran ventaja de permitir mayor control ambiental, de variables, y de procedimientos experimentales (Vorhees y Williams, 2014; Carrillo-Mora, Giordano y Santamaría, 2009; Baudonnat, Guillou, Husson, Vandesquille, Corio, Decorte y David, 2011; Sweatt, 2010)

Maniobrar de manera eficiente y segura en el ambiente, es una función de supervivencia de primordial importancia en muchas especies. Para conseguirlo, los organismos dependen de habilidades de navegación espacial (algunas muy primitivas, otras más hábiles), que median el aprendizaje de ubicaciones relevantes, información que se codifica en diferentes sistemas de memoria. La información saliente se codifica, tanto en ratas como en humanos, por sistemas de memoria similares. Para la codificación de una ubicación se pueden utilizar principalmente dos tipos de navegación (que a lo largo de la historia han cobrado diferentes nombres, sobre lo que se elabora más adelante), una que utiliza claves distales y otra que depende del uso de los propios movimientos del sujeto o claves proximales (Vorhees y Williams, 2014).

Los mecanismos biológicos que subyacen estos tipos de aprendizaje parecen depender de redes neurales similares, tanto en humanos como en roedores. Por ejemplo, como se explica más adelante, el mismo sistema que media el aprendizaje espacial en roedores, parece estar implicado en procesos no solo de orientación espacial en humanos, sino también en funciones de memoria semántica y episódica también (Vorhees y Williams, 2014). Es así que esta primera parte del texto pretende exponer los antecedentes teóricos, con su respectiva evidencia empírica, que permiten estudiar las estrategias de navegación y aprendizaje que despliegan ratas al resolver diferentes tareas de tipo espacial.

La estructura y uso de la memoria es central para el conocimiento del pasado, la interpretación del presente y la predicción del futuro. Por lo tanto, la comprensión de aspectos tanto estructurales como funcionales de los sistemas de memoria, incluyendo la forma como se aprende la información, resulta de gran importancia.

Ritchie, Aeschliman, y Pierce (1950), Hicks (1964), Packard (1996; 1999); Chang y Gold (2003), Gardner y colaboradores (2013) encuentran de manera consistente que existe una variación en las estrategias de aprendizaje de tareas espaciales, conforme aumenta la extensión del entrenamiento (sobrentrenamiento), cambio que se caracteriza por variar de una estrategia de tipo espacial a una basada en estímulo-respuesta.

No obstante, Kealy y colaboradores (2008) describen que en sus experimentos este fenómeno no se ha evidenciado, ni cuando se eliminan las claves distales, ni cuando se entrena extensamente una tarea.

1. Antecedentes

1.1 Antecedentes teóricos

1.1.1 Aprendizaje y memoria

Carlson (2005) define el término aprendizaje como “el proceso mediante el cual las experiencias modifican nuestro sistema nervioso y, por lo tanto, nuestra conducta” (p.455). En el mismo orden de ideas, Sweatt (2010) afirma que a pesar de que el concepto de aprendizaje no es fácil de definir, se puede entender como la adquisición de una respuesta comportamental diferenciada luego de tener contacto con algún estímulo ambiental, en otras palabras, es “cuando un animal cambia su patrón de conducta en respuesta a la experiencia” (p.4) siendo cambio la palabra clave en esta definición, ya que el aprendizaje representa una variación en una respuesta con respecto a una previa. Tomando las anteriores definiciones como punto de partida, Carlson (2005) menciona que a estos cambios en el patrón de comportamiento se les llama recuerdos; y Sweatt (2010) complementa definiendo la memoria como “el almacenamiento de un ítem aprendido, que por supuesto debe estar sujeto a ser recordado” (p. 4).

Adicionalmente vale la pena resaltar que Sweatt (2010) especifica que cualquier recuerdo –en cualquier tipo de memoria- está compuesto por tres elementos: aprendizaje –o adquisición-, almacenamiento –o retención-; y recobro –o evocación-; siendo en este caso el primer elemento y sus mecanismos lo que interesan.

1.1.2 Modelos de clasificación de la memoria

Carrillo-Mora, Giordano y Santamaría (2009) afirman que la memoria no es una función cerebral simple, motivo por el cual parece más apropiado tratar de comprenderla en términos de sistemas de memoria, que dependiendo de la tarea, pueden competir, cooperar o actuar en paralelo (Baudonnat, Guillou, Husson, Vandesquille, Corio, Decorte, y David, 2011).

La forma como se han estudiado estos sistemas de memoria es mediante la inactivación farmacológica de áreas implicadas en uno u otro sistema (ver antecedentes empíricos). Y así, describen un sistema de memoria como una función cerebral cuyo propósito es clasificar, codificar, almacenar y recobrar información relevante para el organismo. Cabe resaltar que este tipo de sistemas se define en términos de su estructura y su función (Squire, 2004).

Schacter y Tulving (1994) afirman que es probable que haya múltiples formas o subsistemas asociados a cada sistema de memoria, y es probable también que haya múltiples procesos que definan el funcionamiento de cada sistema.

Martínez y Kesner (1998) refieren que probablemente hay múltiples estructuras neurales que forman el sustrato general de un sistema de memoria. Actualmente, la mayoría de los modelos de sistemas de memoria se caracterizan por ser dicotómicos, con énfasis en el hipocampo como componente principal de uno de los sistemas, y un conjunto de otras regiones cerebrales como soporte del otro sistema

Históricamente se han descrito modelos de sistemas de memoria con una clasificación dicotómica, por ejemplo los sistemas de orientación táctica / orientación de lugar (O'Keefe y Nadel, 1978); sistema de memoria de trabajo/ referencial (Olton, 1983); sistema de memoria declarativa/procedimental (Cohen y Eichenbaum, 1993); sistema de memoria declarativa/no declarativa (Squire, 1994). Sin embargo, más recientemente se han propuesto otras clasificaciones: sistema de memoria basado en: información, conocimiento, y reglas (Kesner, 1998) y el modelo de clasificación de sistemas múltiples (White y McDonald, 2002). A continuación se realiza una breve descripción de algunos de estos modelos de sistemas de memoria.

Modelo de Sistema de orientación táctica o de ruta vs orientación cartográfica o de lugar (Locale-taxon)

Este sistema, descrito por O'Keefe y Nadel (1978) y Nadel (1994) hace especial énfasis en el espacio como una característica de gran importancia en diferentes tipos de memoria. Esta característica espacial la dividen en un sistema de lugar o local, que codifica información acerca de ubicaciones específicas en el ambiente en mapas cognitivos; y un sistema táctico, que codifica respuestas motoras como orientaciones específicas dentro de un ambiente espacial.

Estos autores sugieren que el hipocampo media el sistema local y almacena el mapa cognitivo, que puede ser utilizado para el reconocimiento de lugares, la navegación

espacial y la codificación de un contexto espacial. No obstante, estos autores no especifican qué regiones neurales codificarían el sistema táxico (Rudy, 2008).

Con respecto a la forma como opera cada sistema, se asume que el aprendizaje basado en procesos de consolidación, es de tipo “todo o nada” en el sistema de lugar; mientras que en el sistema táxico, se da de manera incremental. Asimismo, las representaciones en el sistema de lugar son más sensibles a la interferencia en comparación con la información codificada por el sistema táxico (Rudy, 2008).

Estos autores asumen que el hipocampo funciona como un sistema que separa huellas de memoria, mientras que el sistema táxico las combina, basándose en características comunes (Rudy, 2008). Con respecto al recobro de la información, el sistema de lugar es descrito como más flexible y que responde mejor a información novedosa, frente al sistema táxico. La mejor evidencia de la mediación del hipocampo en el procesamiento de información espacial proviene de la identificación de células específicas a esta estructura, a las que llamaron células de lugar (Rudy, 2008; Biamonte-Nelson, 2015).

Un experimento que respalda la mediación del hipocampo en la conformación de mapas cognitivos fue llevado a cabo por Morris en 1983. Morris entrenó ratas en un laberinto de su diseño y que actualmente lleva su nombre, el cual consiste de una piscina circular que ha sido llenada con agua opaca, en la cual las ratas deben nadar hasta encontrar una plataforma que (usualmente) se encuentra escondida justo bajo la superficie del agua. Aun con posiciones de inicio que varían de un ensayo a otro, los animales pueden aprender rápidamente la tarea, aparentemente utilizando el sistema de lugar. Animales con lesiones extensas en el hipocampo mostraron grandes dificultades para aprender la tarea, evidenciadas en largas latencias para encontrar la plataforma. Sin embargo, cuando la plataforma es visible, los animales con lesión en hipocampo aprenden rápidamente (Morris, 1983).

En resumen, el sistema neural de análisis de O'Keefe y Nadel (1978), y Nadel (1994) puede ser limitado en tanto únicamente enfatiza en la importancia del hipocampo en la representación espacial de la información dentro del sistema local, con muchas otras regiones neurales como base del sistema táxico.

Modelo de sistemas de memoria de trabajo y referencial

Olton (1983, en Rudy, 2008) propuso un sistema que hace mayor énfasis en la importancia de los procesos. Sugirió que en cada tarea de aprendizaje existen dos tipos de memorias que organizan la información trascendental en dos sistemas: sistema de memoria de trabajo y sistema de memoria referencial (Olton, 1983; Olton, Becker, & Handelman, 1979). Olton sugirió también que los contextos específicos (por ejemplo, eventos que suceden en un solo ensayo de un entrenamiento) personales y temporales de una situación son codificados por la memoria de trabajo, lo que se traduce en memoria para eventos, sesgando la codificación mnemónica hacia el procesamiento de información.

Por otro lado, la información general correspondiente a reglas y procedimientos en situaciones específicas es codificada por la memoria referencial, lo que se traduce en memoria para eventos que suceden en todos los ensayos de aprendizaje de una tarea, sesgando la codificación mnemónica hacia el procesamiento de expectativas basadas en la organización de una memoria ya existente.

En resumen, el sistema neural de análisis de Olton resulta limitante en tanto solo enfatiza la importancia del hipocampo y regiones conexas en la representación de toda la información dentro del sistema de memoria de trabajo, sin especificar las bases neurales del sistema referencial.

Modelo de sistemas de memoria declarativa y no declarativa

Squire (2004) asegura que los diferentes sistemas de memoria pueden distinguirse en términos de los diferentes tipos de información que procesan y de los principios que los rigen. Squire y colaboradores (1983, en Rudy, 2008) sugirieron la existencia de dos sistemas de memoria: declarativa y no declarativa.

En el caso de la memoria declarativa, un principio de gran importancia es la habilidad de detectar y codificar aquello que es único y singular acerca de un evento, que por definición ocurre en un momento y lugar particulares. En el caso de la memoria no

declarativa, un principio significativo es la habilidad de extraer gradualmente los elementos comunes de series de eventos separados (Squire, 2004).

En el sistema de memoria declarativa el aprendizaje es de tipo asociativo y rápido (Squire, 1992), y el sistema está basado en información explícita que es fácilmente accesible y se ocupa de hechos o información específica. La memoria declarativa se puede dividir en memoria semántica (hechos acerca del mundo) y memoria episódica (la capacidad de volver a experimentar un evento en el contexto en el que ocurrió originalmente) (Tulving, 1983, en Squire, 2004; Rudy, 2008). (Anexo 1)

Este sistema, recibe su nombre “declarativo” para indicar que puede ser recobrada voluntariamente y cuyo contenido puede ser “declarado”, es entonces un sistema que provee las bases para el recobro consciente de hechos y eventos. Otros términos equivalentes incluyen memoria explícita y relacional (Squire, 1992).

El sistema declarativo permite que la información almacenada sea comparada y contrastada, apoyando la codificación de información en términos de la relación entre ítems y eventos. Las representaciones almacenadas son flexibles y pueden guiar el desempeño en diferentes condiciones de prueba. La memoria declarativa es representacional, permite modelar el mundo externo, y como modelo del mundo puede ser falso o verdadero (Squire, 2004; Milner, Squire y Kandel, 1998).

Por otro lado, el sistema de memoria no-declarativa se basa en el aprendizaje, almacenamiento y recobro de información implícita que no es fácilmente accesible y que incluye representaciones motoras, perceptuales y cognitivas inconscientes, así como también incluye al priming, al condicionamiento clásico simple, y el aprendizaje no asociativo (Squire, 2004).

Y así, se reconoce que la memoria no declarativa no es ni falsa ni verdadera, es disposicional y se expresa a través del rendimiento más que a través del recobro. Las formas de memoria no declarativa, ocurren como modificaciones en ítems específicos del sistema. Las memorias se hacen evidentes a través de la reactivación de los sistemas en los cuales se dio originalmente el aprendizaje (Squire, 2004). Por lo tanto, la memoria no

declarativa es no consciente, menos flexible, y proporciona acceso limitado a sistemas de respuesta que no estén involucrados en el aprendizaje original.

La memoria no declarativa no es ni falsa ni verdadera y subyace a cambios en habilidades y comportamientos, y a la habilidad para responder apropiadamente ante estímulos, mediante la práctica, como resultado del condicionamiento o el aprendizaje de hábitos (Milner, et al., 1998).

Squire asume que estos dos sistemas son independientes el uno del otro, y propone que el hipocampo y regiones conexas, como la corteza entorinal, giro parahipocampal y corteza peririnal, median el sistema de memoria declarativa mas no el sistema no declarativo. Este autor también sugiere que las habilidades y hábitos son mediados por el cuerpo estriado, el priming por el neocórtex, el condicionamiento clásico de respuestas emocionales por la amígdala, el condicionamiento clásico de musculatura esquelética por el cerebelo, y el aprendizaje no asociativo por vías reflejas (Rudy, 2008).

El término memoria procedimental fue originalmente utilizado como contraste frente a la memoria declarativa (Winograd, 1975; Cohen y Squire, 1980). Mientras que el término procedimental describe una amplia variedad de tipos de aprendizaje basados en habilidades, ciertos fenómenos mnésicos son claramente no declarativos pero no se acomodan bien al término procedimental, por lo que sugieren el más amplio y neutro término no declarativo para identificar un grupo heterogéneo de habilidades de aprendizaje que se definen principalmente por no ser declarativas (Squire, Zola-Morgan, 1988). Por lo tanto, las habilidades mnésicas que no son declarativas no son de un solo tipo y no están soportadas por un solo sistema neural (Squire, 1992).

Modelo de sistema de memoria declarativa y procedimental

Este modelo propuesto por Cohen y Eichenbaum (1993), es una versión extendida del modelo de Squire, y propone también dos sistemas de memoria: declarativa y procedimental. El sistema de memoria declarativa, dependiente del hipocampo, se caracteriza no solo por apoyar el procesamiento consciente de información, sino también

la relación entre elementos de la memoria de manera flexible, tanto que permite su recobro en situaciones novedosas (Rudy, 2008).

En contraste, el sistema procedimental es independiente del hipocampo y se caracteriza por basarse en representaciones individuales y específicas, que al momento del recobro resultan inflexibles cuando la situación es novedosa (Rudy, 2008).

Modelo de sistemas de memoria de atributos

Kesner y DiMattia (1987, 1998, 2014) propusieron inicialmente un modelo dual de sistemas de memoria, que luego incluiría un tercer sistema. El modelo se organiza en un sistema basado en información (datos o eventos), otro sistema basado en conocimiento; y un último sistema basado en reglas, todos compuestos por múltiples formas o atributos de memoria, caracterizados por un conjunto de particularidades operativas orientadas a los procesos, y mapeados en diferentes regiones neurales (Martínez y Kesner, 1998, 2014).

Durante el aprendizaje inicial, se hace gran énfasis en el sistema de memoria basado en eventos, que continúa siendo de gran importancia, aún luego del aprendizaje inicial, en situaciones donde información singular o novedosa necesita ser recordada. Este sistema es semejante al de memoria episódica (Tulving, 1983) y a algunos aspectos de la memoria declarativa descrita por Squire (Martínez y Kesner, 1998, 2014).

El sistema de memoria basado en conocimiento proporciona representaciones más permanentes de información previamente almacenada en la memoria de largo plazo, y puede entenderse como el conocimiento que se tiene del mundo. Este sistema tiende a ser de mayor importancia luego de que una tarea ha sido aprendida, dada que la situación de recobro sea constante y familiar (Martínez y Kesner, 1998, 2014).

Estos atributos, dentro del sistema basado en conocimiento, pueden asumir muchas formas, que se organizan como un conjunto de mapas cognitivos dependientes de atributos y sus interacciones, que son únicos para cada memoria. Este sistema es semejante al de memoria semántica descrito por Tulving en 1983 (Martínez y Kesner, 1998, 2014).

El sistema de memoria basado en reglas recibe información de los sistemas basados en eventos y conocimiento, e integra la información mediante la aplicación de reglas y estrategias para acciones posteriores (Martínez y Kesner, 1998, 2014).

El atributo espacial dentro de esta estructura de sistemas, involucra representaciones de lugares y de la relación entre lugares. Se evidencia por la habilidad de codificar y recobrar mapas espaciales y localizar estímulos en el espacio externo. Las representaciones mnésicas del atributo espacial puede subdividirse en características específicas, incluyendo distancia espacial aloécéntrica, distancia espacial egocéntrica, dirección aloécéntrica y egocéntrica, y localización espacial (Martínez y Kesner, 1998, 2014).

Martínez y Kesner (1998, 2014) han demostrado que dentro del sistema basado en eventos, el hipocampo juega un rol muy significativo al momento de soportar las funciones asociadas con el atributo espacial. Se asume que la organización del atributo espacial dentro del sistema basado en conocimiento involucra la corteza parietal y retrosplenial, el giro parahipocampal y la corteza entorinal.

Modelo de sistemas de memoria múltiples y paralelos (MPMS)

White y McDonald (2002) describen una teoría de sistemas de memoria múltiples y paralelos (MPMS por sus siglas en inglés), en la que cada sistema incluye una estructura central y sus conexiones aferentes. El supuesto básico de esta teoría es que el comportamiento normal involucra un flujo continuo de información a través de cada uno de los sistemas, información que procesan (filtran, combinan, asocian, y alteran), resultando finalmente en el control directo o indirecto del comportamiento (White y McDonald, 2002).

Bajo determinadas circunstancias algunos componentes de los sistemas pueden ser modificados por la información que procesan, y estos cambios pueden alterar el futuro procesamiento de información similar, resultando en un cambio en el output del sistema. Cuando se da esta modificación en el comportamiento, como resultado de este cambio

en el output del sistema, se le atribuye entonces a un proceso llamado “aprendizaje”, lo que a su vez lleva a inferir la existencia de una “memoria” (White y McDonald, 2002).

Estas consideraciones significan que los procesos de aprendizaje y la memoria se pueden entender en función de estos sistemas. El principal propósito de esta teoría es sugerir las formas en que cada sistema neural procesa la información, es decir su estilo de procesamiento. El estilo invariante de procesamiento de cada sistema determina la naturaleza de la información que puede ser representada en cada sistema, y esto a su vez, determina el tipo de información que puede ser almacenada por cada uno (White y McDonald, 2002).

Las “estructuras centrales” de los tres sistemas descritos son: el hipocampo, el estriado dorsal (caudado-putámen), y la amígdala. La información, codificada en señales neurales, fluye de manera independiente a través de cada sistema. Todos los sistemas tienen acceso a la misma información de la situación de aprendizaje, pero cada sistema se especializa en representar un tipo diferente de relación entre los elementos (estímulos, eventos, respuestas, reforzadores) (White y McDonald, 2002).

La velocidad y precisión con la que un sistema forma una representación coherente de la situación de aprendizaje depende de la correspondencia entre la especialización del sistema y la relación entre los elementos de la situación. La coherencia de estas representaciones almacenadas determina el grado de control sobre el comportamiento que ejerce cada sistema en la situación de aprendizaje. A pesar de que los sistemas procesan la información de manera independiente, interactúan en al menos dos formas: influenciando de manera simultánea y paralela el comportamiento; e influenciándose entre sí. Estas interacciones pueden ser cooperativas (que llevan a comportamientos similares), o competitivas (que llevan a comportamientos diferentes) (White y McDonald, 2002).

La teoría de MPMS propone que el involucramiento de un sistema neural en el procesamiento y almacenamiento de información en una situación de aprendizaje está determinado por el grado de correspondencia entre la relación entre los elementos de la situación y el estilo de procesamiento de cada sistema. Se entiende que las claves distales en un ambiente son utilizadas por el sistema del hipocampo para crear mapas

espaciales (White y McDonald, 2002). Según Eichenbaum y Cohen, 2014, en el hipocampo, las representaciones relacionales conjugan recuerdos de elementos comunes a varias experiencias para construir una memoria espacial.

Sweatt (2010) utiliza el modelo de la clasificación de la memoria en sistemas declarativo y no-declarativo (explícita e implícita respectivamente) e identifica así que diferentes tipos de memoria se asocian a diferentes redes neurales, que pueden operar en paralelo (competitiva o cooperativamente) o de manera independiente. Utilizando esta clasificación, este autor divide el aprendizaje en otras dos grandes clases: consciente e inconsciente. Y así, cualquier tipo de memoria podría caer en las categorías: aprendizaje inconsciente con recobro inconsciente; aprendizaje inconsciente con recobro consciente; aprendizaje consciente sujeto a recobro inconsciente; y aprendizaje consciente sujeto a recobro consciente (Sweatt, 2010, p.5).

Baudonnat y colaboradores (2011) hacen referencia a que la hipótesis de los múltiples sistemas de memoria MPMS postula que diferentes circuitos neuronales funcionan en paralelo y pueden competir por el procesamiento de la información y su almacenamiento. Como ejemplo, afirman que el condicionamiento instrumental dependería del cuerpo estriado, mientras que la memoria espacial estaría mediada por un circuito centrado en el hipocampo.

Por lo anterior es importante enfatizar en que no solo es relevante la tarea que se aprende sino también la estrategia que se emplea para aprenderla, que a su vez, refleja qué sistema de memoria está implicado.

1.2 Navegación, aprendizaje y memoria espacial

1.2.1 Navegación

Vorhees y Williams (2014) refieren que la navegación es la habilidad que le permite a un organismo aprender a encontrar rutas dentro de su ambiente, que le permitan no perderse y recordar ubicaciones relevantes, esto requiere recordar tanto ubicaciones como rutas.

Estos autores distinguen principalmente dos tipos de navegación: egocéntrica y allocéntrica. La forma como la navegación allocéntrica, también llamada “espacial”, aporta al aprendizaje de ubicaciones y rutas, es mediante la habilidad de navegar utilizando claves distales (o puntos de referencia) ubicadas fuera y lejos del organismo que está aprendiendo, que permiten establecer relaciones entre la ubicación del organismo y esos puntos de referencia, y la relación entre ellos (Vorhees y Williams, 2014).

Por su parte, el otro tipo de navegación, la egocéntrica (también llamada no espacial), se caracteriza por mediar el aprendizaje usando claves internas (movimientos de extremidades, velocidad, propiocepción, secuencias motoras) y señales proximales, que permiten identificar cómo el sujeto orienta el movimiento, mas no proporciona mayor información relacional. Se considera que la red egocéntrica provee información secuencial que contribuye a la memoria episódica autorreferencial en humanos (Vorhees y Williams, 2014).

Las señales y los puntos de referencia son diferentes en tanto transmiten diferente información, las señales se encuentran cerca al organismo y los puntos de referencia, lejos de este. Los puntos de referencia proveen información acerca de la ubicación del organismo con respecto a otros puntos de referencia, mientras que las señales son marcadores de cómo orientar la dirección de la exploración, más no dan información relacional (Vorhees y Williams, 2014).

Los capítulos son las principales divisiones del documento. En estos, se desarrolla el tema del documento. Cada capítulo debe corresponder a uno de los temas o aspectos tratados en el documento y por tanto debe llevar un título que indique el contenido del capítulo.

Los títulos de los capítulos deben ser concertados entre el alumno y el director de la tesis o trabajo de investigación, teniendo en cuenta los lineamientos que cada unidad académica brinda. Así por ejemplo, en algunas facultades se especifica que cada capítulo debe corresponder a un artículo científico, de tal manera que se pueda publicar posteriormente en una revista.

1.2.2 Aprendizaje y memoria espacial

Carrillo-Mora y colaboradores (2009) refieren que el aprendizaje espacial o la memoria referencial espacial fue descrita por primera vez por Olson en 1979, para nombrar el tipo de proceso mnésico involucrado en adquirir información espacial a lo largo de varios ensayos. De manera que la cognición espacial se adquiere (aprende) a través del comportamiento exploratorio, que se organiza utilizando estrategias de tipo allocéntrico o egocéntrico.

Y así, estos mismos autores (Carrillo-Mora et al., 2009) definen la memoria espacial, el tipo que atañe el presente trabajo, como la función cerebral responsable por reconocer, codificar, almacenar y recobrar información acerca de la organización de objetos en un espacio y la ruta para llegar a ellos. Refieren también que el concepto de espacio tiene por lo menos dos dimensiones, una del espacio personal corporal (que incluye la propiocepción, el conocimiento de la posición de extremidades) y la dimensión del espacio externo (dimensiones de las que dependen los tipos de navegación anteriormente descritos).

1.2.3 Estrategias de aprendizaje de tareas espaciales

Como se menciona anteriormente, de la mano de la propuesta de diferentes sistemas de memoria, se han planteado diferentes mecanismos y estrategias que median el aprendizaje de las múltiples tareas de memoria espacial que existen, y así, los nombres de las estrategias varían de un autor a otro, o de una década a otra, pero se reconocen equivalencias e inclusiones en los diferentes tipos de estrategia (Packard, 1999; Gardner et al., 2013), como se mencionará a continuación.

Tolman en 1948, Restle en 1957 y Hicks en 1964 son las fuentes más citadas del origen del histórico debate entre las teorías de que el aprendizaje espacial se da exclusivamente bajo una estrategia cognitiva; o una basada en el aprendizaje de la relación de estímulo-respuesta. Las teorías basadas en el aprendizaje cognitivo de una tarea espacial implican suponer que los animales adquieren expectativas basadas en el conocimiento/experiencia que tienen, que surgen del aprendizaje de la asociación entre múltiples estímulos. Por el contrario, quienes defendían la adquisición basada

únicamente en una estrategia de estímulo-respuesta, sugerían que las ratas aprenden tareas espaciales mediante la evocación de respuestas anteriormente reforzadas de manera contingente, aún en ausencia de “conocimiento” espacial (Packard, 1999).

Y así, la clasificación de los mecanismos que subyacen las estrategias de resolución de tareas espaciales, se pueden agrupar en aquellos autores que definen los mecanismos como de tipo: i) espacial (de lugar, cognitivo) o no espacial (de estímulo-respuesta, hábito); y ii) alocótrico (exocéntrico) o egocéntrico. Cabe mencionar que ya se reconocen equivalencias entre algunas de estas categorías, tema que se elabora más adelante (Packard, 1999; Gardner et al., 2013).

Los autores y estudios que se referencian a continuación utilizan la clasificación de navegación y aprendizaje, en alocótricos (exocéntricos) o egocéntricos. Benhamou y Poucet (1994), en su revisión de los mecanismos de aprendizaje espacial en himenópteros, aves y mamíferos, refieren que el proceso de codificación egocéntrica (p.114) requiere de mecanismos de integración de trayectorias que actualizan la localización de la meta como una función de la posición actual del animal. Por el contrario, el proceso de codificación exocéntrica (p.117), la localización de la meta está definida a partir de la configuración de puntos de referencia memorizados por el animal.

Una estrategia egocéntrica se basa en la información que se obtiene a partir de claves corporales, y por lo tanto es independiente de las claves espaciales. Cuando un sujeto utiliza esta estrategia, este funciona como su propio punto de referencia, y así, los demás objetos o ubicaciones se definen en relación a la posición del organismo (Carrillo-Mora, et al. 2009)

Por el contrario, en una estrategia alocótrica, el aprendizaje depende de claves espaciales distales, y cuando un sujeto utiliza esta estrategia, memoriza la ubicación de un objetivo, en relación con los puntos de referencia del entorno, como representaciones espaciales (Carrillo-Mora, et al. 2009).

Similarmente, McGauran, Harvey, Cunningham, Craig y Commins (2004) en su estudio con ratas Wistar entrenadas en el Laberinto acuático de Morris, afirman que las estrategias que los animales adoptan se basan en la relación entre claves distales y la

ubicación de la plataforma de escape (alocéntrica); o en la relación entre el animal y dicha plataforma (egocéntrica). De igual manera, Moghaddam y Bures (1996) estudian los sistemas de codificación espacial en el Laberinto de Morris con ratas Long-Evans, y también refieren que el sistema de codificación alocótrico se basa en la relación espacial entre puntos de referencia externos, independientes de la ubicación y posición del sujeto y la ubicación de la meta.

Asimismo, Carrillo-Mora y colaboradores (2009), en su revisión de estrategias espaciales en roedores, definen que la estrategia egocéntrica se basa en la información que le suministra al animal sus propias claves corporales, por lo que es independiente de las claves espaciales. Afirman que cuando el animal utiliza una estrategia egocéntrica, este funciona como su propio punto de referencia y así define la posición de los objetos con relación a sí mismo. Por el contrario, la estrategia alocótrica depende de claves espaciales, y cuando es utilizada, el animal memoriza la ubicación del objetivo en relación con la posición de los puntos de referencia ubicados en el entorno.

Sarkisyan y Hedlund (2009), en su estudio realizado con ratones en el Laberinto circular de Barnes, describen un sistema alocótrico, en el que la posición de los estímulos es independiente al animal; y un sistema egocéntrico en el que el aprendizaje depende de la relación de la posición del animal con su entorno.

Finalmente, Burgess (2006) en su revisión acerca de la integración de las estrategias egocéntrica y alocótrica en humanos, afirma que los procesos egocéntricos son el reconocimiento de la situación dependiente del punto de vista y la actualización de ubicaciones egocéntricas a partir de información obtenida por el propio movimiento, tratándose de una asociación entre el sujeto y un objeto; mientras que el proceso alocótrico se da mediante la asociación entre dos objetos o entre un objeto y el ambiente.

Por otro lado, se encuentra la clasificación que diferencia entre mecanismos basados en sistemas de memoria hipocampo-dependientes; y sistemas de memoria dependientes del núcleo caudado. En adelante los autores que se mencionan reconocen equivalencia entre los términos espacial, cognitivo y de lugar, que para el presente trabajo se

entenderán como mecanismos o sistemas espaciales (hipocampo-dependientes); y entre estímulo-respuesta, procedimental, automático, de hábito, y de respuesta, que se entenderán como no-espaciales (dependientes del núcleo caudado). Harrison, Reiserer y Tomarken (2006) mencionan estrategias basadas en mecanismos espaciales o no espaciales, para la resolución del Laberinto circular de Barnes.

En cuanto a sistemas de memoria clasificados como cognitivos vs de hábito, se describen unos asociados a aprendizaje de tipo espacial y otros asociados a aprendizaje de tipo estímulo-respuesta (S-R) respectivamente, y se entienden como sistemas complementarios que optimizan el comportamiento. El primer sistema, caracterizado por ser flexible y dependiente del hipocampo; y el segundo, inflexible, automático y dependiente del cuerpo estriado. Estos sistemas se han descrito de manera equivalente y consistente en animales (roedores) (Schwabe, Schächinger, de Kloet y Oitzl, 2010; Schwabe, Dalm, Schächinger y Oitzl, 2008; Schwabe, Wolf y Oitzl, 2010) y en humanos (Schwabe, Oitzl, Richter y Schächinger, 2009).

Por su parte, se encuentran aquellos que reconocen equivalencia no solo entre los mecanismos anteriormente mencionados, sino que adicionalmente asumen equivalencia con los procesos hipocampo-dependientes y los aloecéntricos; así como entre los basados en el cuerpo estriado y los egocéntricos. Chang y Gold (2003), estudian las estrategias de resolución del laberinto en cruz elevado, y afirman que para resolver esta tarea espacial se puede usar mecanismos de respuesta (egocéntricos); o de lugar (alocéntricos).

Asimismo, Packard (1999; 2009) y Packard y Mcgaugh (1996) en estudios realizados con ratas entrenadas en el laberinto en cruz elevado, se refieren a dos grupos de estrategias: espacial, cognitiva, aloecéntrica, exocéntrica, o de lugar; y de hábito, estímulo-respuesta, no espacial, egocéntrica, procedimental, automática o de respuesta. Por último, cabe mencionar a Baudonnat y colaboradores (2011) quienes incluyen en la clasificación anterior, en el primer grupo, a la memoria declarativa; y en segundo, a la memoria procedimental.

Vale la pena mencionar que Kealy, Diviney, Kehoe, McGonagle, O'shea, Harvey, y Commins (2008). Refieren que, a pesar de que se ha planteado ampliamente que las

tareas de tipo especial puede ser adquiridos utilizando estrategias tanto egocéntricas como egocéntricas, sus resultados sugieren que las señales allocéntricas son más dominantes que las señales idiotéticas al momento de guiar la navegación.

Y así, teniendo en cuenta los mecanismos anteriormente descritos, se definen las estrategias que se pueden evaluar a partir de la caracterización del comportamiento de ratas y ratones, en el Laberinto Circular de Barnes. Inicialmente, Barnes y colaboradores (1980) definieron tres tipos de estrategia: serial, directa, o aleatoria. Esta misma clasificación ha sido utilizada por Jašarevića, Williamsb, Roberts, Gearya y Rosenfeld (2012), Rosenfeld y Ferguson (2014) y Prut, Abramowski, Krucker, Levy, Roberts, Staufenbiel y Wiessner (2007).

No obstante, Illouz y colaboradores (2016) describen 6 tipos de estrategias, incluidas las planteadas por Barnes, y es esta clasificación la que se utilizó en el presente trabajo. Estas estrategias son: a) directa, en la que el animal identifica correctamente su posición y la de la meta y utiliza la trayectoria más corta para alcanzarla, esta estrategia refleja la óptima adquisición de la tarea; b) corregida, que refleja menor eficiencia y en la cual el animal realizada una pequeña corrección en la trayectoria antes de alcanzar la meta; c) con corrección larga, en la que se puede observar una gran corrección en la trayectoria, en la que el animal se dirige a una región alejada de la meta y luego redirecciona su trayectoria para dirigirse directo a la meta; d) de búsqueda focalizada, en la que se observa una exploración localizada de la región que rodea la meta; e) búsqueda serial, estrategia en la que el animal explora un agujero y su adyacente de manera serial, y que refleja un método no-espacial y sistemático, de aumentar la probabilidad de hallazgo de la meta; y finalmente f) búsqueda aleatoria, estrategia que refleja no haber adquirido la tarea, ya que el animal utiliza un método no sistemático de aumentar la probabilidad de hallazgo de la meta (p. 3315).

1.3 Antecedentes empíricos

Existen diferentes formas de valorar la memoria espacial (Vorhees y Williams, 2014), dentro de las que se resalta el uso de los Laberintos acuático de Morris, Laberinto Circular de Barnes, Laberinto radial y Laberinto en cruz, entre otros.

Los laberintos de Barnes y Morris son tareas similares, ambas miden la habilidad del animal de aprender y recordar la ubicación de una zona objetivo, utilizando una configuración de claves visuales ubicadas en el área de entrenamiento. Ambas también implican: un tipo de memoria espacial de referencia y una tendencia inherente del animal a escapar de situaciones aversivas.

Se ha sugerido que una gran ventaja de la utilización del Laberinto circular de Barnes (Barnes, Nadel, y Honig, 1980) es el ser menos ansiogénico y por lo tanto no representar una fuente excesiva de estrés, como lo puede ser el Laberinto acuático de Morris, sin embargo esto puede conllevar la desventaja de que el aprendizaje se dé de manera más lenta o no se logre (Carrillo-Mora, et al., 2009, p. 160; Vorhees y Williams, 2014), promoviendo el despliegue de comportamientos exploratorios más que de escape (Harrison, Hosseini y McDonald, 2009; Sunyer, Patil, Hoger, y Lubec, 2007).

Martin y Clark (2007) exponen la relación de diferentes áreas del hipocampo con el aprendizaje, consolidación y recobro de tareas de memoria espacial. Se ha encontrado, sin embargo, amplia evidencia de que además del hipocampo, sistemas neurales del cuerpo estriado (Baudonnat, et al., 2011), especialmente el núcleo caudado dorsolateral, tienen una importancia significativa en el aprendizaje de tareas de memoria espacial (Chang y Gold, 2003; Schwabe, Oitzl, Philippsen, Richter, Bohringer, Wippich, y Schachinger, 2007; Packard, 1999; Packard, y McGaugh, 1996; Baudonnat, et al., 2011).

Algunos estudios que soportan hallazgos con respecto a la memoria espacial, asociados a diferentes áreas cerebrales, tratamientos y/o estrategias de aprendizaje, son los realizados por Packard y McGaugh (1996); Packard (1999), Chang y Gold (2003), Gardner y colaboradores (2013), Martínez y Kesner (2014), Quirarte, De la Teja, Casillas, Serafín, Prado-Alcalá y Roozendaal (2009), y Lozano, Serafín, Prado-Alcalá, Roozendaal y Quirarte (2013). Algunos de sus resultados se presentan a continuación.

Packard y McGaugh (1996), estudiaron el involucramiento del hipocampo y del núcleo caudado en el aprendizaje espacial mediante la inactivación (con infusiones de lidocaína) de estas regiones cerebrales administradas. 3 minutos antes de las pruebas de memoria, los animales recibieron una inyección (0,5 µl) bilateral de solución salina o una solución de clorhidrato de lidocaína al 2% (con el propósito de generar inactivación neural) en el hipocampo dorsal o el núcleo caudado dorsolateral. Se definieron parámetros para clasificar las estrategias de aprendizaje en: de lugar (espacial) y de respuesta (no espacial). Los resultados indicaron que el hipocampo y el núcleo caudado media de manera selectiva la expresión de estrategias de aprendizaje espacial o de respuesta, respectivamente.

Martínez y Kesner (2014), Quirarte, De la Teja, Casillas, Serafín, Prado-Alcalá y Roozendaal (2009) y Lozano, Serafín, Prado-Alcalá, Roozendaal y Quirarte (2013), realizan estudios acerca la modulación hormonal de la memoria, incluidas las estrategias de aprendizaje que se utilizan para adquirirla. La corticosterona y el estrógeno pueden aparentemente influir en el uso de una estrategia sobre la otra para resolver una tarea, por ejemplo, bajo una condición favorecer el uso de estrategias espaciales sensibles a alteraciones hipocampales, y bajo otra condición favorecer el uso de estrategias de respuesta sensibles a alteraciones del cuerpo estriado (Kim et al, 2001; Korol and Kolo, 2002; Chapa et al, 2005, en Martínez y Kesner, 2014). Sin embargo, la administración de corticosterona después del entrenamiento espacial no cambia la selección de una estrategia de navegación procedimental a una espacial en una prueba de competencia de claves espaciales (Lozano et al. 2013).

Relevancia y pertinencia

Estudios comparativos (Benhamou, et al, 1995; Schimanski, et al., 2015; Schwabe, et al. 2007) han evaluado el desarrollo de estrategias de aprendizaje espacial en diferentes especies, con el ánimo de aportar a la comprensión de los mecanismos que subyacen la memoria espacial, y así entender un poco mejor la forma cómo esta falla o se deteriora con la edad o con lesiones cerebrales, y así, aportar al desarrollo de estrategias de compensación de déficits, en humanos. El presente estudio pretende contribuir a esta área del conocimiento.

Adicionalmente, en el marco de la investigación sobre la memoria espacial, realizada en el Laboratorio de Neurociencia de la Universidad Nacional de Colombia, la evaluación de estrategias de navegación en el Laberinto de Barnes se ha realizado una única vez (Rodríguez, 2010), experimento en el que la clasificación de estrategias se hizo de manera manual, e incluyó solo las estrategias propuestas por Harrison y colaboradores (2006).

El presente estudio aporta de manera significativa y robusta a la evaluación de estrategias de aprendizaje espacial en el Laberinto circular de Barnes en el Laboratorio de Neurociencias, ya que, como mencionan Illouz y colaboradores (2016), la clasificación manual de estrategias se encuentra sujeta a muchos sesgos, los cuales son eliminados por el software que se utilizó en este proyecto.

2. Objetivos

2.1 General

Estimar los cambios en las estrategias de aprendizaje desplegadas por ratas Wistar en una tarea espacial en el Laberinto de Barnes, a lo largo de 16 ensayos de entrenamiento.

2.2 Específicos

- Identificar las estrategias de aprendizaje de una tarea espacial de 50 ratas Wistar machos entrenadas con 16 ensayos en una tarea de aprendizaje espacial en el Laberinto de Barnes.
- Clasificar las estrategias observadas según las categorías ordinales que determina el software BUNS (Barnes maze Unbiased Strategy Classification).
- Estimar la probabilidad de despliegue de cada estrategia para cada uno de los 16 días de entrenamiento.
- Calcular la probabilidad del cambio entre estrategias de un ensayo al siguiente.

3. Método

3.1 Sujetos

En el presente estudio, se utilizaron 50 ratas Wistar, machos, adultos jóvenes, provenientes del Instituto Nacional de Salud (INS) o del Bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia. El alojamiento, manipulación y entrenamiento de los animales tuvo lugar en el Laboratorio de Neurociencias, dependencia adscrita al Departamento de Psicología de la Universidad Nacional de Colombia.

El alojamiento de los animales se realizó en cajas compartidas, de polietileno (41 cm de largo x 34 cm de ancho x 25 cm de alto), en las que tuvieron acceso ad libitum a agua y comida. Los animales se mantuvieron en un ciclo de luz/oscuridad de 12/12 horas (con luces encendidas a las 7:00 a.m.), en una sala con temperatura (20 ± 1 °C) y humedad ($40 \pm 5\%$) controladas. Los experimentos se desarrollaron durante la fase de luz del ciclo, específicamente entre las 7:00 a.m. y la 1:00 p.m.

3.2 Variables

3.2.1 Independientes

Número de ensayos

El número de ensayos de entrenamiento que se realizan en todos los sujetos se define como una variable independiente. Esta es una variable de tipo cuantitativo y discreta. Vale la pena resaltar que históricamente, en el Laboratorio de Neurociencias el entrenamiento en el Laberinto Circular de Barnes se ha realizado en sesiones de 8 ensayos en un solo día, seguidas por diferentes intervenciones y pruebas de memoria. Sin embargo, los sujetos que se analizaron en este trabajo fueron sobreentrenados, protocolo que se caracteriza por realizar, luego del primer día de entrenamiento, una segunda sesión (al día siguiente) de otros 8 ensayos, para un total de 16 ensayos en 2 sesiones en días consecutivos.

Origen de los sujetos

Como segunda variable independiente se tiene en cuenta que 37 de los sujetos analizados provinieron del Instituto Nacional de Salud (INS); mientras que los otros 13 fueron adquiridos en el Bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia. Vale la pena resaltar que observaciones previas del grupo de investigación del Laboratorio de Neurociencias sugieren que los animales provenientes del Bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria, muestran un aparente mayor nivel de reactividad frente a la manipulación, así como una mayor heterogeneidad en los indicadores de aprendizaje (observaciones no publicadas).

3.2.2 Dependiente

Como variable dependiente se toma la clasificación de las estrategias de aprendizaje, y se comprende como una variable categórica y ordinal, dada la clasificación utilizada.

Esta clasificación se realizó de acuerdo con los parámetros obtenidos con el software de uso libre BUNS desarrollado por Illouz y colaboradores (2016, <http://okunlab.wixsite.com/okunlab>). En esta clasificación, se distinguen las siguientes estrategias: a) directa o direct, en la que el animal utiliza la trayectoria más corta para alcanzar la meta; b) corregida o corrected, en la cual el animal realiza una pequeña corrección en la trayectoria antes de alcanzar la meta; c) con corrección larga o long correction, en la que el animal se dirige a una región alejada de la meta y luego redirecciona su trayectoria para dirigirse directo a la meta; d) de búsqueda focalizada o focused search, en la que se observa una exploración localizada de la región que rodea la meta; e) búsqueda serial o serial, estrategia en la que el animal explora un agujero y su adyacente de manera serial (método no espacial, sistemático); y finalmente f) búsqueda aleatoria o random, estrategia que refleja no haber adquirido la tarea (p. 3315).

3.3 Diseño

El presente trabajo es de tipo no experimental, observacional y descriptivo. Dadas las variables definidas, se incluye una descripción con un componente predictivo, que permite aprovechar la naturaleza ordinal de la variable dependiente estrategia; y el tipo

de diseño panel (o de medidas repetidas) que proporciona la variable independiente número de ensayos.

3.4 Instrumentos y procedimientos

3.4.1 Protocolo comportamental: entrenamiento en el Laberinto Circular de Barnes

Los animales objeto de análisis fueron entrenados en el Laberinto circular de Barnes, instrumento inicialmente descrito por Carol Barnes en 1977 en el documento de su tesis para obtener el título doctoral (Barnes, 1979), y desde entonces se han descrito algunas variaciones (Harrison, Reiserer, Tomarken y McDonald, 2006; Sunyer, et al. 2007; Vargas, Lamprea y Múnera, 2011). En el presente trabajo, se utilizó la versión abreviada descrita por estos últimos autores.

El entrenamiento de los animales se llevó a cabo en una sala de experimentación iluminada por dos lámparas de luz blanca de 300 W -dirigidas al centro del laberinto- y una lámpara de luz roja de 60 W -controladas de forma alternante por el experimentador-, adicionalmente se utilizó una fuente de sonido -ruido blanco- de 75 dB para controlar la situación de aversión. Las paredes de la cabina donde se lleva a cabo el entrenamiento son de color blanco y sobre ellas reposan fijamente figuras negras a manera de claves visuales extra-laberínticas de alto contraste.

El laberinto se encuentra ubicado en medio de la cabina experimental y consiste en una plataforma circular de acrílico negro de 122 cm de diámetro, con 18 agujeros, cada uno de 9,5 cm de diámetro distribuidos en la periferia con el centro a 10 cm del borde de la plataforma y espaciados de manera regular, cada 20° (Troncoso, Lamprea, Cuestas y Múnera, 2010, p.210). Debajo de los agujeros se puede emplazar una caja rectangular de 24 cm de largo x 10 cm de alto x 8,5 cm de ancho, denominada caja meta, la cual durante el entrenamiento, es ubicada debajo de uno de los 18 agujeros -elegidos aleatoriamente para cada sujeto experimental- y constituye la forma en que el animal

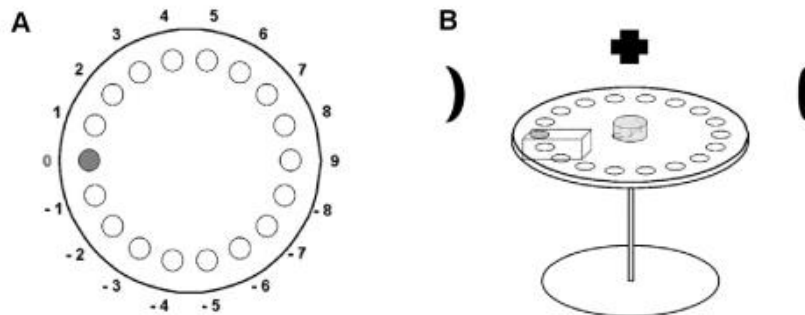
escapa de la situación aversiva a través del agujero meta. Esta localización no cambia a lo largo de los 16 ensayos de entrenamiento.

Adicionalmente, dentro de la cabina experimental se encuentra una silla para el experimentador y una caja de consolidación que es el lugar donde el animal reposa en los intervalos (4 minutos) entre cada ensayo, tiempo que el experimentador utiliza para limpiar la plataforma, cada uno de los agujeros, y todas las cajas con alcohol diluido al 10%.

El instrumento cuenta con una caja adicional, caja de salida, con una base de diámetro de 25 cm, y altura de 15 cm. En esta caja, que se ubica en el centro de la plataforma al inicio de cada ensayo, y debajo de ella se sitúa al sujeto por un periodo de 30 segundos. Transcurrido este tiempo, la caja de salida se eleva por acción manual del experimentador para dar inicio a la exploración, al tiempo que se encienden las luces blancas y la fuente de sonido (Troncoso, Lamprea, Cuestas y Múnera, 2010, p.210).

Una vez iniciado cada ensayo, se permite la exploración del laberinto por un máximo de 4 minutos o hasta que el animal ingrese a la caja meta. Los ensayos terminan siempre con el ingreso del animal a la caja meta, ya sea porque el sujeto llega por exploración, o porque una vez transcurridos los 4 minutos, es llevado manualmente hasta el agujero meta. En ambas condiciones, las luces y fuente de sonido se apagan cuando el animal ingresa a la caja meta, marcando con este comportamiento la finalización del ensayo. El sujeto permanece hasta 60 segundos en la caja meta, luego es retirado y ubicado en la caja de consolidación. Este procedimiento se repite 8 veces en el primer día, y 8 veces más en el segundo.

Figura 1 Laberinto circular de Barnes. A. Vista superior del Laberinto circular de Barnes, en donde se observa la ubicación de los dieciocho agujeros del laberinto (0 a -1). Se destaca la ubicación del agujero meta (agujero 0, en gris oscuro) por debajo del cual



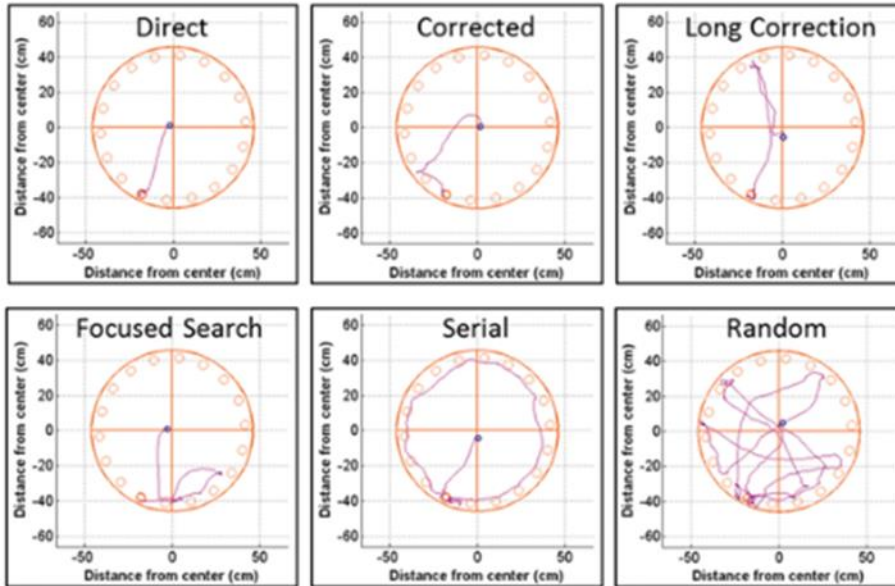
3.5 Procesamiento de datos

Para realizar el análisis propuesto se utilizaron videos de sesiones de entrenamiento en el Laberinto circular de Barnes, realizados por tres experimentadoras diferentes, capacitadas bajo los mismos parámetros en el manejo de los animales y uso del instrumento. Los videos que se analizaron para la clasificación y modelamiento de estrategias de aprendizaje incluyen 2 sesiones de 8 ensayos de entrenamiento cada una (16 ensayos en total), bajo el protocolo anteriormente descrito.

A los videos se les realizó un ajuste de contraste (-65%) para permitir que el software ANYmaze identificara correctamente los movimientos de animal. Toda vez completado el ajuste, se realizó el registro de la trayectoria (en coordenadas) que cada animal utilizó, en cada ensayo. Finalmente, las coordenadas fueron procesadas en el programa BUNS - Barnes maze Unbiased Strategy Classification- con el cual se obtuvo la clasificación de las estrategias en las categorías ya descritas.

El programa arroja una clasificación de tipo ordinal, asignando una estrategia para cada uno de los 16 ensayos. Cada estrategia está acompañada de una codificación por convenciones numéricas (de 1 a 6), y un cognitive score, definido por los autores como un método cuantitativo, no arbitrario, para la clasificación de cada uno de los ensayos de entrenamiento, mediante el cual se asignan los valores: 0 a la estrategia Random; 0,25 a la Serial; 0,5 a la Focused search; 0,5 a la Long correction; 0,75 a la Corrected; y 1 a la estrategia Direct (Illouz, et al., 2016).

Figura 2 Ejemplo de estrategias empleadas por roedores en el Laberinto de Barnes, organizadas desde muy espaciales (arriba a la izquierda) hasta no espaciales (abajo-derecha): Direct, Corrected, Long Correction, Focused Search y Random. Tomado de (Illouz et al.



3.5.1 Análisis de la información

Una vez terminada la fase de recolección de datos, se continuó con su procesamiento descriptivo. Para tal fin se utilizaron los programas R y RStudio y se obtuvieron tablas de frecuencias, y figuras de utilización de cada estrategia, para cada animal. En estas figuras se consigue identificar una gran variabilidad en el despliegue de las estrategias, observándose cambios no secuenciales entre su disposición ordinal. Por este motivo, para el análisis estadístico se eligieron dos técnicas que permiten incluir descripciones ajustadas a todo el grupo de sujetos.

3.5.2 Análisis estadístico

Dada la naturaleza de las variables dependiente e independientes descritas anteriormente, el análisis estadístico se centró en realizar una descripción probabilística

de cómo el conjunto completo de sujetos cambia el despliegue de estrategias de aprendizaje a lo largo de los 16 ensayos de entrenamiento.

Para cumplir este propósito se utilizaron dos técnicas. La primera aprovecha la clasificación ordinal de las estrategias (Illouz, et al., 2016), lo que permite su ordenamiento secuencial, el cual se analiza mediante un modelo de regresión logística ordenada aplicada a datos panel (también llamados: diseño de medidas repetidas, o longitudinal). Este modelo permite estimar la probabilidad de que un sujeto entrenado bajo las mismas condiciones de la muestra analizada, cambie su estrategia de aprendizaje de un ensayo al siguiente.

El segundo análisis, regresión multinomial, permite analizar cambios no secuenciales entre estrategias, ya que como se mencionó anteriormente los sujetos no siempre se mueven de manera ordenada de una estrategia a otra. Para este análisis se utilizó el cognitive score (Illouz, et al., 2016).

Regresión logística ordenada panel (xtologit)

De acuerdo con lo descrito por Long, Long y Freese (2006, p. 314-316) y StataCorp (2015, p. 289-298), en el modelo logístico ordenado para datos panel, la probabilidad (p) de observar cada estrategia, tomando $i=\{1,\dots,50\}$ sujetos, $t=\{1,\dots,16\}$ ensayos, y $\kappa=\{\text{Random}=1,\text{Serial}=2,\text{Focused search}=3,\text{Long correction}=4,\text{Corrected}=5,\text{Direct}=6\}$ estrategias, se define de la siguiente manera:

$$p_{it\kappa} = \Pr(y_{it} = \kappa | X_{it}, v_i) = \Pr(\kappa_{\kappa-1} < X_{it}\beta + v_i + \epsilon_{it} < \kappa_{\kappa}) = \frac{1}{1 + e^{-\kappa_{\kappa} + X_{it}\beta + v_i}} - \frac{1}{1 + e^{-\kappa_{\kappa-1} + X_{it}\beta + v_i}} \quad (1)$$

Donde $K=6$ estrategias posibles, dando lugar a 5 cortes κ entre dichas estrategias. La probabilidad de observar una determinada estrategia se estima con base en la distribución acumulada logística de la forma $1/(1+e^{(-x)})$ (Long, et al. 2006), incluyendo ϵ_{it} que representa el término del error (StataCorp, 2015, p. 295-296).

Con esta especificación, es posible calcular la probabilidad de cómo la población de sujetos se mueve de la estrategia Random a la Serial, de la Serial a la Focused search, y así sucesivamente hasta el cambio desde la estrategia Corrected a la Direct, obedeciendo a la ya mencionada clasificación ordinal de la variable.

Ahora, dado que los datos describen observaciones repetidas para cada sujeto, el modelo incluye un término v_i que permite capturar la desviación en el comportamiento de cada sujeto, con respecto al comportamiento promedio de todos los sujetos, y esto para cada ensayo, lo que implica estimar un coeficiente independiente para cada sujeto i . Finalmente, cada uno de los ensayos t se incluyen como variables independientes dicotómicas para capturar el efecto marginal de cada ensayo sobre el uso de cada estrategia, tal que

$$x_t = \begin{cases} 1 & \text{si ensayo} = t \\ 0 & \text{si ensayo} \neq t \end{cases}$$

Vale la pena resaltar que también se corrió una regresión logística ordenada, sin tratar los datos como de ordenamiento panel. Esto se hizo con el propósito de describir cómo se refina el modelo al incluirle mayor especificidad de los datos, es decir, al incluir el componente panel.

Regresión multinomial logística (mlogit)

Para complementar el análisis del modelo ordenado logístico panel, se utilizó un modelo logístico multinomial, con el cual se deja de asumir que existe un orden relevante entre las estrategias, lo que permite calcular la probabilidad de transición entre cualquier par de estrategias.

Este modelo estima simultáneamente modelos logísticos simples, binarios, para todas las combinaciones entre alternativas (Long, et al., 2006, p. 386), que en este caso son combinaciones entre estrategias. Se utiliza la estrategia Random como estrategia base para realizar las comparaciones con las demás, dado que esta estrategia representa la ausencia de un patrón claro de comportamiento (Illouz, et al., 2016, p. 3315). Así,

siguiendo con la notación utilizada en la sección anterior, el modelo multinomial logístico se define sobre las proporciones relativas (log-odds) (Long et al., 2006, pág. 390) en que se observe el uso de cada estrategia de la siguiente manera:

$$\log \Omega_{k|Random}(x_t) = \log \frac{\Pr(y = k|x_t)}{\Pr(y = Random|x_t)} = x_t \beta_{k|Random} \quad (2)$$

para $k = \{Serial, Focused search, Long correction, Corrected, Direct\}$

Según lo anterior, el modelo multinomial logístico estima cinco ecuaciones simultáneas para todas las combinaciones entre la estrategia Random y las otras cinco estrategias, de tal forma que se pueda identificar de manera más flexible la probabilidad de pasar de Random a otra estrategia. Al igual que en el modelo ordenado logístico, se incluyen variables dicotómicas x_t para identificar cada ensayo.

3.6 Consideraciones Éticas

Todos los procedimientos realizados con los animales se acogen a las normas Colombianas vigentes determinadas en: la Resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de la Protección Social de Colombia y en la Ley 84 del 27 de diciembre de 1989; y en Ley 84 del 27 de diciembre de 1989, expedida por el Congreso Nacional de la República de Colombia. Se garantizó que todo el personal encargado del cuidado y manejo de los animales de experimentación tuviera conocimiento y experiencia en los procedimientos.

Para garantizar la seguridad de los investigadores, la manipulación de los residuos contaminados producidos durante la realización del presente estudio se hizo utilizando batas, gorros desechables, guantes de nitrilo, tapabocas y gafas de protección. Al final de los procedimientos de evaluación comportamental, los animales fueron sacrificados, previa aplicación de una sobredosis de anestésico.

4. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos del procesamiento estadístico de los datos. Los códigos y resultados brutos de las regresiones se presentan en Anexos 5-7

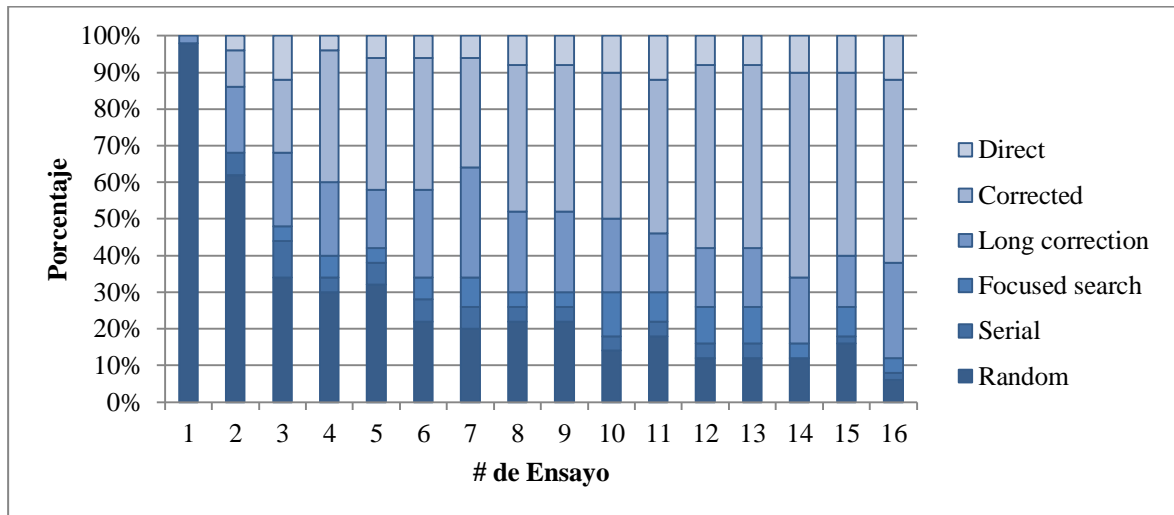
4.1 Descriptivos

Tabla 1 Frecuencia de Despliegue de Estrategias en Cada Uno de los 16 Ensayos de Entrenamiento en el Laberinto de Barnes

Ensayo	Estrategia Codificación BUNS						Total
	Random	Serial	Focused search	Long correction	Corrected	Direct	
1	49	0	0	1	0	0	50
2	31	3	0	9	5	2	50
3	17	5	2	10	10	6	50
4	15	2	3	10	18	2	50
5	16	3	2	8	18	3	50
6	11	3	3	12	18	3	50
7	10	3	4	15	15	3	50
8	11	2	2	11	20	4	50
9	11	2	2	11	20	4	50
10	7	2	6	10	20	5	50
11	9	2	4	8	21	6	50
12	6	2	5	8	25	4	50
13	6	2	5	8	25	4	50
14	6	0	2	9	28	5	50
15	8	1	4	7	25	5	50
16	3	1	2	13	25	6	50

En la Tabla 1 se puede observar que la utilización de la estrategia Random cae constantemente a lo largo de los entrenamientos, lo cual es un claro indicador de que se ha adquirido (aprendido) la tarea, ya que la exploración Random es la ausencia de un patrón claro de conducta que muestre que el animal está organizando de cualquier forma su trayectoria de exploración. Vale la pena resaltar que a partir del ensayo 8, la estrategia Corrected es la que mayor número de veces se observa en todos los demás ensayos.

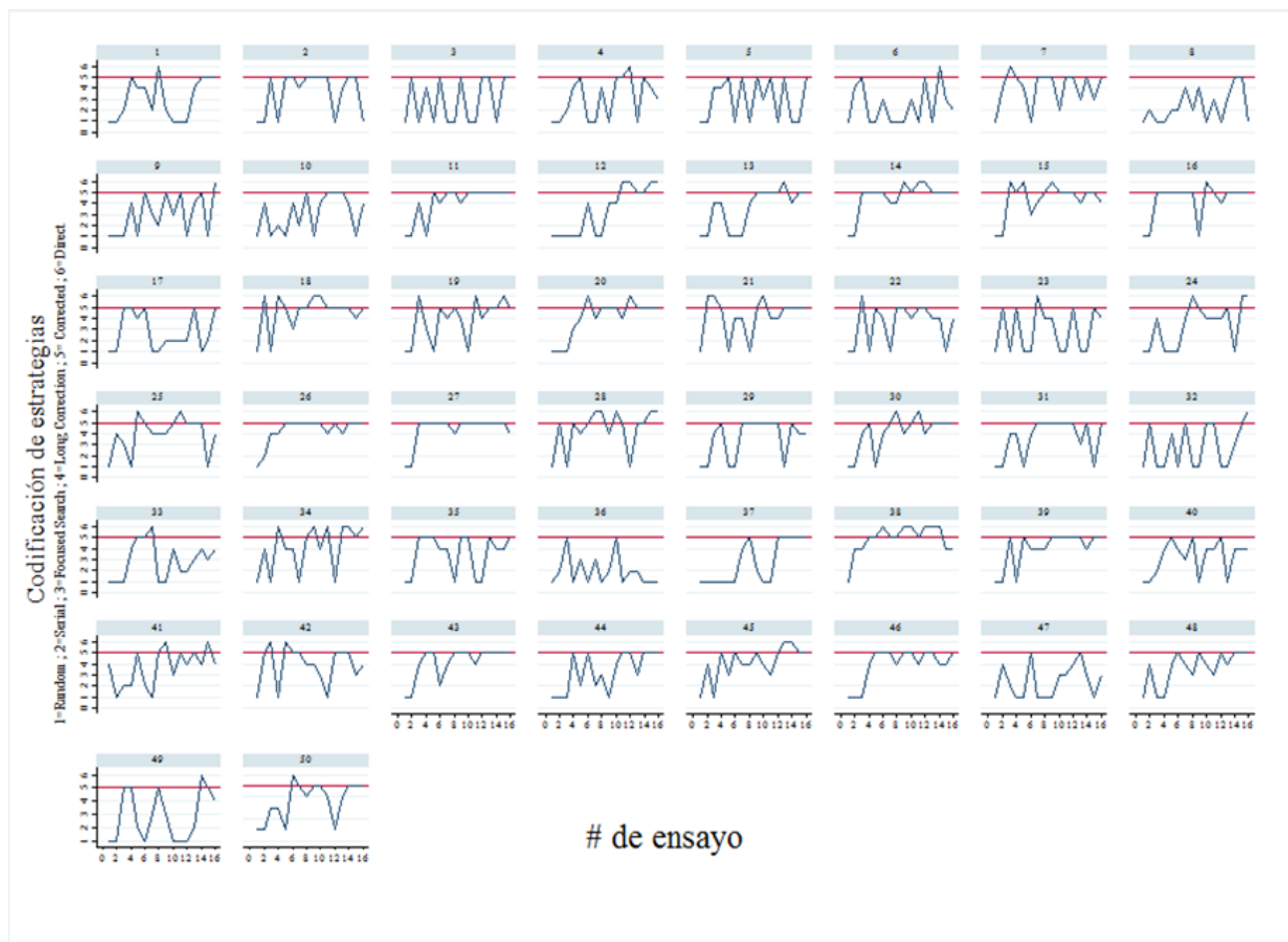
Figura 3 Proporción de utilización de las diferentes estrategias, en cada uno de los ensayos.



La Figura 3 permite visualizar que la caída pronunciada en la utilización de la estrategia Random, se estabiliza hacia el ensayo 10, luego del cual no se evidencia una disminución tan clara en el uso de esta forma de exploración. Adicionalmente se puede ver con claridad, cómo aumenta constantemente la proporción general de animales que despliegan la estrategia Corrected a lo largo de todo el entrenamiento.

Se puede observar también que a pesar de que la estrategia más espacial es la Direct, la proporción en que es utilizada no pareciera aumentar de manera significativa en ningún momento del entrenamiento. Finalmente, se observa una muy baja y constante proporción del uso de la estrategia Serial, que es un resultado que no se esperaba dada la longitud del entrenamiento.

Figura 4 Despliegue de estrategias de cada sujeto



En la Figura 4 se ha marcado con una línea roja la estrategia Corrected que fue la que los animales desplegaron con mayor frecuencia.

4.2 Resultados de modelo de regresión logística ordenada panel (xtologit)

El modelo ordenado logístico panel se estimó por máxima verosimilitud en Stata 14.2 utilizando el comando xtologit. Los coeficientes y resultados de la estimación se presentan en la Tabla 2, junto con un modelo ordenado logístico simple (ologit) que no hace uso de la estructura longitudinal de los datos, es decir que no diferencia la secuencia de los ensayos para cada sujeto, para resaltar la variabilidad entre los sujetos entrenados.

Tabla 2 Coeficientes de Estimación de Regresión ordenada logística simple y panel

Modelo	Ordenado logístico panel (<i>xtologit</i>) N=50	Ordenado logístico simple (<i>ologit</i>) N=50
Variable dependiente: Estrategias BUNS Variables independientes: # de ensayos	Coeficientes	Coeficientes
1 (base)	-	-
2	3.7**	3.5**
3	4.9***	4.6***
4	5.1***	4.8***
5	5.1***	4.8***
6	5.3***	5.0***
7	5.3***	5.0***
8	5.5***	5.2***
9	5.8***	5.5***
10	5.8***	5.4***
11	5.8***	5.5***
12	5.9***	5.5***
13	5.9***	5.6***
14	6.2***	5.9***
15	6.0***	5.6***
16	6.2***	5.9***
Corte 1: Random-Serial Constante	4.1	3.9
Corte 2: Serial-Focused search Constante	4.4	4.2
Corte 3: Focused search-Long correction Constante	4.7	4.4
Corte 4: Long correction-Corrected Constante	5.7	5.3
Corte 5: Corrected-Direct Constante	8.2	7.7
$\hat{\sigma}_{\text{sujetos}}$ Constante	0.42	
Observaciones	800	800
Clusters (ratas)	50	50
Chi2	97.6	95.9
p-value	0.000	0.000

Nota: Errores estándar robustos. Leyenda: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En primer lugar, la lógica de estimar el modelo ordenado logístico con datos panel es justificada al ver que la desviación estándar entre los sujetos es alta, de 0.42, y esa variabilidad se refleja en las diferencias entre los coeficientes con el modelo ordenado logístico simple. Eso permitió distinguir más fácilmente cómo cada sujeto cambia su estrategia con respecto a los demás.

Ahora, con los resultados del modelo es posible combinar los cortes entre una y otra estrategia con los coeficientes estimados para cada ensayo, y describir cómo cambia la probabilidad de uso entre estrategias conforme avanzan los ensayos. Por ejemplo, para estimar la probabilidad de que entre el primer y segundo ensayo se pase del uso de la estrategia Random a la estrategia Serial, se toma la diferencia entre el corte correspondiente (Corte 1), cuyo coeficiente es 4.1, y el coeficiente del ensayo2, que es 3.7, y esta diferencia se incluye dentro de la distribución logística así: $\frac{1}{1+e^{4.1-3.7}} = 40\%$. Así, la probabilidad de pasar de la estrategia Random a la estrategia Serial del primer al segundo ensayo es de aproximadamente 40%.

Dado que la estimación de la probabilidad de cambio entre una estrategia y la que le sigue (naturaleza ordinal de la variable) debe calcularse combinando el coeficiente de cada ensayo con el de cada corte, se calculan las probabilidades del cambio en cada corte, para cada ensayo y se presentan en la Tabla 3.

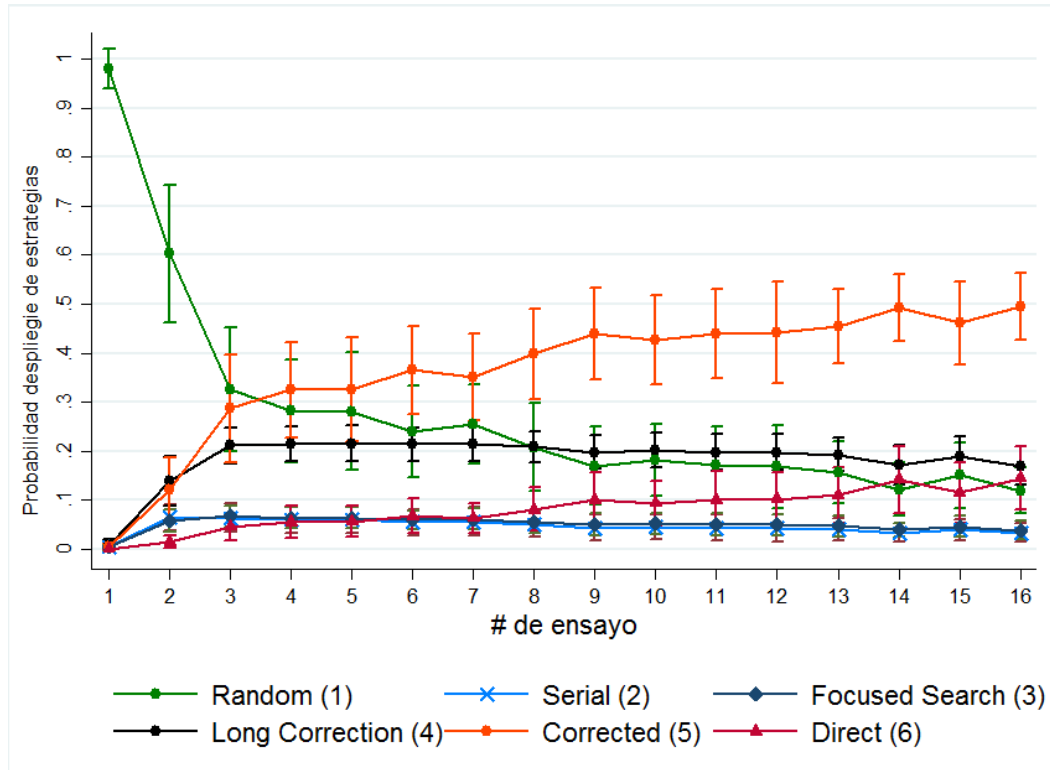
Tabla 3. Cálculo de la probabilidad de cambio ordenado entre estrategias

ensayo	Probabilidad $\Delta N=50$					
	Coef	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5
2	3,7	40%	33%	27%	12%	1%
3	4,9	69%	62%	55%	31%	4%
4	5,1	73%	67%	60%	35%	4%
5	5,1	73%	67%	60%	35%	4%
6	5,3	77%	71%	65%	40%	5%
7	5,3	77%	71%	65%	40%	5%
8	5,5	80%	75%	69%	45%	6%
9	5,8	85%	80%	75%	52%	8%
10	5,8	85%	80%	75%	52%	8%
11	5,8	85%	80%	75%	52%	8%
12	5,9	86%	82%	77%	55%	9%
13	5,9	86%	82%	77%	55%	9%
14	6,2	89%	86%	82%	62%	12%
15	6	87%	83%	79%	57%	10%
16	6,2	89%	86%	82%	62%	12%

Nota: La estimación de la probabilidad de cambio se calcula para cada corte teniendo en cuenta que Corte 1=4,1 ; Corte 2=4,4 ; Corte 3=4,7 ; Corte 4=7,5 ; y Corte 5=8,2.

Estas probabilidades de transición, para todas las estrategias y todos los ensayos, se resumen en la *Figura 5*.

Figura 5 Probabilidad estimada de uso de cada estrategia según modelo xtologit



De manera general, se confirma que la rápida caída en la probabilidad de uso de la estrategia *Random* es la señal más clara del proceso de aprendizaje, ya que dicha probabilidad cae de 97% en el primer ensayo a 27% en el cuarto ensayo, disminuyendo a niveles de 11-12% en los ensayos finales. La estrategia *Serial* se comienza a observar a partir del segundo ensayo, con una probabilidad de 6%, pero desde ahí comienza a disminuir su probabilidad hasta niveles del 3%.

El patrón de uso de estrategia *Serial* se replica en el caso de la estrategia *Focused search*, ya que esta alcanza un máximo de 6.7% en el ensayo 3 y comienza a descender su probabilidad hasta llegar a 4% en el último ensayo. Por otra parte, el uso de la estrategia *Long correction* aumenta rápidamente a partir

del tercer ensayo, alcanzando una probabilidad de 21% en dicho ensayo, disminuyendo solo a niveles de 17% en el ensayo final.

Más importante aún son las trayectorias de la probabilidad de uso de las estrategias *Corrected* y *Direct*. En el caso de la estrategia *Corrected*, la probabilidad aumenta rápidamente en los primeros ensayos y luego continúa creciendo a una velocidad menor: pasa de 12% en el segundo ensayo a 28% en el tercer ensayo, hasta alcanzar una probabilidad de 49% en el ensayo final.

Por su parte la estrategia *Direct* aumenta a una velocidad menor conforme avanzan los ensayos, alcanzando una probabilidad de 10% en el noveno ensayo, y a partir de ahí aumentando cerca de 0.5% en cada ensayo adicional hasta alcanzar 14% en el ensayo final. En el caso de la estrategia *Direct*, es relevante anotar el aumento en el intervalo de confianza de las estimaciones conforme avanzan los ensayos, ya que la mayor varianza a partir del segundo día de ensayos (i.e. a partir del ensayo 8) aumenta el rango que este intervalo representa y reduce la precisión con la que se puede estimar la trayectoria de uso de esa estrategia.

Figura 6 Probabilidad de despliegue de las estrategias espaciales, A) Focused search, B) Long correction, C) Corrected y D) Direct.

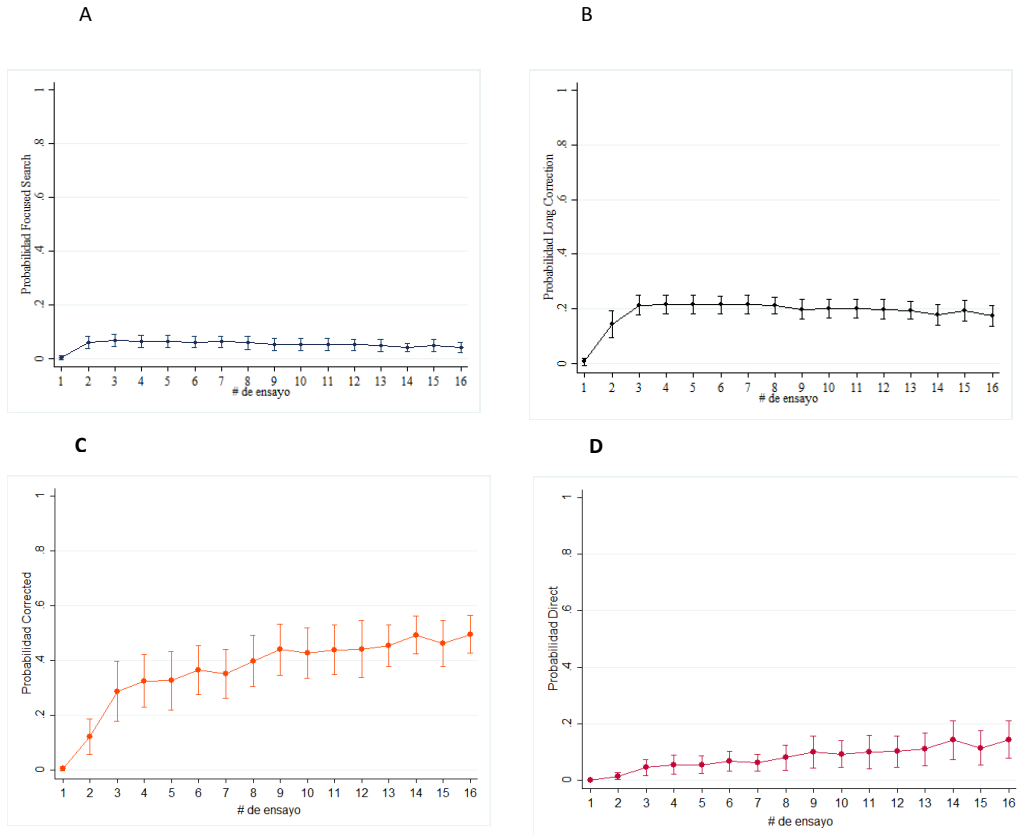
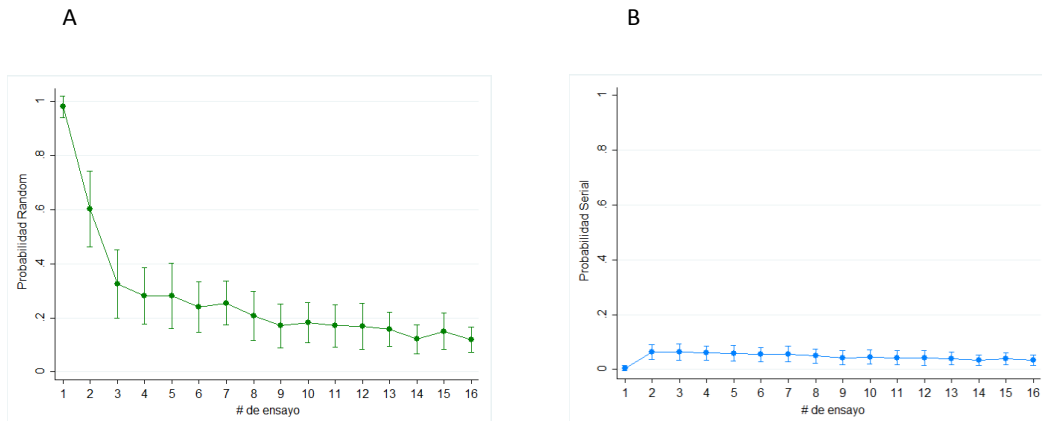


Figura 7 Probabilidad de despliegue de las estrategias no espaciales A) Random, B) Serial



En las Figuras 6 y 7 se puede observar con mayor claridad, la probabilidad de los cambios de cada estrategia de manera individual. Vale la pena resaltar que la variabilidad en el despliegue de las estrategias *Serial* y *Focused search* es significativamente menor que en el resto de las estrategias, por lo que la precisión en el cálculo de la probabilidad es mayor.

En la figura 6, en la que se agrupan las estrategias no espaciales (Illouz, et al., 2016) se puede observar con claridad la rápida disminución en la navegación aleatoria (*Random*), y también se puede observar que de manera consistente, la probabilidad de despliegue de la estrategia *Serial* de navegación es muy baja, y no aumenta hacia el final del entrenamiento, como algunos autores lo describen.

Por su parte, en la Figura 7, en la que se agrupan las estrategias espaciales, desde la menos espacial hasta la más espacial (Illouz, et al., 2016): *Focused search*, *Long correction*, *Corrected* y *Direct*; se puede observar que las estrategias más espaciales (*Corrected* y *Direct*) aumentan de manera constante, aunque la probabilidad de despliegue de la estrategia *Corrected* aumenta significativa y visiblemente a lo largo de todo el entrenamiento, mientras que la probabilidad de que un sujeto muestre una estrategia de navegación óptima: *Direct*, solo alcanza un $\approx 20\%$ hacia el final del entrenamiento.

4.3 Resultados del modelo de regresión multinomial logística (mlogit)

Para complementar los resultados del modelo ordenado logístico panel, se estimó el modelo multinomial logístico utilizando la estrategia *Random* como estrategia base. Esto permite identificar si hay transiciones entre estrategias que no sean secuenciales.

Como se puede ver en la Tabla 4, a través del modelo multinomial se identificó que existe una transición entre la estrategia *Random* a la estrategia *Long correction*, y que esa transición es estadísticamente significativa en cada ensayo. Esa relación no se encontró para ninguna otra estrategia.

Tabla 4 Coeficientes de la Estimación modelo multinomial logístico

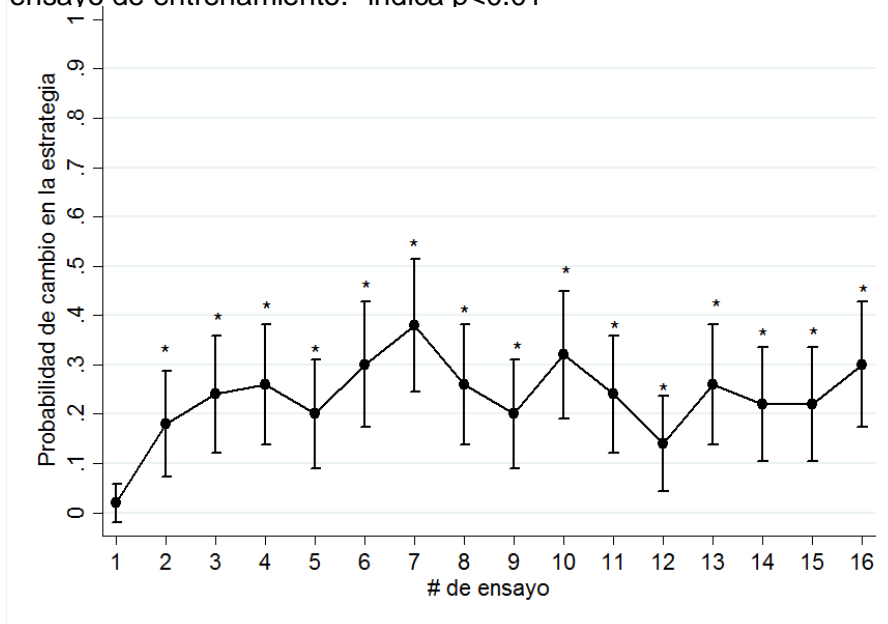
Estrategia base: (1): Random										
<i>Variables</i>	Serial	Error est.	Focused Search	Error est.	Long correction	Error est.	Corrected	Error est.	Direct	Error est.
Ensayo 2	18.15	-4,005	1.435	-4,457	<u>2.655**</u>	-1.079	16.56	-1,404	17.15	-2,98
Ensayo 3	19.26	-4,005	18.24	-3,799	<u>3.361***</u>	-1.086	17.86	-1,404	18.85	-2,98
Ensayo 4	18.47	-4,005	18.77	-3,799	<u>3.486***</u>	-1.090	18.57	-1,404	17.88	-2,98
Ensayo 5	18.81	-4,005	18.30	-3,799	<u>3.199***</u>	-1.099	18.50	-1,404	18.22	-2,98
Ensayo 6	19.18	-4,005	19.08	-3,799	<u>3.979***</u>	-1.093	18.88	-1,404	18.59	-2,98
Ensayo 7	19.28	-4,005	19.46	-3,799	<u>4.297***</u>	-1.090	18.79	-1,404	18.69	-2,98
Ensayo 8	18.78	-4,005	18.67	-3,799	<u>3.892***</u>	-1.096	18.98	-1,404	18.88	-2,98
Ensayo 9	19.67	-4,005	18.18	-3,799	<u>3.892***</u>	-1.115	19.23	-1,404	19.49	-2,98
Ensayo 10	19.23	-4,005	20.22	-3,799	<u>4.248***</u>	-1.124	19.44	-1,404	19.55	-2,98
Ensayo 11	18.98	-4,005	19.57	-3,799	<u>3.774***</u>	-1.121	19.23	-1,404	19.49	-2,98
Ensayo 12	19.18	-4,005	2.829	-4,27	<u>3.440***</u>	-1.120	19.17	-1,404	19.10	-2,98
Ensayo 13	19.38	-4,005	20.19	-3,799	<u>4.179***</u>	-1.145	19.81	-1,404	19.49	-2,98
Ensayo 14	3.374	-4,53	19.28	-3,799	<u>4.297***</u>	-1.139	19.93	-1,404	19.71	-2,98
Ensayo 15	18.40	-4,005	19.68	-3,799	<u>3.758***</u>	-1.135	19.53	-1,404	19.42	-2,98
Ensayo 16	19.38	-4,005	19.97	-3,799	<u>5.358***</u>	-1.196	20.51	-1,404	20.58	-2,98
Constante	-20.48	-4,005	-20.38	-3,799	<u>-3.892***</u>	-1.010	-18.39	-1,404	-19.89	-2,98
Observaciones	800		800		<u>800</u>		800		800	
Pseudo R2	0.10		0.10		<u>0.10</u>		0.10		0.10	

Nota: Leyenda: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

En la Tabla 4 se puede observar que la probabilidad de que un animal pase de desplegar una navegación de tipo *Random* a cualquier otra en cada ensayo, no es estadísticamente significativa, excepto para el cambio de *Random* a *Long correction*, que resulta estadísticamente significativo en todos los ensayos.

Teniendo en cuenta este hallazgo, se calculó mlogit nuevamente, pero utilizando como variable dependiente ordinal, el ordenamiento que hace el *cognitive score* (Illouz et al., 2016), el cual agrupa en un solo valor (0,5) a dos estrategias: *Focused Search* y *Long correction*. Se encontró que cuando se agrupan estas dos estrategias, la probabilidad de cambiar de *Random* a esta nueva categoría, es también significativa, como se muestra en la Figura 8, en la que se puede observar que en los ensayos 2 al 16, la probabilidad de que un sujeto pase de adoptar una navegación aleatoria (*Random*) a una *Focused search+Long correction* es estadísticamente significativa.

Figura 8 Probabilidad del cambio de estrategia Random=1 a Focused search+Long correction (cognitive score=0.5) para cada ensayo de entrenamiento.* indica p<0.01



Se realizó otra regresión logística ordenada panel (xtologit) para identificar la probabilidad del despliegue de cada estrategia de navegación, tomando como

variable independiente el origen de los animales. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 . Probabilidad de despliegue de estrategias dependiendo del origen del animal

Origen	% de despliegue de Estrategias											
	<i>Random</i>	<i>Error estd</i>	<i>Serial</i>	<i>Error estd</i>	<i>Focused search</i>	<i>Error estd</i>	<i>Long correction</i>	<i>Error estd</i>	<i>Corrected</i>	<i>Error estd</i>	<i>Direct</i>	<i>Error estd</i>
INS	23.9***	0.021	4.2***	0.010	4.9***	0.009	18.5***	0.012	39.4***	0.026	9.2***	0.016
Bioterio UNAL	36.1***	0.027	5.1***	0.012	5.6***	0.009	18.6***	0.014	29.1***	0.026	5.2***	0.009

Nota: Leyenda: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Se puede observar entonces, que los animales provenientes del Instituto Nacional de Salud tienen una probabilidad mayor de adoptar estrategias de navegación más espaciales (*Corrected* y *Direct*), que los animales provenientes del Bioterio de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia. Asimismo, esta estimación permite discernir que la variable *Origen* afecta de manera significativa la probabilidad de despliegue de todas las estrategias.

Por este motivo se realizó un análisis xtologit adicional en el cual se utilizan solo animales provenientes del Instituto Nacional de Salud. Vale la pena aclarar que no se realiza el mismo análisis para el grupo de animales proveniente del Bioterio de la Universidad Nacional dado que la muestra (13 animales) no cumple con las características de tamaño mínimas para realizar el cálculo de regresión.

En las siguientes dos tablas se presentan los resultados de la probabilidad de cambio entre estrategias en cada uno de los ensayos para el grupo de animales del INS (Tabla 6), y la diferencia de las probabilidades de cambios cuando se comparan el grupo completo de 50 animales y el de solo 37 (Tabla 7).

Tabla 6 Cálculo de la probabilidad de cambio ordenado entre estrategias

Probabilidad $\Delta N=37$						
ensayo	Coef	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5
2	3,3	37%	31%	26%	11%	1%
3	4,7	71%	66%	60%	33%	4%
4	5,0	77%	72%	66%	40%	5%
5	5,1	79%	74%	68%	42%	6%
6	5,1	79%	74%	69%	43%	6%
7	5,1	79%	75%	69%	44%	6%
8	5,4	83%	79%	74%	49%	8%
9	5,7	87%	84%	80%	57%	10%
10	5,9	89%	87%	83%	63%	12%
11	5,8	88%	84%	81%	59%	11%
12	5,9	89%	86%	83%	62%	12%
13	6,0	90%	88%	84%	65%	14%
14	5,8	88%	85%	82%	61%	12%
15	5,8	89%	86%	82%	61%	12%
16	6,1	91%	89%	86%	68%	15%

Tabla 7 Cálculo de la probabilidad de cambio ordenado entre estrategias

Diferencia de las probabilidades de $\Delta N=50$ Vs $N=37$					
ensayo	corte 1	corte 2	corte 3	corte 4	corte 5
2	3%	2%	1%	1%	0%
3	-2%	-4%	-5%	-2%	0%
4	-4%	-5%	-6%	-5%	-1%
5	-6%	-7%	-8%	-7%	-2%
6	-2%	-3%	-4%	-3%	-1%
7	-2%	-4%	-4%	-4%	-1%
8	-3%	-4%	-5%	-4%	-2%
9	-2%	-4%	-5%	-5%	-2%
10	-4%	-7%	-8%	-11%	-4%
11	-3%	-4%	-6%	-7%	-3%
12	-3%	-4%	-6%	-7%	-3%
13	-4%	-6%	-7%	-10%	-5%
14	1%	1%	0%	1%	0%
15	-2%	-3%	-3%	-4%	-2%
16	-2%	-3%	-4%	-6%	-3%

Se puede observar en la Tabla 7 que la probabilidad de cambio entre estrategias varía cuando se analiza una muestra compuesta por los dos orígenes frente a un solo origen

en un máximo de 11% para el cambio de *Long correction a Corrected* en el ensayo 10; con diferencias especialmente pequeñas en los cortes 1 y 5.

Los resultados de las regresiones realizadas para el grupo de origen INS se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8 Coeficientes de Estimación de Regresión ordenada logística simple y panel para el grupo de origen INS

Modelo	Ordenado logístico panel (<i>xtologit</i>) N=37	Ordenado logístico simple (<i>ologit</i>) N=37
Variable dependiente: Estrategias BUNS Variables independientes: # de ensayos	Coeficientes	Coeficientes
1 (base)	-	-
2	3.3**	3.1**
3	4.7***	4.4***
4	5.0***	4.7***
5	5.1***	4.8***
6	5.1***	4.8***
7	5.1***	4.8***
8	5.4***	5.1***
9	5.7***	5.3***
10	5.9***	5.5***
11	5.8***	5.4***
12	5.9***	5.5***
13	6.0***	5.6***
14	5.8***	5.4***
15	5.8***	5.5***
16	6.1***	5.7***
Corte 1: Random-Serial Constante	3.8	3.6
Corte 2: Serial-Focused search Constante	4.1	3.8
Constante	4.3	4.1
Constante	5.4	5.0
Corte 5: Corrected-Direct Constante	7.9	7.3
$\hat{\sigma}_{\text{sujetos}}$ Constante	0.47	

Observaciones	592	592
Clusters (ratas)	37	37
Chi2	82.88	78.37
p-value	0.000	0.000

Los resultados presentados en la Tabla 8 permiten observar que para este grupo, aunque más pequeño, se reporta mayor varianza (0.47) y Chi2 más bajo, lo que indica que para esta muestra, la variable número de ensayos tiene menos valor predictivo que para el grupo completo, lo que esto implica es que en este grupo puede haber variables que predigan en mayor grado el cambio en el despliegue de estrategias, que el número de ensayos.

Vale la pena resaltar que la regresión con el grupo de un solo origen se realizó únicamente como un ejercicio exploratorio, sin embargo en el modelo con 50 sujetos, la regresión integra las diferencias entre animales, que son los que realmente componen la muestra, por lo que no se consideraría una buena práctica metodológica utilizar únicamente el análisis de un solo origen.

5. Discusión

En este estudio se pretendió caracterizar de manera precisa mediante el uso de un software especializado (BUNS, Illouz, et al. 2016) y modelar de forma robusta mediante la utilización de regresiones logísticas ordenadas para datos panel y multinomiales, el despliegue de estrategias de navegación y aprendizaje de una tarea espacial entrenada en el Laberinto de Barnes durante 16 ensayos.

Se buscó también comprobar si en este instrumento (Laberinto circular de Barnes con especificaciones de diseño y procedimiento descritas por Vargas, et al., 2011), con este tipo de protocolo (8 ensayos por día, en 2 días consecutivos) se podía observar el fenómeno de cambio de estrategia de aprendizaje (y sistema de memoria implicado) cuando una tarea espacial se sobreentrena (Ritchie, et al., 1950; Hicks, 1964; Packard, 1996, 1999; Chang y Gold, 2003; Gardner et al., 2013).

Para comenzar, es de suprema importancia subrayar que Carrillo-Mora, Giordano y Santamaría (2009) afirman que la memoria no es una función cerebral simple, estática o aislada, sino una red compleja de manejo de información, y por lo tanto parece apropiado definirla en términos de sistemas de memoria, los cuales, Schacter y Tulving (1994) sugieren deben definirse en términos del tipo de información que procesan, el funcionamiento asociado con cada sistema, y el sustrato neurobiológico (estructuras y mecanismos) que subyace cada uno.

De la mano de diferentes clasificaciones de sistemas de memoria, que se mencionan más adelante, se encuentran las diferentes estrategias de navegación que también han sido descritas y clasificadas de diferentes formas, pero así como en los sistemas de memoria, se reconocen equivalencias y similitudes. Se reconoce entonces equivalencia entre las estrategias: espacial, de lugar, cognitiva y aloécéntrica; y entre: no espacial, de estímulo-respuesta, hábito y egocéntrica. El primer grupo se caracteriza por basarse en sistemas de memoria hipocampo-dependientes; y el segundo se basa en sistemas dependientes del núcleo caudado.

Además de las estrategias basadas en mecanismos espaciales o no espaciales, utilizadas por Harrison y colaboradores (2006), más recientemente Illouz y colaboradores (2016) describen 6 tipos de estrategias, incluidas las planteadas por Barnes (1980), añadiendo 3 estrategias intermedias o combinadas, las cuales se caracterizan por ir desde altamente espaciales hasta no espaciales.

Fue así como se llegó entonces a la clasificación no sesgada de las estrategias de navegación, que se logró mediante el uso del software BUNS (Illouz, et al., 2016), que permite una categorización precisa, eficiente, y bien diferenciada de las estrategias utilizadas por los animales para adquirir la tarea que se entrena en el Laberinto de Barnes, ya que Illouz y colaboradores (2016) demostraron al comparar la clasificación manual de 962 ensayos de entrenamiento, que esta forma de codificación de las estrategias conlleva sesgos significativos, mostrándose inconsistente entre experimentadores, aun cuando estos consideran los mismos parámetros.

Las estrategias espaciales en orden de más a menos espacial son: i) Direct o directa, en la que el animal identifica su posición y la de la meta y utiliza la trayectoria más corta para alcanzarla, es la estrategia óptima de adquisición de la tarea; ii) Corrected o corregida, en la cual el animal realiza una pequeña corrección en la trayectoria antes de alcanzar la meta; iii) Long correction o con corrección larga, en la que se puede observar que el animal se dirige a una región alejada de la meta y luego redirecciona su trayectoria para dirigirse directo a la meta; y iv) Focused search o de búsqueda focalizada, en la que se observa una exploración localizada de la región que rodea la meta (Illouz, et al., 2016, p. 3315).

Por otro lado, las estrategias no espaciales son: i) Serial o de búsqueda serial, estrategia en la que el animal explora un agujero y su adyacente de manera serial, y que refleja un método no-espacial pero sistemático de búsqueda de la meta; y finalmente ii) Random o búsqueda aleatoria, estrategia que refleja no haber adquirido la tarea, ya que el animal utiliza un método no sistemático de navegación (Illouz, et al., 2016, p. 3315).

Ahora bien, en los resultados del presente estudio se encontró, no solo que las estrategias espaciales son ampliamente predominantes a lo largo del entrenamiento, con una proporción que aumenta con el número de ensayos, llegando a un 92% de los animales desplegando estrategias espaciales en el último ensayo; sino también, que los sujetos muestran en mucha mayor proporción, estrategias corregidas frente a una “óptima” estrategia directa (Illouz, et al., 2016).

Vargas-López, Lamprea y Múnera (2011) dividieron el área del laberinto de Barnes utilizado en este estudio en 6 partes (zonas), y encontraron que la exploración de las zonas diferentes y más alejadas de la zona meta (agujero meta y sus dos agujeros adyacentes) decrece conforme se da el entrenamiento de los animales. No obstante, con el presente trabajo se determina que no solo decrece la exploración de zonas alejadas, sino que a pesar de que aumenta la precisión de la exploración, ésta tiende hacia exploraciones corregidas (Corrected) más que hacia la absoluta precisión (estrategia Direct).

A partir de lo anterior lo que se puede concluir es que los sujetos entrenados bajo este protocolo están aprendiendo con gran eficiencia la ubicación general o aproximada de la caja meta (zona meta), más que su ubicación absolutamente específica. La importancia de este hallazgo radica en que se podría sugerir entonces, que la clasificación de las estrategias de navegación puede ser un mejor indicador del aprendizaje, que las medidas convencionales: errores, velocidad, distancia o latencia; que se han utilizado hasta ahora, como ya lo ha descrito Illouz y colaboradores (2016).

Este hallazgo coincide entonces con lo descrito por estos mismos autores, cuando mencionan que a pesar de que se realice la acuciosa medición con parámetros convencionales, del aprendizaje en el Barnes (entiéndase latencia, distancia, eficiencia de la ruta y velocidad promedio), se puede incurrir en conclusiones que no aprovechan la información que sí brinda la clasificación de estrategias. Por ejemplo, cuando un animal, mediante una exploración no espacial pero rápida del laberinto, llega al agujero meta en poco tiempo (latencia), se estaría asumiendo una buena adquisición de una memoria espacial, cuando en realidad no se habría entrenado en una tarea espacial sino procedimental.

Este tipo de error en la valoración del desempeño, puede llevar a conclusiones teóricas acerca de un sistema de memoria (espacial, declarativo, explícito), cuando en realidad se entrenó o probó (test) otro sistema (no declarativo, procedimental, táxico), dado que la estrategia (espacial o no espacial) es un muy buen indicador del sistema de memoria implicado en la tarea que se está entrenando (Martínez y Kesner, 1998, 2014), por tal motivo a continuación se retoma de manera sucinta cada modelo.

Se debe recordar entonces que en el sistema de orientación de lugar / orientación táxica (O'Keefe y Nadel, 1978), la diferencia entre ambos yace en que el primero separa las huellas de memoria y las recobra mejor en situaciones novedosas, mientras que el segundo estaría encargado de combinarlas basándose en características comunes entre ellas.

En el modelo de Olton (1983) se distinguen dos sistemas: sistema de memoria de trabajo y sistema de memoria referencial (Olton, 1983; Olton, Becker, & Handelman, 1979); el primero encargado del procesamiento de eventos específicos; y el segundo a cargo del procesamiento de expectativas almacenadas ya en la memoria.

Por otro lado, Squire (1992, 2004) y Milner y colaboradores (1998), que utilizan la clasificación: declarativo y no declarativo. En el primero, las características singulares se identifican y codifican en un contexto temporo-espacial determinado, información que es recobrada de manera consciente. El segundo sistema, extrae progresivamente información implícita, de eventos separados con elementos comunes, y la recobra de manera inconsciente.

Cohen y Eichenbaum (1993) complementan este modelo dejando claro que el sistema no declarativo es en exceso amplio para denominar aquello descrito por Squire, por lo que como contraste al declarativo proponen un sistema procedimental. Por lo tanto, las habilidades mnésicas que no son declarativas no son de un solo tipo y no están soportadas por un solo sistema neural (Squire, 1992), siendo esta la diferencia fundamental entre la clasificación de sistemas de Squire y Cohen y Eichenbaum.

Kesner y DiMattia (1987, 1998, 2014) proponen tres sistemas de memoria que están compuestos por el mismo conjunto de atributos de memoria; uno basado en información, otro basado en conocimiento, y un último sistema basado en reglas. A pesar de que existen varios atributos, los más importantes son el espacio, tiempo, respuesta, sensopercepción, y valor reforzante (afecto).

Martínez y Kesner (1998, 2014) cotejan sus tres sistemas, con los demás descritos, cuando refieren que el sistema de memoria declarativa se diferencia del sistema de memoria basada en información en que la representación consciente de información es un proceso esencial de la memoria declarativa, mientras que no lo es en un sistema basado en información. Afirman también que el sistema de memoria de trabajo puede entenderse como un componente del sistema de memoria basado en información; mientras que el sistema de memoria referencial es similar al sistema de memoria basado en conocimiento. Y finalmente, el sistema de lugar (O'Keefe y Nadel, 1978) puede pensarse como un componente de un sistema de memoria basado en datos, mientras que el sistema táxico solo contiene algunos componentes del sistema de memoria basado en datos (Anexos 2-4).

Finalmente, White y McDonald (2002) describen una teoría de sistemas de memoria múltiples y paralelos, basados cada uno en una estructura neural central (hipocampo, estriado dorsal y amígdala) y sus conexiones.

En el presente trabajo y para el análisis de la información se utilizó una clasificación integrativa en un sistema declarativo/cognitivo, dependiente de los circuitos del hipocampo y la corteza prefrontal, que permite establecer relaciones entre múltiples fuentes de estímulos, apoyando la utilización flexible de información (Eichenbaum et al., 1990; Squire, 1998, en Baudonnat et al., 2011; White & McDonald, 2002; Schwabe, Schächinger, Kloet y Oitz, 2010), y otro sistema de memoria procedimental también llamada “de respuesta”, más bien inflexible, que se relaciona con habilidades motoras, hábitos y asociaciones de estímulo-respuesta, dependería del estriado dorsal (Reading et al., 1991; McDonald and White, 1994; Martel et al., 2007; Lee et al., 2008; en Baudonnat et al., 2011; Schwabe, et al., 2010).

Puntualmente, con los análisis realizados en el presente trabajo, se encuentra que la estrategia no espacial Serial es una que se utiliza en muy baja proporción (0% en el primer ensayo, 10% en el tercero donde alcanza su mayor despliegue, y 2% en el último ensayo) y con muy baja probabilidad, a lo largo de todos los entrenamientos. Se considera de gran importancia haber encontrado este resultado, ya que se puede concluir que el diseño mismo del protocolo y las adaptaciones específicas del instrumento, están logrando entrenar a los animales en una tarea casi exclusivamente espacial, por lo cual las aproximaciones teóricas deben darse en el orden de un sistema declarativo/cognitivo, de acuerdo a lo expuesto anteriormente.

Otro resultado que aporta a la robustez del instrumento utilizado en el Laboratorio de Neurociencias, es que en el análisis por regresión multinomial se puede ver que el único cambio estadísticamente significativo desde la exploración Random (que se entiende como ausencia de estrategia) es hacia estrategias de inclinación espacial, es decir que durante el entrenamiento los animales no utilizan una estrategia no espacial (Serial) como escalafón hacia estrategias espaciales. Nuevamente confirmando que se está entrenando en una tarea diferencialmente de memoria espacial y no procedimental (de estímulo-respuesta), y por ende basada en un sistema de memoria declarativo dependiente del hipocampo, a pesar de que Hamilton, Akers, Weisend y Sutherland (2007) refieren que los bordes de la plataforma podrían ser señales proximales suficientes.

Si se quisiera indagar por la competencia o preferencia entre estrategias de navegación (egocéntrica y allocéntrica) en el Laboratorio de Neurociencias, habría que incluir señales proximales claras (intralaberínticas) en el laberinto, aun teniendo en cuenta que Kealy y colaboradores (2008) refieren que ante la presentación de claves en conflicto (puntos de referencia y señales) los animales se guían por las distales más que por las proximales; con lo cual se haría alusión a los modelos de sistemas que compiten o actúan en paralelo (White y McDonald, 2002; Ritchie, 1950; Sweatt, 2010, p.5). Cabe mencionar que Hicks (1964) reportó que las claves extralaberínticas eran utilizadas en menor medida que las claves internas, en etapas tardías del entrenamiento.

Vale la pena resaltar que en el estudio realizado por Packard y McGaugh (1996) concluyeron que en un ambiente marcado por claves extra-laberínticas, una estrategia de aprendizaje espacial dependiente del hipocampo se adquiere más rápido que una estrategia de respuesta dependiente del núcleo caudado.

Igualmente, si se quisiera evaluar el despliegue de estrategias basadas en sistemas de memoria procedimentales también podría considerarse utilizar una caja de salida que permita fijar la posición en que el animal comienza la exploración, y así, evaluar la adopción de estrategias basadas en claves idiotéticas o secuencias motoras.

Finalmente, y con respecto al cuestionamiento acerca del fenómeno de cambio de estrategia de aprendizaje, se encontró a partir de los resultados de frecuencia y probabilidad descritos, que con el aumento en el número de ensayos de entrenamiento, no se observa un cambio en el despliegue de estrategias, de más espaciales a menos espaciales, como lo ha descrito consistentemente la bibliografía (Ritchie, et al., 1950; Hicks, 1964; Packard, 1996, 1999; Chang y Gold, 2003; Gardner et al., 2013).

Vale la pena mencionar que en los estudios en los que se ha observado esta dirección en el cambio de estrategias utilizan instrumentos diferentes al descrito y utilizado en este trabajo; y realizan entrenamientos caracterizados por protocolos considerablemente más extensos que los descritos para este proyecto. Por ejemplo, Packard y McGaugh (1996), para el estudio del involucramiento del hipocampo y del núcleo caudado en el aprendizaje espacial, utilizaron un laberinto en cruz elevado 75cm del suelo, pintado de color gris. Los brazos del laberinto tenían paredes de plexiglás transparente que permitían la fácil visualización de las múltiples pistas extralaberínticas, y el laberinto era limpiado a diario para eliminar posibles señales olfatorias intralaberínticas.

Y entonces, Packard y McGaugh (1996) pretendieron hallar una doble disociación de las estructuras mencionadas, mediante su inactivación funcional bilateral (con infusiones de lidocaína). Estos autores utilizaron ratas Sprague–Dawley y 3 minutos antes de la prueba de memoria realizada en los días 8 y 16 de entrenamiento, los animales recibieron una inyección bilateral de solución salina o una solución de clorhidrato de lidocaína en el hipocampo dorsal o el núcleo caudado dorsolateral. La clasificación de las estrategias se definió: de lugar (espacial) y de respuesta (no espacial).

Las ratas que fueron tratadas con solución salina (en ambas ubicaciones) desplegaron estrategia de aprendizaje espacial en la prueba del día 8; y estrategia de respuesta en la prueba del día 16, indicando que con entrenamiento extensivo hay un cambio en los mecanismos de aprendizaje. A las ratas que se les inyectó lidocaína en el hipocampo no mostraron preferencia por ninguna de los dos tipos de estrategia en la prueba del día 8, pero desplegaron una estrategia de respuesta en el día 16, indicando el bloqueo del aprendizaje espacial luego de la inactivación del hipocampo. Por su parte, ratas a las que se les inyectó lidocaína en el núcleo caudado dorsolateral demostraron la utilización de una estrategia espacial tanto en la prueba del día 8 como en la del día 16, por lo que se infiere que la inyección de lidocaína en esta ubicación bloqueó el aprendizaje de respuesta (Packard y McGaugh, 1996).

Es así como finalmente estos autores concluyeron que cuando los animales, con entrenamiento extenso (sobreentrenamiento) cambian de estrategia, de una espacial hacia una de respuesta, la representación espacial dependiente del hipocampo se mantiene intacta (Packard y McGaugh, 1996), resultados que son corroborados (con la utilización del mismo instrumento pero con ratas Long-Evans) por un estudio de Packard (1999).

Dos ejemplos, de mediados del siglo XX, del cambio de estrategia de navegación dada la intensidad o extensión del entrenamiento fueron los estudios realizados por Ritchie y colaboradores (1950) y Hicks (1964). En el primero, los autores utilizaron un laberinto en T y encontraron que “en etapas tempranas, con la adquisición de una disposición de lugar, con práctica continua, involucrando repetición frecuente de la respuesta aprendida, se desarrolla un hábito cinestésico” (p.84). En el segundo, Hicks (1964) diseñó un estudio para probar la hipótesis de Ritchie de que el incremento en la práctica facilita la formación de hábitos cinestésicos, utilizando un laberinto en cruz con brazos de 20 pulgadas de largo, 6 de ancho y paredes translúcidas de 16 pulgadas de alto. Este autor refirió que el cambio de estrategia se pudo observar con claridad luego de 50 ensayos de sobrentrenamiento.

Otro ejemplo de estudio en el que se encuentra que el entrenamiento extensivo lleva a un cambio de estrategia, fue el realizado por Chang y Gold (2003), estos autores utilizaron ratas Sprague-Dawley entrenadas en un laberinto en cruz con un protocolo que suma 100 ensayos de entrenamiento en total (dividido en 5 bloques de 20 ensayos), todo en un solo día. Concluyeron que las ratas inicialmente mostraron un cambio, con entrenamiento extenso, de estrategia de lugar (o cognitiva) a de respuesta (o hábito).

Más recientemente, Gardner y colaboradores (2013) entrenaron en un laberinto en T, ratas macho hooded Long-Evans (Anexo 8). El entrenamiento se hizo a diario, a lo largo de 5 semanas, y encontraron que “no solo el desempeño general mejora o se vuelve más efectivo, sino que la estrategia cognitiva subyacente cambia” (p.648), específicamente, la formación de hábitos resultaría de un cambio progresivo incremental que se aleja del uso de estrategias de lugar, flexibles, hacia el uso de estrategias de respuesta automáticas e inflexibles.

Por lo tanto, a pesar de que se ha propuesto (Ritchie, et al., 1950; Hicks, 1964; Packard, 1996, 1999; Chang y Gold, 2003; Gardner et al., 2013) que los animales, al inicio del entrenamiento, utilizan una estrategia de navegación allocéntrica, dependiente del hipocampo y basada en un sistema de memoria declarativa, y luego del entrenamiento extenso cambian a un mecanismo más procedimental basado en un sistema dependiente del cuerpo estriado; el hallazgo del presente trabajo, que describe que la probabilidad de despliegue de estrategias espaciales aumenta a lo largo de los ensayos, es consistente con los hallazgos descritos por Kealy y colaboradores (2008).

Estos autores (Kealy, et al., 2008) previeron en su estudio que los animales entrenados en el Laberinto acuático de Morris durante 12 días exhibirían un cambio de estrategia, de más espacial al inicio del entrenamiento, a más procedimental hacia el final del extensivo procedimiento, y sin embargo lo que encontraron fue que la estrategia que adoptaron los animales dependía cada vez más de las claves distales, es decir, la estrategia que los animales adoptaron fue cada vez más espacial (hipocampo-dependiente). Este resultado es consistente con lo descrito en el presente estudio en tanto se logra evidenciar que conforme aumenta el número de ensayos de entrenamiento, la probabilidad de que un animal asuma una estrategia Corrected (espacial, hipocampo-dependiente) aumenta

constantemente a partir del segundo ensayo, alcanzando una probabilidad de despliegue de 49% en el ensayo final.

Se sugiere para estudios a futuro, incluir la evaluación del despliegue de estrategias en las pruebas de memoria posteriores al entrenamiento, utilizando grupos experimentales para conseguir explorar el efecto de diferentes tratamientos en esta variable, tomando como insumo el hallazgo de que actualmente se está entrenando en una tarea hipocampo-dependiente. También podría realizarse un estudio aumentando de manera significativa el número de ensayos de entrenamiento, pero se debe tener en cuenta que puede resultar extenuante y costoso.

Finalmente, los modelos probabilísticos obtenidos a partir de las regresiones presentadas, permiten lograr un grado conservador de predicción de despliegue de estrategias de navegación en animales que se entrenen bajo las mismas condiciones establecidas en el presente estudio. Por lo tanto la aproximación probabilística acá utilizada aporta a la construcción de modelos comportamentales robustos en el Laboratorio de Neurociencias que pueden permitir, a futuro, elegir momentos específicos para realizar intervenciones o mediciones (comportamentales o fisiológicas).

6. Bibliografía

- Barnes CA, Nadel L, Honig WK (1980) Spatial memory deficit in senescent rats. *Canadian Journal of Psychology*. 34:29–39
- Barnes, C. A. (1979). Memory deficits associated with senescence: a neurophysiological and behavioral study in the rat. *Journal Of Comparative And Physiological Psychology*, 93(1), 74-104.
- Baudonnat, M., Guillou, J. L., Husson, M., Vandesquille, M., Corio, M., Decorte, L., & David, V. (2011). Disrupting effect of drug-induced reward on spatial but not cue-guided learning: implication of the striatal protein kinase A/cAMP response element-binding protein pathway. *Journal of Neuroscience*, 31(46), 16517-16528.
- Benhamou, S., & Poucet, B. (1995). A comparative analysis of spatial memory processes. *Behavioural Processes*, 35(1-3), 113-126.
- Bimonte-Nelson, H. A. (2015). *The maze book: Theories, practice, and protocols for testing rodent cognition*. Springer New York.
- Blodgett, H. C., McCutchan, K., & Mathews, R. (1949). Spatial learning in the T maze: The influence of direction, turn, and food location. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 800 – 809.
- Bruner, J. S. (1969). *Modalities of memory*. In G. A. Talland & N. C. Waugh (Eds.), *The pathology of memory* (pp. 253–259). New York: Academic Press
- Bunsey, M., & Eichenbaum, H. (1996). Conservation of hippocampal memory function in rats and humans. *Nature*, 379(6562), 255.
- Burgess, N. (2006). Spatial memory: how egocentric and allocentric combine. *Trends in cognitive sciences*, 10(12), 551-557.
- Burgess, N. E., Jeffery, K. J., & O'Keefe, J. E. (1999). *The hippocampal and parietal foundations of spatial cognition*. Oxford University Press.
- Carlson, N. (2005) *Fisiología de la conducta*. Madrid. Person.
- Carrillo-Mora, P., Giordano, M. & Santamaría, A. (2009). Spatial memory: Theoretical basis and comparative review on experimental methods in rodents. *Behavioural brain research*, 203(2), 151-164.
- Chang, Q., & Gold, P. E. (2003). Switching memory systems during learning: changes in patterns of brain acetylcholine release in the hippocampus and striatum in rats. *Journal of Neuroscience*, 23(7), 3001-3005

- Cohen, N. J., & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: Dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, 210(4466), 207-210.
- Cohen, N. J., Poldrack, R. A., & Eichenbaum, H. (1997). Memory for items and memory for relations in the procedural/declarative memory framework. *Memory*, 5(1-2), 131-178.
- Eichenbaum, H. (1993). *Memory, amnesia, and the hippocampal system*. MIT press.
- Eichenbaum, H. (1997). Declarative memory: Insights from cognitive neurobiology. *Annual review of psychology*, 48(1), 547-572.
- Eichenbaum, H. (2004). Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*, 44(1), 109-120.
- Eichenbaum, H., & Cohen, N. J. (2004). From conditioning to conscious recollection: Memory systems of the brain (No. 35). Oxford University Press on Demand.
- Eichenbaum, H., & Cohen, N. J. (2014). Can we reconcile the declarative memory and spatial navigation views on hippocampal function?. *Neuron*, 83(4), 764-770.
- Eichenbaum, H., Otto, T., & Cohen, N. J. (1994). Two functional components of the hippocampal memory system. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(3), 449-472.
- Gardner, R. S., Uttaro, M. R., Fleming, S. E., Suarez, D. F., Ascoli, G. A., & Dumas, T. C. (2013). A secondary working memory challenge preserves primary place strategies despite overtraining. *Learning & Memory*, 20(11), 648-656.
- Hamilton DA, Akers KG, Weisend MP, Sutherland RJ. 2007. How do room and apparatus cues control navigation in the Morris water task? Evidence for distinct contributions to a movement vector. *Journal of Experimental Psychology and Animal Behavior Procedures*. 33:100–114.
- Harrison, F. E., Reiserer, R. S., Tomarken, A. J., & McDonald, M. P. (2006). Spatial and nonspatial escape strategies in the Barnes maze. *Learning & memory*, 13(6), 809-819.
- Harrison, F., Hosseini, A. & McDonald, M. (2009) Endogenous anxiety and stress responses in water maze and Barnes maze spatial memory tasks. *Behavioural Brain Research*, 198(1): 247–251.
- Hicks LH. 1964. Effects of overtraining on acquisition and reversal of place and response learning. *Psychological Reports*. 15: 459–462.

- Illouz, T., Madar, R., Clague, C., Griffioen, K. J., Louzoun, Y., & Okun, E. (2016). Unbiased classification of spatial strategies in the Barnes maze. *Bioinformatics*, 32(21): 3314-3320.
- Izquierdo, I., Medina, J., Vianna, M., Izquierdo, L. & Barros, D. (1999) Separate mechanisms for short- and long-term memory. *Behavioural Brain Reserach*, 103, 1-11.
- Jašarević, E., Williams, S. A., Roberts, R. M., Geary, D. C., & Rosenfeld, C. S. (2012). Spatial navigation strategies in *Peromyscus*: a comparative study. *Animal behaviour*, 84(5), 1141-1149.
- Kealy, J., Diviney, M., Kehoe, E., McGonagle, V., O'shea, A., Harvey, D., & Commins, S. (2008). The effects of overtraining in the Morris water maze on allocentric and egocentric learning strategies in rats. *Behavioural brain research*, 192(2), 259-263.
- Kesner, R. P. (2007). A behavioral analysis of dentate gyrus function. *Progress in brain research*, 163, 567-576.
- Kesner, R. P., & DiMattia, B. V. (1987). Neurobiology of an attribute model of memory. *Progress in psychobiology and physiological psychology*, 12, 207-277.
- Long, S. J., Long, J. S., & Freese, J. (2006). *Regression models for categorical dependent variables using Stata*. 3rd Edition. Texas. Stata press.
- Lozano, Y. R., Serafín, N., Prado-Alcalá, R. A., Roozendaal, B., & Quirarte, G. L. (2013). Glucocorticoids in the dorsomedial striatum modulate the consolidation of spatial but not procedural memory. *Neurobiology of learning and memory*, 101, 55-64.
- Martin, S. J., & Clark, R. E. (2007). The rodent hippocampus and spatial memory: from synapses to systems. *Cellular and molecular life sciences*, 64(4), 401-431.
- Martinez Jr, J. L., & Kesner, R. P. (Eds.). (1998). *Neurobiology of learning and memory*. Elsevier.
- Martinez Jr, J. L., & Kesner, R. P. (Eds.). (2014). *Learning and memory: A biological view*. Elsevier.
- McDonald, R. J., & White, N. M. (1993). A triple dissociation of memory systems: Hippocampus, amygdala, and dorsal striatum. *Behavioral Neuroscience*, 107, 3-22.
- McGaugh, J. L. (1966). Time-dependent processes in memory storage. *Science*, 153, 1351-1358.
- McGauran, A. M. T., Harvey, D., Cunningham, L., Craig, S., & Commins, S. (2004). Retention of cue-based associations in the water maze is time-dependent and

sensitive to disruption by rotating the starting position. *Behavioural brain research*, 151(1), 255-266.

- Milner, B., Squire, L. R., & Kandel, E. R. (1998). Cognitive neuroscience and the study of memory. *Neuron*, 20(3), 445-468
- Moghaddam, M., & Bures, J. (1996). Contribution of egocentric spatial memory to place navigation of rats in the Morris water maze. *Behavioural brain research*, 78(2), 121-129.
- Morris, R. G. M., Hagan, J. J., & Rawlins, J. N. P. (1986). Allocentric spatial learning by hippocampectomised rats: a further test of the “spatial mapping” and “working memory” theories of hippocampal function. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 38(4), 365-395.
- Nadel, L. (1994). Multiple memory systems: What and why, an update. *Memory systems*, 1994, 39-63.
- O'keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- O'Leary, T. P., & Brown, R. E. (2013). Optimization of apparatus design and behavioral measures for the assessment of visuo-spatial learning and memory of mice on the Barnes maze. *Learning & Memory*, 20(2), 85-96.
- Olton, D. S. (1983). The use of animal models to evaluate the effects of neurotoxins on cognitive processes. *Neurobehavioral Toxicology & Teratology*.
- Olton, D. S., Becker, J. T., & Handelmann, G. E. (1979). Hippocampus, space, and memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 2(3), 313-322.
- Packard, M. G. (1999). Glutamate infused posttraining into the hippocampus or caudate-putamen differentially strengthens place and response learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(22), 12881-12886.
- Packard, M. G., & McGaugh, J. L. (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.
- Paul, C. M., Magda, G., & Abel, S. (2009). Spatial memory: Theoretical basis and comparative review on experimental methods in rodents. *Behavioural brain research*, 203(2), 151-164.

- Prut, L., Abramowski, D., Krucker, T., Levy, C. L., Roberts, A. J., Staufenbiel, M., & Wiessner, C. (2007). Aged APP23 mice show a delay in switching to the use of a strategy in the Barnes maze. *Behavioural brain research*, 179(1), 107-110.
- Quirarte, G. L., de la Teja, I. S. L., Casillas, M., Serafín, N., Prado Alcalá, R. A., & Roozendaal, B. (2009). Corticosterone infused into the dorsal striatum selectively enhances memory consolidation of cued water-maze training. *Learning & Memory*, 16(10), 586-589.
- Restle, F. (1957). Discrimination of cues in mazes: A resolution of the "place-vs.-response" question. *Psychological review*, 64(4), 217.
- Ritchie, B. F., Aeschliman, B., & Pierce, P. (1950). Studies in spatial learning. VIII. Place performance and the acquisition of place dispositions. *Journal of comparative and physiological psychology*, 43(2), 73.
- Rodríguez, D. (2010) *Efectos del Estrés y la Inyección Sistémica de Corticosterona en la Estrategia de Navegación Durante la Evaluación de una Tarea de Aprendizaje Espacial en el Laberinto de Barnes* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez-Ortiz, C., García-DeLaTorre, P., Benavidez, E., Ballesteros, M. & Bermúdez-Rattoni, F. (2008) Intrahippocampal anisomycin infusions disrupt previously consolidated spatial memory only when memory is updated. *Neurobiology of Learning and Memory*, 89, 352–359.
- Rosenfeld, C. S., & Ferguson, S. A. (2014). Barnes maze testing strategies with small and large rodent models. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (84).
- Rudy, J. W. (2008). The neurobiology of learning and memory. *Psychology*, 4032, 5032.
- Ryle, G. (1949). *The concept of mind*. San Francisco, CA: Hutchinson
- Sandi, C. & Pinelo-Nava, T. (2007). Stress and Memory: Behavioral Effects and Neurobiological Mechanisms. *Neural Plasticity*, 1-20.
- Sandi, C., Loscertales, M. & Guanza, C. (1997). Experience-dependent facilitating effect of corticosterone on spatial memory formation in the water maze. *European Journal of Neuroscience*, 9, 637–642.
- Sarkisyan, G., & Hedlund, P. B. (2009). The 5-HT₇ receptor is involved in allocentric spatial memory information processing. *Behavioural brain research*, 202(1), 26-31.

- Save, E., & Poucet, B. (2000). Hippocampal-parietal cortical interactions in spatial cognition. *Hippocampus*, 10(4), 491-499.
- Save, E., & Poucet, B. (2000). Involvement of the hippocampus and associative parietal cortex in the use of proximal and distal landmarks for navigation. *Behavioural brain research*, 109(2), 195-206.
- Save, E., Nerad, L., & Poucet, B. (2000). Contribution of multiple sensory information to place field stability in hippocampal place cells. *Hippocampus*, 10(1), 64-76.
- Schacter, D. L. (1987). Implicit memory: History and current status. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 13(3), 501.
- Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). Memory systems 1994. *Memory Systems 1994*.
- Schimanski, L. A., & Barnes, C. A. (2015). *Insights into age-related cognitive decline: Coupling neurophysiological and behavioral approaches. The Maze Book: Theories, Practice, and Protocols for Testing Rodent Cognition*, 121-142.
- Schmitzer-Torbert, N. (2007). Place and response learning in human virtual navigation: behavioral measures and gender differences. *Behavioral neuroscience*, 121(2), 277-290.
- Schwabe, L., & Wolf, O. T. (2012). Stress modulates the engagement of multiple memory systems in classification learning. *Journal of Neuroscience*, 32(32), 11042-11049.
- Schwabe, L., Oitzl, M. S., Philippson, C., Richter, S., Bohringer, A., Wippich, W., & Schachinger, H. (2007). Stress modulates the use of spatial versus stimulus-response learning strategies in humans. *Learning & memory*, 14(1-2), 109-116.
- Schwabe, L., Schächinger, H., de Kloet, E. R., & Oitzl, M. S. (2010). Corticosteroids operate as a switch between memory systems. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(7), 1362-1372
- Skinner, D. M., Etchegary, C. M., Ekert-Maret, E. C., Baker, C. J., Harley, C. W., Evans, J. H., & Martin, G. M. (2003). An analysis of response, direction and place learning in an open field and T maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Procedures*, 29, 3–13
- Squire, L. R. (1983). *The hippocampus and the neuropsychology of memory*. In W. Seifert (Ed.), *Neurobiology of the hippocampus*. New York: Academic Press.

- Squire, L. R. (1992). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(3), 232-243.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, 82(3), 171-177.
- Squire, L. R., & Kandel, E. R. (1999). *Memory: From Mind to Molecules* (distributed by W. H. Freeman and Co.). New York: Scientific American Library.
- Squire, L. R., & Zola, S. M. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), 13515-13522.
- Squire, L. R., & Zola-Morgan, S. (1988). Memory: brain systems and behavior. *Trends in neurosciences*, 11(4), 170-175.
- StataCorp, L. P. (2015). *College Station, TX. STATA® Software Version*, 13.
- Stringer, K. G., Martin, G. M., & Skinner, D. M. (2005). The effects of hippocampal lesions on response, direction, and place learning in rats. *Behavioral neuroscience*, 119(4), 946.
- Sunyer, B., Patil, S., Hoger, H. & Lubec, G. (2007) Barnes maze, a useful task to assess spatial reference memory in the mice. *Nature*, 198, 58–68.
- Sweatt, J. (2010) *Mechanisms of memory*. Oxford: Academic Press.
- Tolman, E. C. (1938). The determiners of behavior at a choice point. *Psychological Review*, 45(1), 1.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and man. *Psychological Review*, 55, 189–208.)
- Troncoso, J., Lamprea, M., Cuestas, M. & Múnera, A. (2010) El estrés agudo interfiere con la evocación y promueve la extinción de la memoria espacial en el laberinto de Barnes. *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 207-222.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 26(1), 1.
- Tulving, E., Schacter, D., & Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent on recognition memory. *Learning, Memory and Cognition*, 8, 336–341.
- Vargas, V., Lamprea, M. & Múnera, A. (2011). Characterizing spatial extinction in an abbreviated version of the Barnes maze. *Behavioural Processes*, 86, 1, 30-38.

- Vorhees, C. & Williams, M. (2014) Assessing Spatial Learning and Memory in Rodents. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*, 55(2), 310-332.
- White, N. M., & McDonald, R. J. (2002). Multiple parallel memory systems in the brain of the rat. *Neurobiology of learning and memory*, 77(2), 125-184.
- Winograd, T. (1975). Frame representations and the declarative/procedural controversy. *In Representation and understanding* (pp. 185-210 Barnes CA, Nadel L, Honig WK (1980) Spatial memory deficit in senescent rats. *Canadian Journal of Psychology*. 34:29–39
- Barnes, C. A. (1979). Memory deficits associated with senescence: a neurophysiological and behavioral study in the rat. *Journal Of Comparative And Physiological Psychology*, 93(1), 74-104.
- Baudonnat, M., Guillou, J. L., Husson, M., Vandesquille, M., Corio, M., Decorte, L., & David, V. (2011). Disrupting effect of drug-induced reward on spatial but not cue-guided learning: implication of the striatal protein kinase A/cAMP response element-binding protein pathway. *Journal of Neuroscience*, 31(46), 16517-16528.
- Benhamou, S., & Poucet, B. (1995). A comparative analysis of spatial memory processes. *Behavioural Processes*, 35(1-3), 113-126.
- Bimonte-Nelson, H. A. (2015). *The maze book: Theories, practice, and protocols for testing rodent cognition*. Springer New York.
- Blodgett, H. C., McCutchan, K., & Mathews, R. (1949). Spatial learning in the T maze: The influence of direction, turn, and food location. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 800 – 809.
- Bruner, J. S. (1969). Modalities of memory. In G. A. Talland & N. C. Waugh (Eds.), *The pathology of memory* (pp. 253–259). New York: Academic Press
- Bunsey, M., & Eichenbaum, H. (1996). Conservation of hippocampal memory function in rats and humans. *Nature*, 379(6562), 255.
- Burgess, N. (2006). Spatial memory: how egocentric and allocentric combine. *Trends in cognitive sciences*, 10(12), 551-557.
- Burgess, N. E., Jeffery, K. J., & O'Keefe, J. E. (1999). *The hippocampal and parietal foundations of spatial cognition*. Oxford University Press.
- Carlson, N. (2005) *Fisiología de la conducta*. Madrid. Person.

- Carrillo-Mora, P., Giordano, M. & Santamaría, A. (2009). Spatial memory: Theoretical basis and comparative review on experimental methods in rodents. *Behavioural brain research*, 203(2), 151-164.
- Chang, Q., & Gold, P. E. (2003). Switching memory systems during learning: changes in patterns of brain acetylcholine release in the hippocampus and striatum in rats. *Journal of Neuroscience*, 23(7), 3001-3005
- Cohen, N. J., & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: Dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, 210(4466), 207-210.
- Cohen, N. J., Poldrack, R. A., & Eichenbaum, H. (1997). Memory for items and memory for relations in the procedural/declarative memory framework. *Memory*, 5(1-2), 131-178.
- Eichenbaum, H. (1993). *Memory, amnesia, and the hippocampal system*. MIT press.
- Eichenbaum, H. (1997). Declarative memory: Insights from cognitive neurobiology. *Annual review of psychology*, 48(1), 547-572.
- Eichenbaum, H. (2004). Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*, 44(1), 109-120.
- Eichenbaum, H., & Cohen, N. J. (2004). *From conditioning to conscious recollection: Memory systems of the brain* (No. 35). Oxford University Press on Demand.
- Eichenbaum, H., & Cohen, N. J. (2014). Can we reconcile the declarative memory and spatial navigation views on hippocampal function?. *Neuron*, 83(4), 764-770.
- Eichenbaum, H., Otto, T., & Cohen, N. J. (1994). Two functional components of the hippocampal memory system. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(3), 449-472.
- Gardner, R. S., Uttaro, M. R., Fleming, S. E., Suarez, D. F., Ascoli, G. A., & Dumas, T. C. (2013). A secondary working memory challenge preserves primary place strategies despite overtraining. *Learning & Memory*, 20(11), 648-656.
- Hamilton DA, Akers KG, Weisend MP, Sutherland RJ. 2007. How do room and apparatus cues control navigation in the Morris water task? Evidence for distinct contributions to a movement vector. *Journal of Experimental Psychology and Animal Behavior Procedures*. 33:100–114.
- Harrison, F. E., Reiserer, R. S., Tomarken, A. J., & McDonald, M. P. (2006). Spatial and nonspatial escape strategies in the Barnes maze. *Learning & memory*, 13(6), 809-819.

- Harrison, F., Hosseini, A. & McDonald, M. (2009) Endogenous anxiety and stress responses in water maze and Barnes maze spatial memory tasks. *Behavioural Brain Research*, 198(1): 247–251.
- Hicks LH. 1964. Effects of overtraining on acquisition and reversal of place and response learning. *Psychological Reports*. 15: 459–462.
- Illouz, T., Madar, R., Clague, C., Griffioen, K. J., Louzoun, Y., & Okun, E. (2016). Unbiased classification of spatial strategies in the Barnes maze. *Bioinformatics*. 32(21): 3314-3320.
- Izquierdo, I., Medina, J., Vianna, M., Izquierdo, L. & Barros, D. (1999) Separate mechanisms for short- and long-term memory. *Behavioural Brain Research*, 103, 1-11.
- Jašarević, E., Williams, S. A., Roberts, R. M., Geary, D. C., & Rosenfeld, C. S. (2012). Spatial navigation strategies in *Peromyscus*: a comparative study. *Animal behaviour*, 84(5), 1141-1149.
- Kealy, J., Diviney, M., Kehoe, E., McGonagle, V., O'shea, A., Harvey, D., & Commins, S. (2008). The effects of overtraining in the Morris water maze on allocentric and egocentric learning strategies in rats. *Behavioural brain research*, 192(2), 259-263.
- Kesner, R. P. (2007). A behavioral analysis of dentate gyrus function. *Progress in brain research*, 163, 567-576.
- Kesner, R. P., & DiMattia, B. V. (1987). Neurobiology of an attribute model of memory. *Progress in psychobiology and physiological psychology*, 12, 207-277.
- Long, S. J., Long, J. S., & Freese, J. (2006). *Regression models for categorical dependent variables using Stata*. 3rd Edition. Texas. Stata press.
- Lozano, Y. R., Serafin, N., Prado-Alcalá, R. A., Roozendaal, B., & Quirarte, G. L. (2013). Glucocorticoids in the dorsomedial striatum modulate the consolidation of spatial but not procedural memory. *Neurobiology of learning and memory*, 101, 55-64.
- Martin, S. J., & Clark, R. E. (2007). The rodent hippocampus and spatial memory: from synapses to systems. *Cellular and molecular life sciences*, 64(4), 401-431.
- Martinez Jr, J. L., & Kesner, R. P. (Eds.). (1998). *Neurobiology of learning and memory*. Elsevier.
- Martinez Jr, J. L., & Kesner, R. P. (Eds.). (2014). *Learning and memory: A biological view*. Elsevier.

- McDonald, R. J., & White, N. M. (1993). A triple dissociation of memory systems: Hippocampus, amygdala, and dorsal striatum. *Behavioral Neuroscience*, 107, 3-22.
- McGaugh, J. L. (1966). Time-dependent processes in memory storage. *Science*, 153, 1351-1358.
- McGauran, A. M. T., Harvey, D., Cunningham, L., Craig, S., & Commins, S. (2004). Retention of cue-based associations in the water maze is time-dependent and sensitive to disruption by rotating the starting position. *Behavioural brain research*, 151(1), 255-266.
- Milner, B., Squire, L. R., & Kandel, E. R. (1998). Cognitive neuroscience and the study of memory. *Neuron*, 20(3), 445-468
- Moghaddam, M., & Bures, J. (1996). Contribution of egocentric spatial memory to place navigation of rats in the Morris water maze. *Behavioural brain research*, 78(2), 121-129.
- Morris, R. G. M., Hagan, J. J., & Rawlins, J. N. P. (1986). Allocentric spatial learning by hippocampectomised rats: a further test of the “spatial mapping” and “working memory” theories of hippocampal function. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 38(4), 365-395.
- Nadel, L. (1994). Multiple memory systems: What and why, an update. *Memory systems*, 1994, 39-63.
- O'keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- O'Leary, T. P., & Brown, R. E. (2013). Optimization of apparatus design and behavioral measures for the assessment of visuo-spatial learning and memory of mice on the Barnes maze. *Learning & Memory*, 20(2), 85-96.
- Olton, D. S. (1983). The use of animal models to evaluate the effects of neurotoxins on cognitive processes. *Neurobehavioral Toxicology & Teratology*.
- Olton, D. S., Becker, J. T., & Handelmann, G. E. (1979). Hippocampus, space, and memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 2(3), 313-322.
- Packard, M. G. (1999). Glutamate infused posttraining into the hippocampus or caudate-putamen differentially strengthens place and response learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(22), 12881-12886.

- Packard, M. G., & McGaugh, J. L. (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.
- Paul, C. M., Magda, G., & Abel, S. (2009). Spatial memory: Theoretical basis and comparative review on experimental methods in rodents. *Behavioural brain research*, 203(2), 151-164.
- Prut, L., Abramowski, D., Krucker, T., Levy, C. L., Roberts, A. J., Staufenbiel, M., & Wiessner, C. (2007). Aged APP23 mice show a delay in switching to the use of a strategy in the Barnes maze. *Behavioural brain research*, 179(1), 107-110.
- Quirarte, G. L., de la Teja, I. S. L., Casillas, M., Serafín, N., Prado Alcalá, R. A., & Roozendaal, B. (2009). Corticosterone infused into the dorsal striatum selectively enhances memory consolidation of cued water-maze training. *Learning & Memory*, 16(10), 586-589.
- Restle, F. (1957). Discrimination of cues in mazes: A resolution of the "place-vs.-response" question. *Psychological review*, 64(4), 217.
- Ritchie, B. F., Aeschliman, B., & Pierce, P. (1950). Studies in spatial learning. VIII. Place performance and the acquisition of place dispositions. *Journal of comparative and physiological psychology*, 43(2), 73.
- Rodríguez, D. (2010) Efectos del Estrés y la Inyección Sistémica de Corticosterona en la Estrategia de Navegación Durante la Evaluación de una Tarea de Aprendizaje Espacial en el Laberinto de Barnes (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez-Ortíz, C., García-DeLaTorre, P., Benavidez, E., Ballesteros, M. & Bermúdez-Rattoni, F. (2008) Intrahippocampal anisomycin infusions disrupt previously consolidated spatial memory only when memory is updated. *Neurobiology of Learning and Memory*, 89, 352–359.
- Rosenfeld, C. S., & Ferguson, S. A. (2014). Barnes maze testing strategies with small and large rodent models. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (84).
- Rudy, J. W. (2008). The neurobiology of learning and memory. *Psychology*, 4032, 5032.
- Ryle, G. (1949). *The concept of mind*. San Francisco, CA: Hutchinson

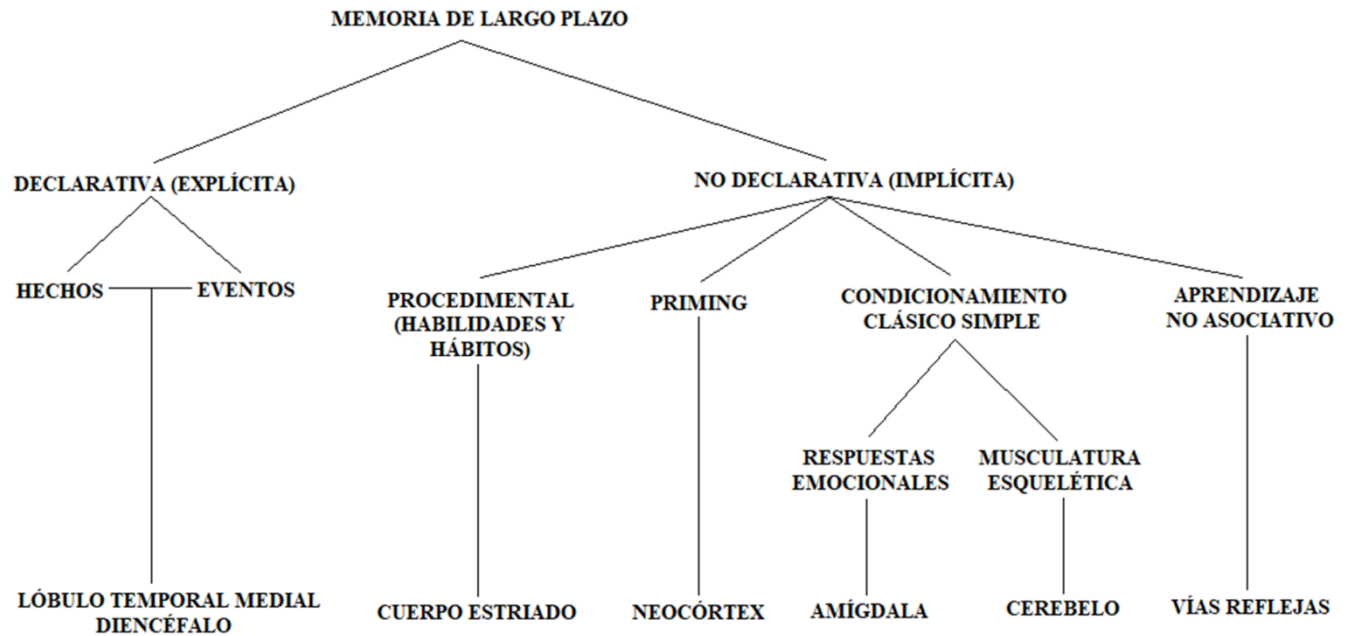
- Sandi, C. & Pinelo-Nava, T. (2007). Stress and Memory: Behavioral Effects and Neurobiological Mechanisms. *Neural Plasticity*, 1-20.
- Sandi, C., Loscertales, M. & Guanza, C. (1997). Experience-dependent facilitating effect of corticosterone on spatial memory formation in the water maze. *European Journal of Neuroscience*, 9, 637–642.
- Sarkisyan, G., & Hedlund, P. B. (2009). The 5-HT 7 receptor is involved in allocentric spatial memory information processing. *Behavioural brain research*, 202(1), 26-31.
- Save, E., & Poucet, B. (2000). Hippocampal-parietal cortical interactions in spatial cognition. *Hippocampus*, 10(4), 491-499.
- Save, E., & Poucet, B. (2000). Involvement of the hippocampus and associative parietal cortex in the use of proximal and distal landmarks for navigation. *Behavioural brain research*, 109(2), 195-206.
- Save, E., Nerad, L., & Poucet, B. (2000). Contribution of multiple sensory information to place field stability in hippocampal place cells. *Hippocampus*, 10(1), 64-76.
- Schacter, D. L. (1987). Implicit memory: History and current status. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 13(3), 501.
- Schacter, D. L., & Tulving, E. (1994). *Memory systems 1994*. Memory Systems 1994.
- Schimanski, L. A., & Barnes, C. A. (2015). Insights into age-related cognitive decline: Coupling neurophysiological and behavioral approaches. *The Maze Book: Theories, Practice, and Protocols for Testing Rodent Cognition*, 121-142.
- Schmitzer-Torbert, N. (2007). Place and response learning in human virtual navigation: behavioral measures and gender differences. *Behavioral neuroscience*, 121(2), 277-290.
- Schwabe, L., & Wolf, O. T. (2012). Stress modulates the engagement of multiple memory systems in classification learning. *Journal of Neuroscience*, 32(32), 11042-11049.
- Schwabe, L., Oitzl, M. S., Philippson, C., Richter, S., Bohringer, A., Wippich, W., & Schachinger, H. (2007). Stress modulates the use of spatial versus stimulus-response learning strategies in humans. *Learning & memory*, 14(1-2), 109-116.
- Schwabe, L., Schächinger, H., de Kloet, E. R., & Oitzl, M. S. (2010). Corticosteroids operate as a switch between memory systems. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(7), 1362-1372

- Skinner, D. M., Etchegary, C. M., Ekert-Maret, E. C., Baker, C. J., Harley, C. W., Evans, J. H., & Martin, G. M. (2003). An analysis of response, direction and place learning in an open field and T maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Procedures*, 29, 3–13
- Squire, L. R. (1983). The hippocampus and the neuropsychology of memory. In W. Seifert (Ed.), *Neurobiology of the hippocampus*. New York: Academic Press.
- Squire, L. R. (1992). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(3), 232-243.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, 82(3), 171-177.
- Squire, L. R., & Kandel, E. R. (1999). *Memory: From Mind to Molecules* (distributed by W. H. Freeman and Co.). New York: Scientific American Library.
- Squire, L. R., & Zola, S. M. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), 13515-13522.
- Squire, L. R., & Zola-Morgan, S. (1988). Memory: brain systems and behavior. *Trends in neurosciences*, 11(4), 170-175.
- StataCorp, L. P. (2015). College Station, TX. STATA® Software Version, 13.
- Stringer, K. G., Martin, G. M., & Skinner, D. M. (2005). The effects of hippocampal lesions on response, direction, and place learning in rats. *Behavioral neuroscience*, 119(4), 946.
- Sunyer, B., Patil, S., Hoger, H. & Lubec, G. (2007) Barnes maze, a useful task to assess spatial reference memory in the mice. *Nature*, 198, 58–68.
- Sweatt, J. (2010) *Mechanisms of memory*. Oxford: Academic Press.
- Tolman, E. C. (1938). The determiners of behavior at a choice point. *Psychological Review*, 45(1), 1.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and man. *Psychological Review*, 55, 189–208.)
- Troncoso, J., Lamprea, M., Cuestas, M. & Múnera, A. (2010) El estrés agudo interfiere con la evocación y promueve la extinción de la memoria espacial en el laberinto de Barnes. *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 207-222.

-
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 26(1), 1.
 - Tulving, E., Schacter, D., & Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent on recognition memory. *Learning, Memory and Cognition*, 8, 336–341.
 - Vargas, V., Lamprea, M. & Múnera, A. (2011). Characterizing spatial extinction in an abbreviated version of the Barnes maze. *Behavioural Processes*, 86, 1, 30-38.
 - Vorhees, C. & Williams, M. (2014) Assessing Spatial Learning and Memory in Rodents. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*, 55(2), 310-332.
 - White, N. M., & McDonald, R. J. (2002). Multiple parallel memory systems in the brain of the rat. *Neurobiology of learning and memory*, 77(2), 125-184.
 - Winograd, T. (1975). Frame representations and the declarative/procedural controversy. In *Representation and understanding* (pp. 185-210).

7. Anexos

Anexo 1



Anexo 2

Memoria basada en eventos

Atributo	Lenguaje	Tiempo	Lugar	Respuesta	Valor de la recompensa	Percepción sensorial
Sustratos neurales	Hipocampo (H)	Hipocampo (M, H, R)	Hipocampo (M, H, R)	Núcleo Caudado (M, H, R)	Amígdala (M, H, R)	Corteza Perirrinal (M, H, R)
Características	Fonológico Léxico Morfológico	Duración Orden temporal Perspectiva del tiempo (Pasado)	Distancia espacial Dirección espacial Localización espacial	Selección de respuesta egocéntrica (retroalimentación de las respuestas motoras)	Valor de la recompensa (positivo-negativo)	Altura, Color, Forma, Orientación, Movimiento, Contraste
Características del proceso	1). Filtración selectiva o atenuación de la interferencia, de las representaciones de nueva información en la memoria temporal y su clasificación como patrones de separación. 2). Codificación de nueva información. 3). Memoria de corto e intermedio plazo para nueva información. 4). El establecimiento de asociaciones arbitrarias. 5). Consolidación o ensayo elaborativo de nueva información. 6). Recobro de nueva información basado en la flexibilidad, acción y capacidad para completar patrones.					

Leyenda: H= humanos; M= Monos; R= Ratas

Anexo 3

Memoria basada en conocimiento

Atributo	Lenguaje	Tiempo	Lugar	Respuesta	Valor de la recompensa	Percepción sensorial
Sustratos neurales	Corteza parietal posterior Área de Wernicke Área de Brocas (H)	Corteza dorsal pre-frontal (M, H). Corteza del cíngulo anterior (R)	Corteza parietal (M, H, R)	Córtex premotor, corteza motora suplementaria (M, H). Córtex pre-central (R) Cerebelo (M, H, R)	Corteza orbito-frontal (M, H, R)	Corteza inferior temporal (M, H) Corteza Te2 (R)
Características	Sintaxis Semántica Léxico	Duración Orden temporal Perspectiva del tiempo (Futuro)	Distancia espacial Dirección espacial Localización espacial	Selección de respuesta egocéntrica (retroalimentación de las respuestas motoras)	Valor de la recompensa (positivo-negativo)	Altura, Color, Forma, Orientación, Movimiento, Contraste
Características del proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1). Codificación de nueva información. 2). Atención selectiva y filtración selectiva asociadas con representaciones permanentes en la memoria de información familiar. 3). Memoria perceptual. 4). Consolidación y almacenamiento en la memoria de largo plazo parcialmente basada en asociaciones arbitrarias y/o de patrones. 5). Recobro de información familiar basado en flexibilidad y acción. 					

Legenda: H= humanos; M= Monos; R= Ratas

Anexo 4

Memoria basada en reglas

Atributo	Lenguaje	Tiempo	Lugar	Respuesta	Valor de la recompensa	Percepción sensorial
Sustratos neurales	Corteza pre-frontal lateral	Corteza dorsal pre-frontal (M, H). Corteza del cíngulo anterior (R)	Corteza pre-frontal lateral (M, H) Corteza infra-límbica y pre-límbica (R)	Córtex premotor, corteza motora suplementaria (M, H). Córtex pre-central (R) Cerebelo (M, H, R)	Corteza orbito-frontal (M, H, R) Corteza agranular insular (R)	Corteza pre-frontal lateral (M, H) Corteza infra-límbica y pre-límbica (R)
Características	Sintaxis Semántica Fonológica Léxico Morfológica	Duración Orden temporal Perspectiva del tiempo (Futuro)	Distancia espacial Dirección espacial Localización espacial	Selección de respuesta egocéntrica (retroalimentación de las respuestas motoras)	Valor de la recompensa (positivo-negativo)	Altura, Color, Forma, Orientación, Movimiento, Contraste
Características del proceso	1). La selección de estrategias y reglas para mantener o manipular información para el despliegue de comportamiento. 2). Memoria de corto plazo o memoria de trabajo para información nueva y familiar					

Leyenda: H= humanos; M= Monos; R= Ratas

Anexo 5

```
. ologit codest i.ensayo, vce(cluster id)
```

```
Iteration 0: log pseudolikelihood = -1221.7015
Iteration 1: log pseudolikelihood = -1123.6122
Iteration 2: log pseudolikelihood = -1122.476
Iteration 3: log pseudolikelihood = -1122.4355
Iteration 4: log pseudolikelihood = -1122.4354
Iteration 5: log pseudolikelihood = -1122.4354
```

```
Ordered logistic regression          Number of obs   =          800
                                     Wald chi2(15)   =          95.92
                                     Prob > chi2     =          0.0000
Log pseudolikelihood = -1122.4354   Pseudo R2      =          0.0813
```

(Std. Err. adjusted for 50 clusters in id)

codest	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
ensayo						
2	3.47145	1.091849	3.18	0.001	1.331466	5.611434
3	4.615842	1.072042	4.31	0.000	2.51468	6.717005
4	4.825626	1.067645	4.52	0.000	2.733081	6.918172
5	4.829273	1.015364	4.76	0.000	2.839196	6.81935
6	5.044385	1.070734	4.71	0.000	2.945786	7.142984
7	4.964903	1.075421	4.62	0.000	2.857116	7.072689
8	5.229756	1.016205	5.15	0.000	3.238031	7.221481
9	5.472859	.9854484	5.55	0.000	3.541416	7.404303
10	5.391319	1.069622	5.04	0.000	3.294899	7.487739
11	5.46859	1.021931	5.35	0.000	3.465642	7.471537
12	5.488044	1.074399	5.11	0.000	3.382261	7.593826
13	5.57194	1.014926	5.49	0.000	3.582722	7.561159
14	5.866032	1.06845	5.49	0.000	3.771909	7.960155
15	5.621243	.9804499	5.73	0.000	3.699596	7.542889
16	5.887415	1.060072	5.55	0.000	3.809712	7.965118
/cut1	3.888231	1.024216			1.880804	5.895658
/cut2	4.167015	1.008383			2.190621	6.143408
/cut3	4.440859	1.009297			2.462673	6.419044
/cut4	5.313895	1.005172			3.343793	7.283997
/cut5	7.663932	1.039591			5.626372	9.701492

Anexo 6

```
. xtologit codest i.ensayo, vce(cluster id)

Fitting comparison model:

Iteration 0:   log likelihood = -1221.7015
Iteration 1:   log likelihood = -1123.6122
Iteration 2:   log likelihood = -1122.476
Iteration 3:   log likelihood = -1122.4355
Iteration 4:   log likelihood = -1122.4354
Iteration 5:   log likelihood = -1122.4354

Refining starting values:

Grid node 0:   log likelihood = -1112.6742

Fitting full model:

Iteration 0:   log pseudolikelihood = -1112.6742 (not concave)
Iteration 1:   log pseudolikelihood = -1107.5949
Iteration 2:   log pseudolikelihood = -1105.157
Iteration 3:   log pseudolikelihood = -1105.1045
Iteration 4:   log pseudolikelihood = -1105.1044
Iteration 5:   log pseudolikelihood = -1105.1044

Random-effects ordered logistic regression      Number of obs   =      800
Group variable: id                             Number of groups =       50

Random effects u_i ~ Gaussian                  Obs per group:
                                                min =          16
                                                avg =         16.0
                                                max =          16

Integration method: mvaghermite                Integration pts. =       12

Wald chi2(15) =          97.63
Log pseudolikelihood = -1105.1044              Prob > chi2     =       0.0000

(Std. Err. adjusted for 50 clusters in id)
```

codest	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
ensayo						
2	3.669524	1.128821	3.25	0.001	1.457075	5.881973
3	4.902154	1.109016	4.42	0.000	2.728521	7.075786
4	5.13668	1.106901	4.64	0.000	2.967194	7.306166
5	5.133765	1.050906	4.89	0.000	3.074027	7.193502
6	5.345442	1.113883	4.80	0.000	3.162272	7.528613
7	5.255352	1.109348	4.74	0.000	3.08107	7.429635
8	5.514191	1.046633	5.27	0.000	3.462827	7.565555
9	5.843101	1.024056	5.71	0.000	3.835987	7.850215
10	5.772569	1.1162	5.17	0.000	3.584858	7.960281
11	5.797416	1.054919	5.50	0.000	3.729813	7.865018
12	5.850452	1.11679	5.24	0.000	3.661585	8.03932
13	5.921886	1.052722	5.63	0.000	3.858588	7.985184
14	6.203547	1.107351	5.60	0.000	4.03318	8.373915
15	5.955399	1.008244	5.91	0.000	3.979277	7.93152
16	6.249246	1.089477	5.74	0.000	4.11391	8.384583
/cut1	4.092177	1.046864	3.91	0.000	2.04036	6.143993
/cut2	4.392781	1.032426	4.25	0.000	2.369264	6.416298
/cut3	4.696469	1.036336	4.53	0.000	2.665287	6.727651
/cut4	5.658047	1.036813	5.46	0.000	3.62593	7.690164
/cut5	8.169824	1.081199	7.56	0.000	6.050712	10.28894
/sigma2_u	.4272561	.1217169			.2444542	.7467565

Anexo 7

```
. xtlogit codest origen, vce(cluster id)
```

```
Fitting comparison model:
```

```
Iteration 0:   log likelihood = -1221.7015
Iteration 1:   log likelihood = -1213.5251
Iteration 2:   log likelihood = -1213.5188
Iteration 3:   log likelihood = -1213.5188
```

```
Refining starting values:
```

```
Grid node 0:   log likelihood = -1219.1249
```

```
Fitting full model:
```

```
Iteration 0:   log pseudolikelihood = -1219.1249   (not concave)
Iteration 1:   log pseudolikelihood = -1208.0773
Iteration 2:   log pseudolikelihood = -1207.1063
Iteration 3:   log pseudolikelihood = -1207.079
Iteration 4:   log pseudolikelihood = -1207.0789
```

```
Random-effects ordered logistic regression   Number of obs   =       800
Group variable: id                           Number of groups =       50
```

```
Random effects u_i ~ Gaussian                Obs per group:
                                                min =       16
                                                avg =      16.0
                                                max =       16
```

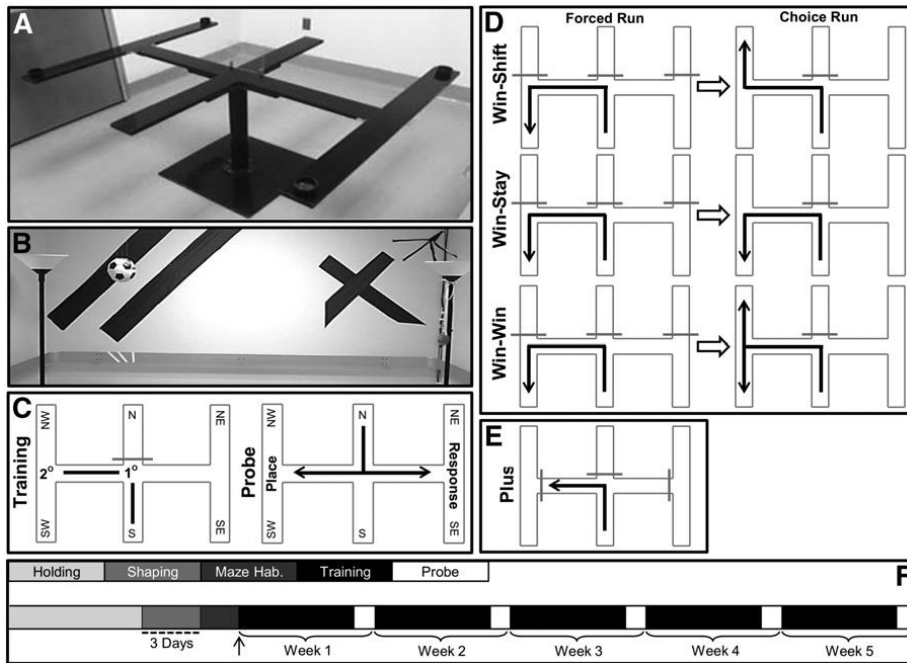
```
Integration method: mvaghermite             Integration pts. =       12
```

```
Wald chi2(1) =       13.82
Log pseudolikelihood = -1207.0789           Prob > chi2 =       0.0002
```

(Std. Err. adjusted for 50 clusters in id)

codest	Robust		z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
origen	-.6155227	.1655972	-3.72	0.000	-.9400872	-.2909581
/cut1	-1.20863	.1172459	-10.31	0.000	-1.438428	-.9788324
/cut2	-.9811776	.1252074	-7.84	0.000	-1.22658	-.7357755
/cut3	-.74228	.1307167	-5.68	0.000	-.9984799	-.48608
/cut4	.0604707	.1177861	0.51	0.608	-.1703859	.2913273
/cut5	2.37152	.2031796	11.67	0.000	1.973295	2.769745
/sigma2_u	.1979569	.0837319			.0864031	.4535366

Anexo 8



Gardner et al., 2013, p. 649

Anexo 9**Clasificación de estrategias por software BUNS para 50 ratas Wistar**

Cont S2 (R6)	NR+E S8 (V2)	R+NE S8 (R3)
Cont S3 (N1)	NR+NE S2 (V2)	Sal S1 (R4)
Cont S4 (V1)	NR+NE S3 (A2)	Sal S2 (A2)
ContS1 (V2)	NR+NE S4 (R2)	Sal S3 (R1)
Cort 0.125 S1 (A1)	NR+NE S5 (V3)	SE G1-1 (A2)
Cort 0.125 S4 (V2)	NR+NE S6 (A1)	SE G3-1 (A1)
Cort 0.5 S2 (A2)	R+E S1 (R1)	SE S1 (R2)
Cort 0.5 S3 (R4)	R+E S2 (A3)	SE S2 (V2)
Cort 0.5 S4 (R2)	R+E S3 (V1)	SE S3 (A1)
Cort0.125 S3 (R2)	R+E S4 (A1)	SE S4 (N1)
ENS S1 (R1)	R+E S5 (R2)	SE S5 (N2)
ENS S2 (V1)	R+E S6 (V1)	
ENS S3 (R2)	R+E S7 (V1)	
ENS S4 (V2)	R+E S8 (R2)	
NR+E S1 (A1)	R+NE S1 (R2)	
NR+E S2 (A2)	R+NE S2 (V3)	
NR+E S3 (A1)	R+NE S3 (V2)	
NR+E S4 (R1)	R+NE S4 (A2)	
NR+E S5 (R1)	R+NE S5 (R3)	
NR+E S6 (R1)	R+NE S6 (V2)	
NR+E S7 (A2)	R+NE S7 (V2)	

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cont S2 (R6) -	6	Random	0
	2	1	2 Cont S2 (R6) -	6	Random	0
	3	1	3 Cont S2 (R6) -	5	Serial	0,25
	4	1	4 Cont S2 (R6) -	2	Corrected	0,75
	5	1	5 Cont S2 (R6) -	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 Cont S2 (R6) -	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 Cont S2 (R6) -	5	Serial	0,25
	8	1	8 Cont S2 (R6) -	1	Direct	1
	9	2	1 Cont S2 (R6) -	5	Serial	0,25
	10	2	2 Cont S2 (R6) -	6	Random	0
	11	2	3 Cont S2 (R6) -	6	Random	0
	12	2	4 Cont S2 (R6) -	6	Random	0
	13	2	5 Cont S2 (R6) -	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 Cont S2 (R6) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Cont S2 (R6) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Cont S2 (R6) -	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cont S3 (N1) -	6	Random	0
	2	1	2 Cont S3 (N1) -	6	Random	0
	3	1	3 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	4	1	4 Cont S3 (N1) -	6	Random	0
	5	1	5 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	6	1	6 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	7	1	7 Cont S3 (N1) -	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	9	2	1 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	11	2	3 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	12	2	4 Cont S3 (N1) -	6	Random	0
	13	2	5 Cont S3 (N1) -	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Cont S3 (N1) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Cont S3 (N1) -	6	Random	0

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	2	1	2 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75
	3	1	3 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	4	1	4 Cont S4 (V1) -	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	6	1	6 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75
	7	1	7 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	8	1	8 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	9	2	1 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	11	2	3 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	12	2	4 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75
	13	2	5 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 Cont S4 (V1) -	6	Random	0
	15	2	7 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Cont S4 (V1) -	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 ContS1 (V2) -	6	Random	0
	2	1	2 ContS1 (V2) -	6	Random	0
	3	1	3 ContS1 (V2) -	5	Serial	0,25
	4	1	4 ContS1 (V2) -	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 ContS1 (V2) -	2	Corrected	0,75
	6	1	6 ContS1 (V2) -	6	Random	0
	7	1	7 ContS1 (V2) -	6	Random	0
	8	1	8 ContS1 (V2) -	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 ContS1 (V2) -	6	Random	0
	10	2	2 ContS1 (V2) -	2	Corrected	0,75
	11	2	3 ContS1 (V2) -	2	Corrected	0,75
	12	2	4 ContS1 (V2) -	1	Direct	1
	13	2	5 ContS1 (V2) -	6	Random	0
	14	2	6 ContS1 (V2) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 ContS1 (V2) -	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 ContS1 (V2) -	4	Focused search	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cort 0.5 S2 (A	6	Random	0
	2	1	2 Cort 0.5 S2 (A	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 Cort 0.5 S2 (A	1	Direct	1
	4	1	4 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	5	1	5 Cort 0.5 S2 (A	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 Cort 0.5 S2 (A	6	Random	0
	7	1	7 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	8	1	8 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	9	2	1 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Cort 0.5 S2 (A	5	Serial	0,25
	11	2	3 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	12	2	4 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	13	2	5 Cort 0.5 S2 (A	4	Focused searc	0,5
	14	2	6 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Cort 0.5 S2 (A	4	Focused searc	0,5
	16	2	8 Cort 0.5 S2 (A	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cort 0.5 S3 (R	6	Random	0
	2	1	2 Cort 0.5 S3 (R	5	Serial	0,25
	3	1	3 Cort 0.5 S3 (R	6	Random	0
	4	1	4 Cort 0.5 S3 (R	6	Random	0
	5	1	5 Cort 0.5 S3 (R	5	Serial	0,25
	6	1	6 Cort 0.5 S3 (R	5	Serial	0,25
	7	1	7 Cort 0.5 S3 (R	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 Cort 0.5 S3 (R	5	Serial	0,25
	9	2	1 Cort 0.5 S3 (R	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 Cort 0.5 S3 (R	6	Random	0
	11	2	3 Cort 0.5 S3 (R	4	Focused searc	0,5
	12	2	4 Cort 0.5 S3 (R	6	Random	0
	13	2	5 Cort 0.5 S3 (R	4	Focused searc	0,5
	14	2	6 Cort 0.5 S3 (R	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Cort 0.5 S3 (R	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Cort 0.5 S3 (R	6	Random	0

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cort 0.5 S4 (R	6	Random	0
	2	1	2 Cort 0.5 S4 (R	6	Random	0
	3	1	3 Cort 0.5 S4 (R	6	Random	0
	4	1	4 Cort 0.5 S4 (R	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 Cort 0.5 S4 (R	6	Random	0
	6	1	6 Cort 0.5 S4 (R	2	Corrected	0,75
	7	1	7 Cort 0.5 S4 (R	4	Focused searc	0,5
	8	1	8 Cort 0.5 S4 (R	5	Serial	0,25
	9	2	1 Cort 0.5 S4 (R	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Cort 0.5 S4 (R	4	Focused searc	0,5
	11	2	3 Cort 0.5 S4 (R	2	Corrected	0,75
	12	2	4 Cort 0.5 S4 (R	6	Random	0
	13	2	5 Cort 0.5 S4 (R	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 Cort 0.5 S4 (R	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Cort 0.5 S4 (R	6	Random	0
	16	2	8 Cort 0.5 S4 (R	1	Direct	1

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	2	1	2 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	3	1	3 Cort 0.125 S1	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 Cort 0.125 S1	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 Cort 0.125 S1	2	Corrected	0,75
	6	1	6 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	7	1	7 Cort 0.125 S1	2	Corrected	0,75
	8	1	8 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	9	2	1 Cort 0.125 S1	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Cort 0.125 S1	4	Focused searc	0,5
	11	2	3 Cort 0.125 S1	2	Corrected	0,75
	12	2	4 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	13	2	5 Cort 0.125 S1	2	Corrected	0,75
	14	2	6 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	15	2	7 Cort 0.125 S1	6	Random	0
	16	2	8 Cort 0.125 S1	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	2	1	2 Cort 0.125 S4	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 Cort 0.125 S4	2	Corrected	0,75
	4	1	4 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	5	1	5 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	6	1	6 Cort 0.125 S4	4	Focused searc	0,5
	7	1	7 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	8	1	8 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	9	2	1 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	10	2	2 Cort 0.125 S4	4	Focused searc	0,5
	11	2	3 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	12	2	4 Cort 0.125 S4	2	Corrected	0,75
	13	2	5 Cort 0.125 S4	6	Random	0
	14	2	6 Cort 0.125 S4	1	Direct	1
	15	2	7 Cort 0.125 S4	4	Focused searc	0,5
	16	2	8 Cort 0.125 S4	5	Serial	0,25

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Cort0.125 S3 (	6	Random	0
	2	1	2 Cort0.125 S3 (	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 Cort0.125 S3 (	6	Random	0
	4	1	4 Cort0.125 S3 (	5	Serial	0,25
	5	1	5 Cort0.125 S3 (	6	Random	0
	6	1	6 Cort0.125 S3 (	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 Cort0.125 S3 (	5	Serial	0,25
	8	1	8 Cort0.125 S3 (	2	Corrected	0,75
	9	2	1 Cort0.125 S3 (	6	Random	0
	10	2	2 Cort0.125 S3 (	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 Cort0.125 S3 (	2	Corrected	0,75
	12	2	4 Cort0.125 S3 (	2	Corrected	0,75
	13	2	5 Cort0.125 S3 (	2	Corrected	0,75
	14	2	6 Cort0.125 S3 (	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 Cort0.125 S3 (	6	Random	0
	16	2	8 Cort0.125 S3 (	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 ENS S1 (R1) - '	6	Random	0
	2	1	2 ENS S1 (R1) - '	6	Random	0
	3	1	3 ENS S1 (R1) - '	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 ENS S1 (R1) - '	6	Random	0
	5	1	5 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	6	1	6 ENS S1 (R1) - '	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	8	1	8 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	9	2	1 ENS S1 (R1) - '	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	11	2	3 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	12	2	4 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	13	2	5 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	14	2	6 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	15	2	7 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75
	16	2	8 ENS S1 (R1) - '	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	2	1	2 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	3	1	3 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	4	1	4 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	5	1	5 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	6	1	6 ENS S2 (V1) -	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	8	1	8 ENS S2 (V1) -	6	Random	0
	9	2	1 ENS S2 (V1) -	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 ENS S2 (V1) -	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 ENS S2 (V1) -	1	Direct	1
	12	2	4 ENS S2 (V1) -	1	Direct	1
	13	2	5 ENS S2 (V1) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 ENS S2 (V1) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 ENS S2 (V1) -	1	Direct	1
	16	2	8 ENS S2 (V1) -	1	Direct	1

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 ENS S3 (R2) -	6	Random	0
	2	1	2 ENS S3 (R2) -	6	Random	0
	3	1	3 ENS S3 (R2) -	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 ENS S3 (R2) -	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 ENS S3 (R2) -	6	Random	0
	6	1	6 ENS S3 (R2) -	6	Random	0
	7	1	7 ENS S3 (R2) -	6	Random	0
	8	1	8 ENS S3 (R2) -	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 ENS S3 (R2) -	2	Corrected	0,75
	10	2	2 ENS S3 (R2) -	2	Corrected	0,75
	11	2	3 ENS S3 (R2) -	2	Corrected	0,75
	12	2	4 ENS S3 (R2) -	2	Corrected	0,75
	13	2	5 ENS S3 (R2) -	1	Direct	1
	14	2	6 ENS S3 (R2) -	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 ENS S3 (R2) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 ENS S3 (R2) -	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 ENS S4 (V2) -	6	Random	0
	2	1	2 ENS S4 (V2) -	6	Random	0
	3	1	3 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	4	1	4 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	5	1	5 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	6	1	6 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	7	1	7 ENS S4 (V2) -	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 ENS S4 (V2) -	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 ENS S4 (V2) -	1	Direct	1
	10	2	2 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	11	2	3 ENS S4 (V2) -	1	Direct	1
	12	2	4 ENS S4 (V2) -	1	Direct	1
	13	2	5 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 ENS S4 (V2) -	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S1 (A1)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S1 (A1)	6	Random	0
	3	1	3 NR+E S1 (A1)	1	Direct	1
	4	1	4 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 NR+E S1 (A1)	1	Direct	1
	6	1	6 NR+E S1 (A1)	4	Focused search	0,5
	7	1	7 NR+E S1 (A1)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+E S1 (A1)	1	Direct	1
	10	2	2 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	11	2	3 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	13	2	5 NR+E S1 (A1)	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+E S1 (A1)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 NR+E S1 (A1)	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S2 (A2)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S2 (A2)	6	Random	0
	3	1	3 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	4	1	4 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	7	1	7 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	8	1	8 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+E S2 (A2)	6	Random	0
	10	2	2 NR+E S2 (A2)	1	Direct	1
	11	2	3 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 NR+E S2 (A2)	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 NR+E S2 (A2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S3 (A1)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S3 (A1)	6	Random	0
	3	1	3 NR+E S3 (A1)	2	Corrected	0,75
	4	1	4 NR+E S3 (A1)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 NR+E S3 (A1)	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 NR+E S3 (A1)	2	Corrected	0,75
	7	1	7 NR+E S3 (A1)	6	Random	0
	8	1	8 NR+E S3 (A1)	6	Random	0
	9	2	1 NR+E S3 (A1)	5	Serial	0,25
	10	2	2 NR+E S3 (A1)	5	Serial	0,25
	11	2	3 NR+E S3 (A1)	5	Serial	0,25
	12	2	4 NR+E S3 (A1)	5	Serial	0,25
	13	2	5 NR+E S3 (A1)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+E S3 (A1)	6	Random	0
	15	2	7 NR+E S3 (A1)	5	Serial	0,25
	16	2	8 NR+E S3 (A1)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S4 (R1)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S4 (R1)	1	Direct	1
	3	1	3 NR+E S4 (R1)	6	Random	0
	4	1	4 NR+E S4 (R1)	1	Direct	1
	5	1	5 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 NR+E S4 (R1)	4	Focused search	0,5
	7	1	7 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	8	1	8 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+E S4 (R1)	1	Direct	1
	10	2	2 NR+E S4 (R1)	1	Direct	1
	11	2	3 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	13	2	5 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+E S4 (R1)	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 NR+E S4 (R1)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S5 (R1)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S5 (R1)	6	Random	0
	3	1	3 NR+E S5 (R1)	1	Direct	1
	4	1	4 NR+E S5 (R1)	4	Focused search	0,5
	5	1	5 NR+E S5 (R1)	6	Random	0
	6	1	6 NR+E S5 (R1)	2	Corrected	0,75
	7	1	7 NR+E S5 (R1)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 NR+E S5 (R1)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+E S5 (R1)	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 NR+E S5 (R1)	6	Random	0
	11	2	3 NR+E S5 (R1)	1	Direct	1
	12	2	4 NR+E S5 (R1)	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 NR+E S5 (R1)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+E S5 (R1)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+E S5 (R1)	1	Direct	1
	16	2	8 NR+E S5 (R1)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S7 (A2)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S7 (A2)	6	Random	0
	3	1	3 NR+E S7 (A2)	6	Random	0
	4	1	4 NR+E S7 (A2)	4	Focused search	0,5
	5	1	5 NR+E S7 (A2)	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 NR+E S7 (A2)	1	Direct	1
	7	1	7 NR+E S7 (A2)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75
	10	2	2 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75
	11	2	3 NR+E S7 (A2)	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 NR+E S7 (A2)	1	Direct	1
	13	2	5 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 NR+E S7 (A2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+E S8 (V2)	6	Random	0
	2	1	2 NR+E S8 (V2)	1	Direct	1
	3	1	3 NR+E S8 (V2)	1	Direct	1
	4	1	4 NR+E S8 (V2)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 NR+E S8 (V2)	6	Random	0
	6	1	6 NR+E S8 (V2)	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 NR+E S8 (V2)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 NR+E S8 (V2)	6	Random	0
	9	2	1 NR+E S8 (V2)	2	Corrected	0,75
	10	2	2 NR+E S8 (V2)	1	Direct	1
	11	2	3 NR+E S8 (V2)	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 NR+E S8 (V2)	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 NR+E S8 (V2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+E S8 (V2)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+E S8 (V2)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 NR+E S8 (V2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+NE S2 (V2	6	Random	0
	2	1	2 NR+NE S2 (V2	6	Random	0
	3	1	3 NR+NE S2 (V2	1	Direct	1
	4	1	4 NR+NE S2 (V2	6	Random	0
	5	1	5 NR+NE S2 (V2	2	Corrected	0,75
	6	1	6 NR+NE S2 (V2	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 NR+NE S2 (V2	6	Random	0
	8	1	8 NR+NE S2 (V2	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+NE S2 (V2	2	Corrected	0,75
	10	2	2 NR+NE S2 (V2	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 NR+NE S2 (V2	2	Corrected	0,75
	12	2	4 NR+NE S2 (V2	2	Corrected	0,75
	13	2	5 NR+NE S2 (V2	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 NR+NE S2 (V2	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 NR+NE S2 (V2	6	Random	0
	16	2	8 NR+NE S2 (V2	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	2	1	2 NR+NE S3 (A2	2	Corrected	0,75
	3	1	3 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	4	1	4 NR+NE S3 (A2	2	Corrected	0,75
	5	1	5 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	6	1	6 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	7	1	7 NR+NE S3 (A2	1	Direct	1
	8	1	8 NR+NE S3 (A2	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 NR+NE S3 (A2	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	11	2	3 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	12	2	4 NR+NE S3 (A2	2	Corrected	0,75
	13	2	5 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	14	2	6 NR+NE S3 (A2	6	Random	0
	15	2	7 NR+NE S3 (A2	2	Corrected	0,75
	16	2	8 NR+NE S3 (A2	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+NE S4 (R2	6	Random	0
	2	1	2 NR+NE S4 (R2	6	Random	0
	3	1	3 NR+NE S4 (R2	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 NR+NE S4 (R2	6	Random	0
	5	1	5 NR+NE S4 (R2	6	Random	0
	6	1	6 NR+NE S4 (R2	6	Random	0
	7	1	7 NR+NE S4 (R2	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 NR+NE S4 (R2	1	Direct	1
	9	2	1 NR+NE S4 (R2	2	Corrected	0,75
	10	2	2 NR+NE S4 (R2	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 NR+NE S4 (R2	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 NR+NE S4 (R2	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 NR+NE S4 (R2	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+NE S4 (R2	6	Random	0
	15	2	7 NR+NE S4 (R2	1	Direct	1
	16	2	8 NR+NE S4 (R2	1	Direct	1

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+NE S5 (V3	6	Random	0
	2	1	2 NR+NE S5 (V3	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 NR+NE S5 (V3	4	Focused search	0,5
	4	1	4 NR+NE S5 (V3	6	Random	0
	5	1	5 NR+NE S5 (V3	1	Direct	1
	6	1	6 NR+NE S5 (V3	2	Corrected	0,75
	7	1	7 NR+NE S5 (V3	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 NR+NE S5 (V3	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 NR+NE S5 (V3	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 NR+NE S5 (V3	2	Corrected	0,75
	11	2	3 NR+NE S5 (V3	1	Direct	1
	12	2	4 NR+NE S5 (V3	2	Corrected	0,75
	13	2	5 NR+NE S5 (V3	2	Corrected	0,75
	14	2	6 NR+NE S5 (V3	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+NE S5 (V3	6	Random	0
	16	2	8 NR+NE S5 (V3	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 NR+NE S6 (A1	6	Random	0
	2	1	2 NR+NE S6 (A1	5	Serial	0,25
	3	1	3 NR+NE S6 (A1	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 NR+NE S6 (A1	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	6	1	6 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	7	1	7 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	8	1	8 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	9	2	1 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	10	2	2 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	11	2	3 NR+NE S6 (A1	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	13	2	5 NR+NE S6 (A1	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	15	2	7 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75
	16	2	8 NR+NE S6 (A1	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S1 (R1) - 1	6	Random	0
	2	1	2 R+E S1 (R1) - 1	6	Random	0
	3	1	3 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	4	1	4 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	7	1	7 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	8	1	8 R+E S1 (R1) - 1	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	10	2	2 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	15	2	7 R+E S1 (R1) - 1	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+E S1 (R1) - 1	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S2 (A3) -	6	Random	0
	2	1	2 R+E S2 (A3) -	2	Corrected	0,75
	3	1	3 R+E S2 (A3) -	6	Random	0
	4	1	4 R+E S2 (A3) -	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+E S2 (A3) -	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 R+E S2 (A3) -	2	Corrected	0,75
	7	1	7 R+E S2 (A3) -	1	Direct	1
	8	1	8 R+E S2 (A3) -	1	Direct	1
	9	2	1 R+E S2 (A3) -	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 R+E S2 (A3) -	1	Direct	1
	11	2	3 R+E S2 (A3) -	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+E S2 (A3) -	6	Random	0
	13	2	5 R+E S2 (A3) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+E S2 (A3) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 R+E S2 (A3) -	1	Direct	1
	16	2	8 R+E S2 (A3) -	1	Direct	1

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S3 (V1) - 1	6	Random	0
	2	1	2 R+E S3 (V1) - 1	6	Random	0
	3	1	3 R+E S3 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+E S3 (V1) - 1	6	Random	0
	6	1	6 R+E S3 (V1) - 1	6	Random	0
	7	1	7 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	8	1	8 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	10	2	2 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+E S3 (V1) - 1	6	Random	0
	14	2	6 R+E S3 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	15	2	7 R+E S3 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 R+E S3 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S4 (A1) -	6	Random	0
	2	1	2 R+E S4 (A1) -	6	Random	0
	3	1	3 R+E S4 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+E S4 (A1) -	6	Random	0
	6	1	6 R+E S4 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75
	8	1	8 R+E S4 (A1) -	1	Direct	1
	9	2	1 R+E S4 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+E S4 (A1) -	1	Direct	1
	12	2	4 R+E S4 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+E S4 (A1) -	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S5 (R2) - 1	6	Random	0
	2	1	2 R+E S5 (R2) - 1	6	Random	0
	3	1	3 R+E S5 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 R+E S5 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 R+E S5 (R2) - 1	6	Random	0
	6	1	6 R+E S5 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	8	1	8 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	10	2	2 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+E S5 (R2) - 1	4	Focused search	0,5
	14	2	6 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	15	2	7 R+E S5 (R2) - 1	6	Random	0
	16	2	8 R+E S5 (R2) - 1	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	2	1	2 R+E S6 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	3	1	3 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	4	1	4 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	5	1	5 R+E S6 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	7	1	7 R+E S6 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	8	1	8 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	9	2	1 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	10	2	2 R+E S6 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+E S6 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	13	2	5 R+E S6 (V1) - 1	6	Random	0
	14	2	6 R+E S6 (V1) - 1	4	Focused search	0,5
	15	2	7 R+E S6 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+E S6 (V1) - 1	1	Direct	1

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S7 (V1) - 1	6	Random	0
	2	1	2 R+E S7 (V1) - 1	6	Random	0
	3	1	3 R+E S7 (V1) - 1	6	Random	0
	4	1	4 R+E S7 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 R+E S7 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+E S7 (V1) - 1	2	Corrected	0,75
	7	1	7 R+E S7 (V1) - 1	1	Direct	1
	8	1	8 R+E S7 (V1) - 1	6	Random	0
	9	2	1 R+E S7 (V1) - 1	6	Random	0
	10	2	2 R+E S7 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 R+E S7 (V1) - 1	5	Serial	0,25
	12	2	4 R+E S7 (V1) - 1	5	Serial	0,25
	13	2	5 R+E S7 (V1) - 1	4	Focused search	0,5
	14	2	6 R+E S7 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 R+E S7 (V1) - 1	4	Focused search	0,5
	16	2	8 R+E S7 (V1) - 1	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+E S8 (R2) - 1	6	Random	0
	2	1	2 R+E S8 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 R+E S8 (R2) - 1	6	Random	0
	4	1	4 R+E S8 (R2) - 1	1	Direct	1
	5	1	5 R+E S8 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 R+E S8 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 R+E S8 (R2) - 1	6	Random	0
	8	1	8 R+E S8 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+E S8 (R2) - 1	1	Direct	1
	10	2	2 R+E S8 (R2) - 1	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 R+E S8 (R2) - 1	1	Direct	1
	12	2	4 R+E S8 (R2) - 1	6	Random	0
	13	2	5 R+E S8 (R2) - 1	1	Direct	1
	14	2	6 R+E S8 (R2) - 1	1	Direct	1
	15	2	7 R+E S8 (R2) - 1	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+E S8 (R2) - 1	1	Direct	1

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S1 (R2)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S1 (R2)	6	Random	0
	3	1	3 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75
	4	1	4 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+NE S1 (R2)	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 R+NE S1 (R2)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 R+NE S1 (R2)	6	Random	0
	9	2	1 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75
	10	2	2 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+NE S1 (R2)	6	Random	0
	12	2	4 R+NE S1 (R2)	6	Random	0
	13	2	5 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+NE S1 (R2)	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 R+NE S1 (R2)	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 R+NE S1 (R2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S2 (V3)	5	Serial	0,25
	3	1	3 R+NE S2 (V3)	2	Corrected	0,75
	4	1	4 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	5	1	5 R+NE S2 (V3)	4	Focused search	0,5
	6	1	6 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	7	1	7 R+NE S2 (V3)	4	Focused search	0,5
	8	1	8 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	9	2	1 R+NE S2 (V3)	5	Serial	0,25
	10	2	2 R+NE S2 (V3)	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	12	2	4 R+NE S2 (V3)	5	Serial	0,25
	13	2	5 R+NE S2 (V3)	5	Serial	0,25
	14	2	6 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	15	2	7 R+NE S2 (V3)	6	Random	0
	16	2	8 R+NE S2 (V3)	6	Random	0

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S3 (V2)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S3 (V2)	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	4	1	4 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+NE S3 (V2)	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	7	1	7 R+NE S3 (V2)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 R+NE S3 (V2)	1	Direct	1
	9	2	1 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	10	2	2 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+NE S3 (V2)	6	Random	0
	15	2	7 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+NE S3 (V2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	3	1	3 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	4	1	4 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	5	1	5 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	6	1	6 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	7	1	7 R+NE S4 (A2)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 R+NE S4 (A2)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+NE S4 (A2)	5	Serial	0,25
	10	2	2 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	11	2	3 R+NE S4 (A2)	6	Random	0
	12	2	4 R+NE S4 (A2)	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+NE S4 (A2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+NE S4 (A2)	2	Corrected	0,75
	15	2	7 R+NE S4 (A2)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+NE S4 (A2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S5 (R3)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S5 (R3)	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 R+NE S5 (R3)	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 R+NE S5 (R3)	2	Corrected	0,75
	5	1	5 R+NE S5 (R3)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+NE S5 (R3)	1	Direct	1
	7	1	7 R+NE S5 (R3)	2	Corrected	0,75
	8	1	8 R+NE S5 (R3)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+NE S5 (R3)	1	Direct	1
	10	2	2 R+NE S5 (R3)	1	Direct	1
	11	2	3 R+NE S5 (R3)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+NE S5 (R3)	1	Direct	1
	13	2	5 R+NE S5 (R3)	1	Direct	1
	14	2	6 R+NE S5 (R3)	1	Direct	1
	15	2	7 R+NE S5 (R3)	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 R+NE S5 (R3)	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S6 (V2)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S6 (V2)	6	Random	0
	3	1	3 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	4	1	4 R+NE S6 (V2)	6	Random	0
	5	1	5 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+NE S6 (V2)	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 R+NE S6 (V2)	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 R+NE S6 (V2)	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	10	2	2 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	11	2	3 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+NE S6 (V2)	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75
	16	2	8 R+NE S6 (V2)	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S7 (V2)	6	Random	0
	2	1	2 R+NE S7 (V2)	6	Random	0
	3	1	3 R+NE S7 (V2)	5	Serial	0,25
	4	1	4 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 R+NE S7 (V2)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5
	7	1	7 R+NE S7 (V2)	4	Focused searc	0,5
	8	1	8 R+NE S7 (V2)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+NE S7 (V2)	6	Random	0
	10	2	2 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 R+NE S7 (V2)	2	Corrected	0,75
	13	2	5 R+NE S7 (V2)	6	Random	0
	14	2	6 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 R+NE S7 (V2)	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 R+NE S8 (R3)	3	Long correctic	0,5
	2	1	2 R+NE S8 (R3)	6	Random	0
	3	1	3 R+NE S8 (R3)	5	Serial	0,25
	4	1	4 R+NE S8 (R3)	5	Serial	0,25
	5	1	5 R+NE S8 (R3)	2	Corrected	0,75
	6	1	6 R+NE S8 (R3)	5	Serial	0,25
	7	1	7 R+NE S8 (R3)	6	Random	0
	8	1	8 R+NE S8 (R3)	2	Corrected	0,75
	9	2	1 R+NE S8 (R3)	1	Direct	1
	10	2	2 R+NE S8 (R3)	4	Focused search	0,5
	11	2	3 R+NE S8 (R3)	2	Corrected	0,75
	12	2	4 R+NE S8 (R3)	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 R+NE S8 (R3)	2	Corrected	0,75
	14	2	6 R+NE S8 (R3)	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 R+NE S8 (R3)	1	Direct	1
	16	2	8 R+NE S8 (R3)	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Sal S1 (R4) - T	6	Random	0
	2	1	2 Sal S1 (R4) - T	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 Sal S1 (R4) - T	6	Random	0
	4	1	4 Sal S1 (R4) - T	6	Random	0
	5	1	5 Sal S1 (R4) - T	3	Long correctic	0,5
	6	1	6 Sal S1 (R4) - T	2	Corrected	0,75
	7	1	7 Sal S1 (R4) - T	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 Sal S1 (R4) - T	4	Focused searc	0,5
	9	2	1 Sal S1 (R4) - T	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Sal S1 (R4) - T	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 Sal S1 (R4) - T	4	Focused searc	0,5
	12	2	4 Sal S1 (R4) - T	2	Corrected	0,75
	13	2	5 Sal S1 (R4) - T	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 Sal S1 (R4) - T	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Sal S1 (R4) - T	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Sal S1 (R4) - T	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Sal S2 (A2) - T	6	Random	0
	2	1	2 Sal S2 (A2) - T	6	Random	0
	3	1	3 Sal S2 (A2) - T	2	Corrected	0,75
	4	1	4 Sal S2 (A2) - T	2	Corrected	0,75
	5	1	5 Sal S2 (A2) - T	5	Serial	0,25
	6	1	6 Sal S2 (A2) - T	6	Random	0
	7	1	7 Sal S2 (A2) - T	4	Focused search	0,5
	8	1	8 Sal S2 (A2) - T	2	Corrected	0,75
	9	2	1 Sal S2 (A2) - T	4	Focused search	0,5
	10	2	2 Sal S2 (A2) - T	6	Random	0
	11	2	3 Sal S2 (A2) - T	6	Random	0
	12	2	4 Sal S2 (A2) - T	6	Random	0
	13	2	5 Sal S2 (A2) - T	5	Serial	0,25
	14	2	6 Sal S2 (A2) - T	1	Direct	1
	15	2	7 Sal S2 (A2) - T	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Sal S2 (A2) - T	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 Sal S3 (R1) - T	6	Random	0
	2	1	2 Sal S3 (R1) - T	6	Random	0
	3	1	3 Sal S3 (R1) - T	4	Focused search	0,5
	4	1	4 Sal S3 (R1) - T	4	Focused search	0,5
	5	1	5 Sal S3 (R1) - T	6	Random	0
	6	1	6 Sal S3 (R1) - T	1	Direct	1
	7	1	7 Sal S3 (R1) - T	2	Corrected	0,75
	8	1	8 Sal S3 (R1) - T	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 Sal S3 (R1) - T	2	Corrected	0,75
	10	2	2 Sal S3 (R1) - T	2	Corrected	0,75
	11	2	3 Sal S3 (R1) - T	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 Sal S3 (R1) - T	6	Random	0
	13	2	5 Sal S3 (R1) - T	3	Long correctic	0,5
	14	2	6 Sal S3 (R1) - T	2	Corrected	0,75
	15	2	7 Sal S3 (R1) - T	2	Corrected	0,75
	16	2	8 Sal S3 (R1) - T	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE G1-1 (A2) -	6	Random	0
	2	1	2 SE G1-1 (A2) -	2	Corrected	0,75
	3	1	3 SE G1-1 (A2) -	1	Direct	1
	4	1	4 SE G1-1 (A2) -	6	Random	0
	5	1	5 SE G1-1 (A2) -	1	Direct	1
	6	1	6 SE G1-1 (A2) -	2	Corrected	0,75
	7	1	7 SE G1-1 (A2) -	2	Corrected	0,75
	8	1	8 SE G1-1 (A2) -	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 SE G1-1 (A2) -	3	Long correctic	0,5
	10	2	2 SE G1-1 (A2) -	4	Focused searc	0,5
	11	2	3 SE G1-1 (A2) -	6	Random	0
	12	2	4 SE G1-1 (A2) -	2	Corrected	0,75
	13	2	5 SE G1-1 (A2) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 SE G1-1 (A2) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 SE G1-1 (A2) -	4	Focused searc	0,5
	16	2	8 SE G1-1 (A2) -	3	Long correctic	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE G3-1 (A1) -	6	Random	0
	2	1	2 SE G3-1 (A1) -	6	Random	0
	3	1	3 SE G3-1 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	4	1	4 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	5	1	5 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	6	1	6 SE G3-1 (A1) -	5	Serial	0,25
	7	1	7 SE G3-1 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	9	2	1 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	10	2	2 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	11	2	3 SE G3-1 (A1) -	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	13	2	5 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	14	2	6 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	15	2	7 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75
	16	2	8 SE G3-1 (A1) -	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE S1 (R2) - Te	6	Random	0
	2	1	2 SE S1 (R2) - Te	6	Random	0
	3	1	3 SE S1 (R2) - Te	6	Random	0
	4	1	4 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75
	5	1	5 SE S1 (R2) - Te	5	Serial	0,25
	6	1	6 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75
	7	1	7 SE S1 (R2) - Te	5	Serial	0,25
	8	1	8 SE S1 (R2) - Te	4	Focused search	0,5
	9	2	1 SE S1 (R2) - Te	6	Random	0
	10	2	2 SE S1 (R2) - Te	3	Long correctio	0,5
	11	2	3 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75
	12	2	4 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75
	13	2	5 SE S1 (R2) - Te	4	Focused search	0,5
	14	2	6 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75
	15	2	7 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75
	16	2	8 SE S1 (R2) - Te	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE S2 (V2) - Te	6	Random	0
	2	1	2 SE S2 (V2) - Te	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 SE S2 (V2) - Te	6	Random	0
	4	1	4 SE S2 (V2) - Te	2	Corrected	0,75
	5	1	5 SE S2 (V2) - Te	4	Focused searc	0,5
	6	1	6 SE S2 (V2) - Te	2	Corrected	0,75
	7	1	7 SE S2 (V2) - Te	3	Long correctic	0,5
	8	1	8 SE S2 (V2) - Te	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 SE S2 (V2) - Te	2	Corrected	0,75
	10	2	2 SE S2 (V2) - Te	3	Long correctic	0,5
	11	2	3 SE S2 (V2) - Te	4	Focused searc	0,5
	12	2	4 SE S2 (V2) - Te	2	Corrected	0,75
	13	2	5 SE S2 (V2) - Te	1	Direct	1
	14	2	6 SE S2 (V2) - Te	1	Direct	1
	15	2	7 SE S2 (V2) - Te	2	Corrected	0,75
	16	2	8 SE S2 (V2) - Te	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE S3 (A1) - Te	6	Random	0
	2	1	2 SE S3 (A1) - Te	6	Random	0
	3	1	3 SE S3 (A1) - Te	6	Random	0
	4	1	4 SE S3 (A1) - Te	3	Long correctic	0,5
	5	1	5 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	6	1	6 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	7	1	7 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	8	1	8 SE S3 (A1) - Te	3	Long correctic	0,5
	9	2	1 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	10	2	2 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	11	2	3 SE S3 (A1) - Te	3	Long correctic	0,5
	12	2	4 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	13	2	5 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75
	14	2	6 SE S3 (A1) - Te	3	Long correctic	0,5
	15	2	7 SE S3 (A1) - Te	3	Long correctic	0,5
	16	2	8 SE S3 (A1) - Te	2	Corrected	0,75

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	2	1	2 SE S4 (N1) - Tε	3	Long correctic	0,5
	3	1	3 SE S4 (N1) - Tε	5	Serial	0,25
	4	1	4 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	5	1	5 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	6	1	6 SE S4 (N1) - Tε	2	Corrected	0,75
	7	1	7 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	8	1	8 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	9	2	1 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	10	2	2 SE S4 (N1) - Tε	4	Focused searc	0,5
	11	2	3 SE S4 (N1) - Tε	4	Focused searc	0,5
	12	2	4 SE S4 (N1) - Tε	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 SE S4 (N1) - Tε	2	Corrected	0,75
	14	2	6 SE S4 (N1) - Tε	4	Focused searc	0,5
	15	2	7 SE S4 (N1) - Tε	6	Random	0
	16	2	8 SE S4 (N1) - Tε	4	Focused searc	0,5

Test	Day	Trial	File Name	Strategy num	Strategy name	cognitive Score
	1	1	1 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	2	1	2 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	3	1	3 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	4	1	4 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	5	1	5 SE S5 (N2) - Tε	2	Corrected	0,75
	6	1	6 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	7	1	7 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	8	1	8 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	9	2	1 SE S5 (N2) - Tε	1	Direct	1
	10	2	2 SE S5 (N2) - Tε	6	Random	0
	11	2	3 SE S5 (N2) - Tε	2	Corrected	0,75
	12	2	4 SE S5 (N2) - Tε	3	Long correctic	0,5
	13	2	5 SE S5 (N2) - Tε	2	Corrected	0,75
	14	2	6 SE S5 (N2) - Tε	2	Corrected	0,75
	15	2	7 SE S5 (N2) - Tε	2	Corrected	0,75
	16	2	8 SE S5 (N2) - Tε	2	Corrected	0,75