

Aprendizaje elemental a pesar de entrenamiento configuracional en una tarea de navegación

Raúl D. Manteiga y Victoria D. Chamizo*

Universitat de Barcelona

Se entrenó a unas ratas a encontrar una plataforma invisible definida por una configuración de dos objetos en la mitad de los ensayos y por una segunda configuración de dos objetos en la otra mitad. Los objetos estaban espaciados alrededor del borde de la piscina. Las dos configuraciones se presentaron con la misma frecuencia cada día, entremezcladas semi-al azar. En el Experimento 1, las configuraciones de las ratas fueron A y B (configuración 1), y B y C (configuración 2). B era un objeto común a ambas configuraciones. Al final de esta fase los animales recibieron ensayos de prueba en los que se colocaba a una rata en la piscina sin la plataforma y se registraba el tiempo que pasaba en el cuadrante de la plataforma. Los animales tuvieron ensayos de prueba con las configuraciones del entrenamiento, con los objetos por separado, y con una nueva configuración, A y C (una prueba de integración). Tanto ante las configuraciones del entrenamiento como en presencia de B, las ratas pasaron una cantidad de tiempo sustancial buscando la plataforma en el cuadrante de la plataforma; no se obtuvo ningún otro efecto en las otras pruebas. En el Experimento 2 se introdujeron varios cambios metodológicos y se replicaron los principales resultados del Experimento 1. Concluimos que tras un entrenamiento configuracional como el empleado, la navegación de las ratas hacia una plataforma invisible estuvo controlada por un aprendizaje elemental, por B.

Palabras clave: aprendizaje elemental y configuracional, ensombrecimiento, tarea de navegación, ratas.

En trabajos llevados a cabo en tareas no espaciales se ha demostrado que los animales son capaces de integrar la información que procede de condicionamientos independientes pero que comparten un estímulo o evento en común (Holland y Straub, 1979; Leyland, 1977; Rashotte, Griffin y Sisk, 1977). Este resultado se utiliza como ejemplo de la flexibilidad que pueden tener las representaciones resultantes del aprendizaje asociativo (Dickinson, 1980). En el trabajo de Holland y Straub (1979), a unas ratas se las entrenó en

* Los autores están en deuda con Matías López Ramírez y con dos revisores anónimos por sus excelentes comentarios. Correspondencia a V.D. Chamizo, Universitat de Barcelona, Departament de Psicologia Bàsica, Passeig de la Vall d'Hebron, 171, 08035-Barcelona, España. Esta investigación se llevó a cabo gracias a una ayuda del anterior Ministerio de Educación y Ciencia (DGES nº PB97-0965) a V.D. Chamizo.

cajas estándar de condicionamiento en las que se les presentaba un ruido seguido de un determinado tipo de comida. Al término de esta fase, los animales se aproximaban al comedero cuando se presentaba el ruido, lo cual indicaba que habían aprendido la asociación ruido->comida. A continuación, en la fase 2 del experimento, las ratas experimentales tuvieron acceso libre a la misma comida en sus jaulas-casa durante unos minutos, tras lo cual se les provocaba un malestar gástrico mediante una inyección de litio. Al cabo de pocos ensayos los animales dejaron de comer este tipo de alimento, lo cual indicaba que habían aprendido una asociación comida->malestar. En esta fase, los sujetos de control sólo recibieron las inyecciones de litio, sin que éstas fuesen precedidas de la ingestión de comida. Por último, en la fase 3, a todos los animales se les volvió a colocar en las cajas de condicionamiento. Si las ratas de grupo Experimental podían integrar la información aprendida en ambas fases (ruido->comida, comida->malestar) se esperaba que ahora, en presencia del ruido, se aproximaran al comedero significativamente menos que los sujetos del grupo de Control, tal y como ocurrió. Sin embargo, la capacidad de integrar no es una regla general (ver Holland y Rescorla, 1975, a y b). ¿Podemos observarla en el dominio espacial? A fin de tentativamente contestar a esta pregunta se diseñaron los dos experimentos que aquí se presentan. Estos experimentos también se basaron en hallazgos encontrados en el dominio espacial (ver Rodrigo, Chamizo, McLaren y Mackintosh, 1997).

Trabajando en una piscina circular (Morris, 1981), Roberts y Pearce (1998) han demostrado que las ratas pueden aprender a ubicar una plataforma oculta en base a un único punto de referencia situado justo encima de la plataforma oculta. Sin embargo, cuando el entrenamiento se lleva a cabo con múltiples puntos de referencia simultáneamente presentes, Rodrigo y cols. (1997) han demostrado que la navegación de unas ratas hacia una plataforma invisible está controlada por una configuración de puntos de referencia, sin que ninguno de ellos sea necesario para ubicar correctamente la plataforma (y para una demostración de aprendizaje configuracional con laberinto radial elevado ver Suzuki, Augerinos y Black, 1980). En los Experimentos 1A y 1B de Rodrigo y cols. (1997), unas ratas aprendieron a escaparse del agua en presencia de cuatro puntos de referencia. Tras la adquisición se llevaron a cabo ensayos de prueba. En el Experimento 1A estos ensayos fueron ante cualquier combinación de tres o de dos puntos de referencia. Los resultados mostraron, por un lado, que la actuación de las ratas no difería en presencia de tres o de dos puntos de referencia: con cualquier configuración de objetos los animales preferían el área concreta de la piscina dónde debería haber estado la plataforma; y, en segundo lugar, que ningún punto de referencia específico era necesario para una buena actuación: cualquier conjunto de tres o de dos puntos de referencia controlaba igual la actuación de las ratas en su búsqueda de la plataforma. En el Experimento 1B los ensayos de prueba se llevaron a cabo ante cualquier combinación de dos puntos de referencia o en presencia de un solo punto de referencia. Los resultados mostraron que la actuación de las ratas en estos ensayos claramente difería en presencia de dos o de un único punto de referencia. En el primer caso, los animales preferían el área dónde debería haber estado la plataforma, pero un solo punto de referencia no era

suficiente para que las ratas tuvieran una buena actuación (y para un resultado similar, ver Prados y Trobalon, 1998). Estos resultados demuestran que el tipo de aprendizaje que adquirían las ratas era claramente asociativo y configuracional. ¿Ocurre lo mismo con cualquier tipo de entrenamiento configuracional? ¿Acaso no es ésto lo que también nos sugieren experimentos tan clásicos como los de Tolman (1932, 1948) con laberintos? Para Tolman, lo que una rata aprendía a medida que corría por un laberinto era un mapa de las relaciones espaciales entre las trayectorias de los laberintos, la caja-meta y diversos puntos de referencia. Como ha señalado Mackintosh (1988), el transformar este conocimiento en una buena actuación no podía ser simplemente cuestión de activar una tendencia a responder. Sin duda requeriría unos procesos más elaborados y más difíciles de explicar que incluirían la combinación de un mayor conocimiento de los valores asignados a algunos de los eventos o lugares, asociados de esta manera con algún proceso de inferencia, a fin de tomar una decisión.

En los dos experimentos que aquí se presentan, llevados a cabo en piscina circular, se entrenó a unas ratas a escaparse del agua nadando a una plataforma invisible que estaba situada en el mismo lugar en relación a dos configuraciones de puntos de referencia. Ambas configuraciones estaban formadas por dos objetos cada una de ellas y compartían un objeto o punto de referencia en común. En base a lo que se ha observado en otras investigaciones (por ejemplo Rodrigo y cols., 1997), se esperaba que el aprendizaje de los animales fuese configuracional: es decir, que tras la adquisición, la presentación de un solo punto de referencia no fuera suficiente para que las ratas tuvieran una buena actuación. Asimismo, y en base a lo que se ha observado en otros trabajos con tareas no espaciales (por ejemplo, Holland y Straub, 1979), también se esperaba que las ratas mostrasen una buena actuación en presencia de una nueva configuración formada por los puntos de referencia únicos a ambas configuraciones (es decir, en una prueba de integración). De ser así, este resultado constituiría una demostración de integración en el dominio espacial.

EXPERIMENTO 1

Se entrenó a unas ratas a encontrar una plataforma invisible definida por una configuración de dos puntos de referencia en la mitad de los ensayos y por una segunda configuración de dos puntos de referencia en la otra mitad. En el Experimento 1 los puntos de referencia A y B simultáneamente presentes constituían la configuración 1, y los puntos de referencia B y C simultáneamente presentes la configuración 2 (ver Figura 1). El punto de referencia B era un objeto común a ambas configuraciones, y por tanto se presentaba el doble de veces que A o que C. Al final de esta fase los animales recibieron ensayos de prueba en los que se colocaba a una rata en la piscina, sin plataforma, y se registraba el tiempo que pasaba en el cuadrante donde debería de haber estado la plataforma. Las pruebas fueron en presencia de las configuraciones del entrenamiento, A y B, y B y C (AB, BC, Prueba 1), en

presencia de una nueva configuración formada por los puntos de referencia A y C, una prueba de integración (AC, Prueba 2), con los objetos A y C por separado para controlar que la P2 no se debiera a una mera adición de fuerzas asociativas de los puntos de referencia individuales (A/C, Prueba 3), y finalmente, en presencia de B, el punto de referencia común a ambas configuraciones (Prueba 4). Nuestra predicción era que las ratas mostrarían una buena actuación, es decir, pasarían más tiempo del esperado por mero azar nadando en el cuadrante de la plataforma, tanto en la Prueba 1 (con las configuraciones del entrenamiento, A y B, y B y C), como en la Prueba 2 (ante A y C simultáneamente presentes); y exactamente lo contrario, es decir, una actuación que no difiriera del azar, en la Prueba 3 (ante A ó C), y en la Prueba 4 (en presencia de B).

MÉTODO

Sujetos. Los sujetos fueron 8 ratas de la raza Long Evans, 4 machos y 4 hembras, de aproximadamente tres meses y medio de edad al comienzo del experimento, con experiencia previa en relación a una demostración de condicionamiento de aversión al sabor. Se les mantuvo durante todo el experimento en jaulas de 2 sujetos, en condiciones *ad libitum* de comida y agua. Los animales estuvieron expuestos a un ciclo luz-oscuridad de 12 horas (luz de 8 a 20 horas).

Aparato. Se utilizó un laberinto acuático, consistente en una piscina circular de color blanco, construida con fibra de vidrio y plástico situada en el centro de una habitación de 3,6x3,9x2,8 m. Las dimensiones de la piscina eran de 150 cm de diámetro por 64 cm de altura. El agua de la piscina era de color blanco (esto se conseguía añadiendo látex de poliestireno -1cl/l.-aproximadamente) y se mantenía a una temperatura constante de 21 °C \pm 1 mediante dos resistencias en cable, recubiertas de goma siliconada (2 x 180 W), que estaban conectadas a la red eléctrica. La piscina estaba rodeada por unas cortinas negras, que colgaban desde un falso techo circular hasta 51 cm del suelo, formando un recinto circular. Había un segundo falso techo de madera de 160 cm de diámetro, en el centro del cual había instaladas cuatro bombillas de bajo consumo de 15 W y una cámara de vídeo (Hitachi, KP-110). Una lámina de plástico translúcido difuminaba la luz y permitía que asomara el objetivo de la cámara por un agujero central de 10 cm de diámetro. La cámara transmitía la imagen a un ordenador modelo Pentium MMX que registraba la trayectoria que seguían las ratas en la piscina. El ordenador se encontraba en una habitación adyacente desde donde se registraba la conducta del animal. El segundo falso techo era giratorio y de su extremo podían colgar diferentes objetos, puntos de referencia, los cuales quedaban a una altura aproximadamente de 35 cm por encima de la superficie del agua y justo encima del borde de la piscina. Los puntos de referencia usados fueron A: una luz fija (consistente en una bombilla de 40w introducida dentro de un cono truncado invertido de plástico transparente de 11 cm de altura, 13cm en la base

superior y 10cm en la base inferior); B: una pelota de playa (de 30 cm de diámetro con segmentos verticales alternativos de color azul, blanco, amarillo, blanco, naranja y blanco); C: una luz intermitente (de 1W con una frecuencia de intermitencia de 60-80 veces por minuto); D: una planta de plástico verde (de aproximadamente 35 cm de diámetro y 30 cm de altura). En el interior de la piscina podíamos colocar una plataforma de 10 cm de diámetro fabricada en metacrilato transparente, sumergida 1 cm por debajo del nivel del agua, siendo por tanto invisible para los animales. Esta plataforma quedaba situada a 38 cm del borde de la piscina y era introducida en unas bases metálicas que estaban colocadas en el fondo de la piscina en posiciones fijas. La posición de la plataforma podía encontrarse en el centro de cada uno de los cuadrantes, quedando separadas dichas posiciones por un ángulo mínimo de 90° (ver figura 1).

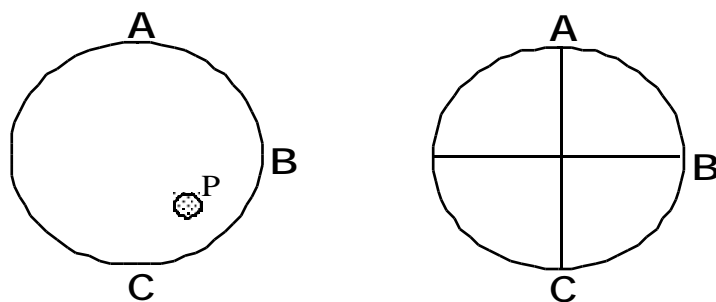


Figura 1. Izquierda: Representación esquemática de la piscina, donde se muestra la ubicación de la plataforma y de los puntos de referencia durante el entrenamiento. Derecha: Representación esquemática de la piscina en los ensayos de prueba.

Procedimiento. El experimento constó de dos fases, Entrenamiento y Pruebas (ver diseño). La fase de entrenamiento inicialmente consistió en ocho ensayos de escape diarios durante ocho días. Posteriormente esta fase se alargó dos días más. Un ensayo de escape consistía en introducir a un animal en la piscina de cara a la pared y permitirle nadar libremente hasta que encontraba la plataforma oculta, un máximo de dos minutos. Una vez que los sujetos hallaban la plataforma, permanecían en ella por espacio de 30 segundos. A continuación, el experimentador cogía manualmente al animal y le depositaba en una jaula de espera donde permanecía hasta el siguiente ensayo, que tenía lugar cuando todos los sujetos de una tanda habían finalizado ese ensayo. Los animales pasaban cada sesión diaria en tandas de 8 sujetos. El intervalo entre ensayos (IEE) era de aproximadamente 10 minutos. En el caso de que un animal no encontrara la plataforma en los dos minutos, se le depositaba en ella manualmente, donde permanecía por espacio de 30 segundos. A continuación se procedía como en un ensayo normal. En esta fase, los animales debían buscar la plataforma en presencia de dos

configuraciones de objetos, A y B (Configuración 1), y B y C (Configuración 2). B era un objeto común a ambas configuraciones, y por tanto, se presentaba el doble de veces que A y que C. A lo largo de los ocho ensayos diarios, a los animales se les presentaba 4 veces cada una de las configuraciones, entremezcladas semi-al azar, de forma que nunca se presentaba la misma configuración en más de dos ensayos seguidos. La posición de la plataforma y de los puntos de referencia mantenían una relación constante, como muestra la Figura 1. Tanto la plataforma como los puntos de referencia variaban de posición de ensayo a ensayo, a fin de eliminar cualquier tipo de variable no controlada, como el posible efecto de los ruidos del propio edificio. Estos cambios siempre eran de 90° lo cual daba lugar a cuatro posibles posiciones de la plataforma. También variaba de ensayo a ensayo el lugar desde el que se introducía a los animales en el agua, que podía tener lugar en cuatro posiciones diferentes. Estas posiciones coincidían con A, B, C y donde hubiese estado D en la Figura 1 y los animales salían con la misma frecuencia de cada una de ellas. Esto se hacía para evitar que los animales aprendieran a escapar del agua mediante una estrategia instrumental de giro. Con esta finalidad se controlaron cuatro posibles giros que podían conducir a la plataforma desde cada punto de salida: giro largo a la izquierda, giro largo a la derecha, giro corto a la izquierda y giro corto a la derecha. En esta fase se registró el tiempo que los animales tardaban en alcanzar la plataforma en cada ensayo.

El diseño del experimento 1 fue el siguiente, donde * representa pruebas contrabalanceadas:

Entrenamiento	P1	P2*	P3*	P4
(8 días + 2)	(2días)	(1día)	(1día)	(1día)
AB, BC	AB, BC	AC	A/C	B

La fase de Pruebas tuvo una duración de 5 días. Cada día consistió en ocho ensayos de escape, idénticos a los descritos en la fase de entrenamiento, y un noveno ensayo, de prueba. Un ensayo de Prueba consistía en introducir a un animal en el agua, de cara a la pared, sin plataforma, y permitirle nadar durante un minuto en presencia de unos puntos de referencia o configuraciones. En un ensayo de prueba se dividía espacialmente la piscina en cuatro cuadrantes, tal como se muestra en la figura 1: el correspondiente al lugar en el que se hubiese encontrado la plataforma (entre B y C), el de su izquierda (entre C y donde hubiese estado D), el de su derecha (entre B y A), y su opuesto (entre A y donde hubiese estado D). La medida utilizada en estos ensayos fue el tiempo que pasaron los animales nadando en el cuadrante correspondiente al lugar en el que se hubiera encontrado la plataforma. Si los animales habían aprendido la relación entre la posición de la plataforma y los objetos, pasarían significativamente más tiempo nadando en el cuadrante donde se hubiese encontrado la plataforma (entre B y C), que lo esperado por mero azar. El nivel de azar se estableció en 15 segundos de nado en el cuadrante en el que se hubiera encontrado la plataforma. Se realizaron cuatro pruebas diferentes. En la Prueba 1, que se llevó a cabo dos veces (Prueba 1-D1, y Prueba 2-D2) se presentaron las configuraciones del entrenamiento, A y

B, y B y C; la mitad de los sujetos fue puesta a prueba con una de las configuraciones y la otra mitad con la otra configuración. La finalidad de esta prueba fue constatar con una nueva medida (búsqueda de la plataforma) si los animales habían aprendido la relación entre la posición de la plataforma y las configuraciones del entrenamiento. La Figura 3 muestra el resultado del primer ensayo de prueba (Prueba 1,D1). Debido a que la actuación de las ratas fue peor de lo esperado, a continuación se llevaron a cabo dos días de reentrenamiento (idénticos a los días de entrenamiento). Al día siguiente se repitió la Prueba 1. La Prueba 2, de integración, se llevó a cabo en presencia de A (procedente de la configuración 1) y de C (procedente de la configuración 2). En la Prueba 3 se presentaron estos mismos objetos, A o C, pero por separado. Las Pruebas 2 y 3 estuvieron contrabalanceadas, la mitad de los animales pasaron en primer lugar la Prueba 2 y la otra mitad la Prueba 3, y viceversa. Dados los resultados obtenidos, como veremos más adelante, finalmente se llevó a cabo la Prueba 4, que inicialmente no estaba prevista, y en la que se presentó únicamente el elemento común, B. En este experimento y también en el Experimento 2, se ha adoptado un nivel de significación de $p < 0.05$. Asimismo, sólo se presentarán los resultados significativos.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 2 muestra (en bloques de 8 ensayos diarios) las latencias medias de escape de los animales a lo largo de todo el experimento. Durante el entrenamiento (Días 1 a 8) las ratas claramente mejoraron su actuación a lo largo de los días.

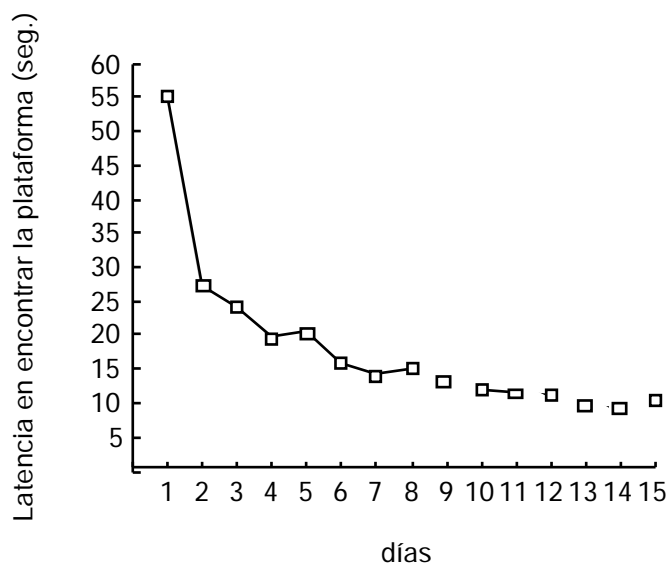


Figura 2. Resultados de los ensayos de escape del Experimento 1 (ver texto para explicación).

Un análisis de la varianza (ANOVA), teniendo en cuenta las variables Sexo y Días, confirmó esta apreciación. Los resultados mostraron que la única variable significativa fue Días $F(7,42)=24.49$. Ninguna otra variable o interacción resultó significativa ($F_s < 1.513$). El día 9 corresponde a los ensayos de escape previos a la primera prueba (P1-D1). La latencia media fue de 12.43 seg. Los Días 10 y 11 corresponden al re-entrenamiento que se llevó a cabo a continuación. Un análisis de los mismos con las mismas variables del entrenamiento, reveló que ninguna variable principal ni interacción resultó significativa ($F_s < 3.00$). El día 12 corresponde a los ensayos de escapes previos a la Prueba 1, Día 2 (P1-D2). La latencia media de escape en este día fue de 10.73 seg. Los Días 13, 14 y 15 corresponden a los ensayos de escape previos a las Pruebas 2, 3 y 4 (P2, P3 y P4, respectivamente). Un análisis de los mismos teniendo en cuenta las variables Sexo y Días, reveló que ninguna variable principal ni interacción resultó significativa ($F_s < 3.00$).

La Figura 3 muestra los resultados de los ensayos de prueba. Como podemos observar, los sujetos tienen una actuación muy diferente en estos ensayos. En la Prueba 1, Día 2 (P1-D2) y en la Prueba 4 (P4) –que no parecen diferir entre ellas–, la actuación es visiblemente superior a lo que se observa en las Pruebas 2 y 3, que tampoco parecen diferir entre ellas, y en las que la actuación está muy cerca del nivel de azar. Un análisis de la varianza de las pruebas P1-D2, P2, P3 y P4, con Sexo y Pruebas como variables, mostró que el efecto principal Pruebas resultó significativo $F(3,18)=15.517$, así como la interacción Sexo x Pruebas $F(3,18)= 3.197$. El análisis de los efectos simples de esta interacción reveló que la actuación de los machos era diferente en las distintas pruebas $F(3,18)=15,83$; y aunque cerca de la significación, $F(3,18)= 2.885$, $p= 0.064$, no ocurrió así con las hembras. Comparaciones posteriores dos a dos (Newman-Keuls) de la variable Pruebas revelaron que las pruebas P2 y P3 (que no difirieron entre ellas) difirieron de las pruebas P1-D2 y P4 (que tampoco difirieron entre sí). A continuación se llevaron a cabo análisis adicionales comparando las pruebas P1-D2 y P4, conjuntamente, con el nivel de azar, por un lado, y las pruebas P2 y P3, conjuntamente, también con el nivel de azar, por otro lado. Dado que un ensayo de prueba duraba 60 seg. y que la piscina en estos ensayos se dividía espacialmente en cuatro cuadrantes, el nivel de azar se estableció en 15 segundos. Las Pruebas P1-D2 y P4 difirieron del nivel de azar ($t=5.31$), y las pruebas P2 y P3 no difirieron significativamente del nivel de azar ($t=0.97$). Dados estos resultados, podemos concluir que un objeto, el punto de referencia B, que se ha presentado el doble de veces que A y que C, era quien claramente controlaba la actuación de los sujetos.

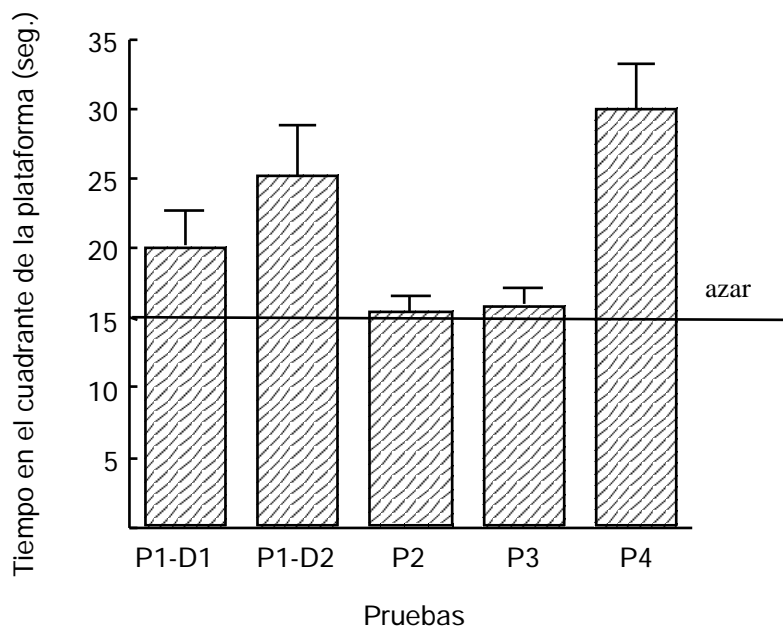


Figura 3. Resultados de los ensayos de prueba del Experimento 1. P1= AB, BC (configuraciones del entrenamiento), P2= AC (prueba de integración espacial), P3= A ó C, y P4= B.

EXPERIMENTO 2

En el Experimento 1 no se cumplió ninguna de nuestras principales predicciones: ni pudimos demostrar que los animales aprendiesen configuracionalmente (la actuación de las ratas en la prueba en base a B fue tan buena como con AB y BC), ni tampoco se encontró evidencia de integración o de adición en el dominio espacial (la prueba en presencia de AC fue similar a la que se encontró con A o con C, y ambas no se diferenciaron del nivel de azar). Lejos de lo esperado, los resultados mostraron que un entrenamiento en base a dos configuraciones formadas por dos puntos de referencia cada una, siendo uno de ellos común a ambas, da lugar a que el objeto común adquiriera el control de la actuación de los sujetos: el punto de referencia B terminó controlando la navegación de las ratas hacia la plataforma invisible, un aprendizaje elemental o de guía simple, que ensombreció el aprendizaje en función de los otros puntos de referencia. Sin embargo, tanto en el trabajo de Rodrigo y cols. (1997) como en el de Prados y Trobalón (1998), antes de comenzar la fase de entrenamiento los sujetos tuvieron una serie de ensayos preliminares, sin puntos de referencia presentes pero con plataforma. Esto se hacía a fin de familiarizar a las ratas con la tarea.

Esta fase preliminar no tuvo lugar en el Experimento 1 del presente trabajo y aunque por razones que resultan poco claras, es posible que esta diferencia de procedimiento hubiese influido en los resultados obtenidos. A fin de maximizar esta posibilidad y también para ver si la presencia de un punto de referencia intra-piscina indicando la posición de la plataforma durante la fase preliminar podría influir en el aprendizaje posterior, en la Fase de Entrenamiento, se llevó a cabo el Experimento 2. Este experimento constó de dos grupos de ratas: Grupo Mismo y Grupo Diferente. Para todos los sujetos se llevó a cabo una fase preliminar, sin puntos de referencia extra-piscina presentes pero con plataforma. Se manipularon dos aspectos concretos de esta fase preliminar: en primer lugar su duración (3 ó 6 días a razón de cuatro ensayos diarios, es decir 12 ó 24 ensayos -preliminares cortos y preliminares largos, respectivamente) y, en segundo lugar, la presencia o no de un punto de referencia intra-piscina. Era de esperar que las ratas del Grupo Diferente aprendiesen un condicionamiento clásico del tipo señal-> plataforma, la recompensa. ¿Afectaría este aprendizaje elemental en base a un punto de referencia intra-piscina en el aprendizaje posterior de la Fase de Entrenamiento, en base a puntos de referencia extra-piscina? ¿Afectaría selectivamente a una u otra de las estrategias posibles, elemental y configuracional? A fin de responder a estas preguntas, así como para ver si se replicaban los resultados del Experimento 1, se llevó a cabo el Experimento 2. Una finalidad adicional del Experimento 2 era ver si las diferencias de sexo encontradas en el Experimento 1 podían desaparecer al aumentar el número de animales en cada grupo (8 machos y 8 hembras en el presente experimento, en vez de los 4 animales de cada sexo del experimento anterior).

MÉTODO

Sujetos y Aparato. Los sujetos utilizados en este experimento fueron 32 ratas de la raza Long Evans, 16 machos y 16 hembras, que tenían al inicio del experimento aproximadamente tres meses de edad y sin experiencia previa. Se mantuvieron durante todo el experimento en jaulas de 2 ó 3 animales, y en condiciones *ad libitum* de comida y agua. Los sujetos se dividieron al azar en dos grupos, Grupo Mismo y Grupo Diferente¹, cada uno de ellos formado por 8 machos y 8 hembras. El aparato empleado fue el mismo que en el Experimento 1. En este experimento se utilizó una “señal” consistente en una varilla (de 13,8 cm de altura) con una figura geométrica con forma de paralelepípedo (de 4 cm de alto y 2,4 cm de lado) en su extremo, que se podía insertar en el borde de la plataforma.

Procedimiento. El experimento constó de tres fases: Fase Preliminar (Fase 1), Entrenamiento (Fase 2), y Fase de Pruebas (ver diseño). En la Fase

¹ Los nombres de los grupos se refieren al tratamiento en la Fase Preliminar del experimento en comparación con los experimentos de Rodrigo y cols. (1997) y de Prados y Trobalon (1998).

preliminar todos los sujetos recibieron 4 ensayos diarios. Esta fase duró 3 días (12 ensayos en total) para la mitad de los sujetos de cada grupo (preliminares cortos), y para la otra mitad (preliminares largos), 6 días (24 ensayos en total). Un ensayo preliminar era idéntico a los ensayos de escape descritos en el experimento anterior, pero sin que ningún punto de referencia extra-piscina indicara la posición de la plataforma. Sin embargo, los animales del Grupo Diferente dispusieron de un punto de referencia intra-piscina que indicaba la posición de la plataforma. La fase de Entrenamiento duró 6 días, a razón de 8 ensayos diarios. El procedimiento general fue idéntico al descrito en el Experimento 1. Esta fase fue igual para ambos grupos. Los animales debían buscar la plataforma en presencia de dos configuraciones distintas de puntos de referencia, A y B, y B y C (ver Figura 1). El diseño del Experimento 2 es el siguiente:

	Preliminares (3 ó 6 Días)	Entrenamiento (6 Días)	P1 (1 Día)	P2 (1 Día)	P3 (1 Día)	P4
G.Mismo	Ningún objeto	AB,BC	AB,BC	B	AC	A/C
G. Diferente	Señal intra	AB,BC	AB,BC	B	AC	A/C

La Fase de Pruebas duró 3 días. Cada día consistió en 8 ensayos de escape idénticos a los realizados en la Fase 2 y un noveno ensayo, el ensayo de prueba. El procedimiento general de los ensayos de prueba fue idéntico al descrito en el Experimento 1. En la Prueba 1 se presentaron las configuraciones del entrenamiento. La mitad de los sujetos de cada grupo pasó la prueba en presencia de una de las configuraciones y la otra mitad ante la otra configuración. La finalidad de esta prueba era comprobar si los animales habían aprendido la relación entre las configuraciones y la posición de la plataforma oculta. En la Prueba 2 se presentó únicamente B a todos los sujetos. Pretendíamos comprobar si B seguía siendo el punto de referencia que controlaba la actuación de los animales, tal y como ocurrió en el Experimento 1, o si por el contrario, la actuación de las ratas no difería del nivel de azar, tal y como inicialmente habíamos predicho. Las pruebas 3 y 4 tuvieron lugar el último día de esta fase. La mitad de los sujetos de cada grupo (4 machos y 4 hembras) pasó la Prueba 3 y la otra mitad (también 4 machos y 4 hembras) la Prueba 4. La Prueba 3, de integración, consistió en presentar la nueva configuración, formada por A y C, con la finalidad de ver si los animales eran capaces de integrar la información contenida en las dos configuraciones con las que habían sido entrenados en la Fase 2. En la Prueba 4 se presentaron estos mismos puntos de referencia pero por separado; es decir, a la mitad de los sujetos (2 machos y 2 hembras) se les presentó A y a la otra mitad (2 machos y dos hembras), C.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 4 muestra las latencias medias de escape de los dos grupos, Mismo y Diferente, a lo largo de todo el experimento. Las latencias se presentan en bloques de cuatro ensayos durante la Fase 1, y en bloques de ocho ensayos durante la Fase 2 y en los escapes de los días de prueba. Durante la Fase Preliminar, y como era de esperar por la perfecta señalización de la plataforma, el Grupo Diferente mostró una mejor actuación que el Grupo Mismo, tanto cuando esta fase duraba tres días (línea discontinua de la Figura 4), como cuando duraba seis días (línea continua de la Figura 4). Efectivamente, un análisis de la varianza de todos los sujetos en los primeros tres días, tomando como variables Grupos, Sexo y Días, mostró que la variable Grupos resultó significativa $F(1,28)=99.713$, así como la variable Días $F(2,56)=6.303$. Un análisis de las latencias medias de escape de los sujetos que tuvieron una Fase 1 de 6 días, la mitad de los animales de cada grupo, teniendo en cuenta las mismas variables que en el análisis anterior, mostró que la variable Grupos resultó significativa $F(1,12)=193.664$, así como las variables Sexo $F(1,12)=8.212$ y Días $F(5,60)=10.039$. La interacción Grupos x Sexo también resultó significativa $F(1,12)=10.106$. El análisis de esta interacción reveló que la variable Sexo sólo fue significativa en los sujetos mismo: los machos mostraron una mejor actuación que las hembras.

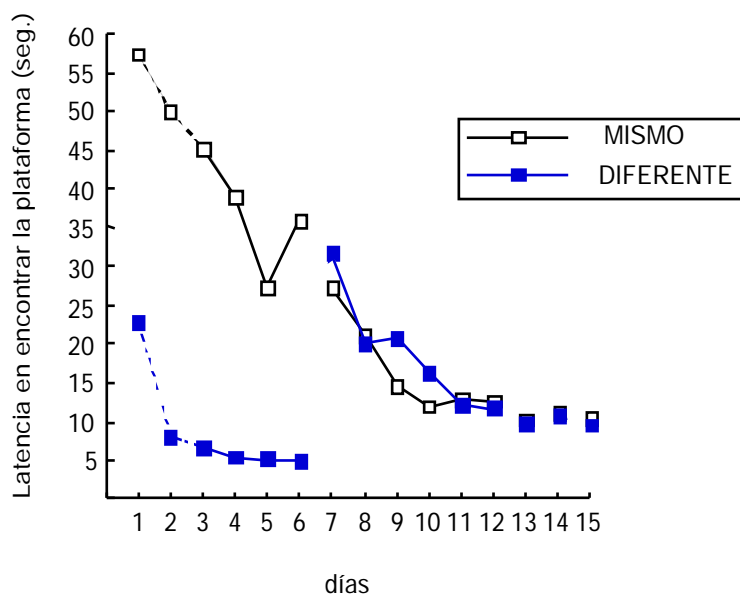


Figura 4. Resultados de los ensayos de escape del Experimento 2 para los grupos Experimental y Control (ver texto para explicación).

La Figura 4 también muestra las latencias medias de escape durante la Fase 2, de entrenamiento. Ambos grupos muestran una actuación muy similar

a lo largo de esta fase, aunque se observa una tendencia en el sentido de que los sujetos del Grupo Mismo son más rápidos en encontrar la plataforma que las ratas del Grupo Diferente. Efectivamente, un análisis de la varianza, tomando como variables Grupo, Sexo, Duración de la Fase 1 y Días, confirmó que la variable Grupos resultó significativa $F(1,24)=4.324$: el Grupo Mismo tuvo una mejor actuación que el Grupo Diferente. La variable Días también resultó significativa $F(1,24)=30.821$, así como la interacción Grupos x Sexo, $F(1,12)=8.076$, y la triple interacción Grupos x Sexo x Días, $F(5,120)=2.445$. Se profundizó en la interacción triple analizando por separado machos y hembras. El análisis de los machos mostró que la variable Grupos difería, $F(1,12)=13.647$: los animales del Grupo Mismo tuvieron una mejor actuación que los del Grupo Diferente. La variable Días también resultó significativa, $F(5,60)=16.058$: la actuación mejoró a lo largo de los días. Ninguna otra variable ni interacción fue significativa. El análisis de las hembras mostró que la variable Días resultó significativa, $F(5,60)=14.951$, así como la interacción Grupos x Días, $F(5,60)=2.571$. El análisis de esta interacción mostró que en el día 8 los grupos casi difirieron, $F(1,12)= 3.843$, $p= 0.074$. Ninguna otra variable o interacción fue significativa.

Finalmente, un análisis de la varianza de las latencias medias de escape previas a las tres pruebas, teniendo como variables Grupo, Sexo, Duración de la Fase 1 y Días, mostró que la variable Sexo resultó significativa ($F(1,24)=10.739$), así como la interacción Grupos x Sexo, ($F(1,24)=6.690$). Un análisis de esta interacción mostró que las hembras del Grupo Diferente tuvieron una mejor actuación que las del Grupo Mismo, $F(1,24)= 5.775$; y por otro lado, que los machos del Grupo Mismo tuvieron una mejor actuación que las hembras de su propio grupo, $F(1,24)= 17.191$. Por tanto, la peor actuación la mostraban las hembras del Grupo Mismo.

La Figura 5 muestra los resultados de las diferentes pruebas para los dos grupos. Como podemos observar, los grupos no parecen diferir en su actuación en las distintas pruebas. La actuación en las Pruebas 1 y 2 (muy igualadas entre sí), es claramente superior a la que se observa en las Pruebas 3 y 4 (también muy igualadas entre sí). En el primer caso, Pruebas 1 y 2, la actuación de las ratas está claramente por encima del nivel de azar, mientras que en el segundo caso, Pruebas 3 y 4, ésta no parece diferir del nivel del azar. Dado que las Pruebas 3 y 4 se llevaron a cabo el mismo día, se realizó un primer análisis con estas dos pruebas tomando como variables Grupos, Sexo y Pruebas. Ninguna variable ni interacción resultó significativa ($F_s < 5.0$). A continuación, se llevó a cabo un análisis de la varianza que incluía la Prueba 1, la Prueba 2, y, conjuntamente, las Pruebas 3 y 4.

Las variables analizadas fueron Grupo, Sexo, Duración de la Fase 1 y Pruebas. La variable Sexo resultó significativa $F(1,24)=4.59$: los machos tuvieron una mejor actuación que las hembras; así como la variable Pruebas $F(2,48)=30.063$. Comparaciones dos a dos de esta variable (Newman-Keuls) mostraron que las Pruebas 1 y 2 (que no difirieron entre sí), difirieron de la última prueba, las Pruebas 3 y 4. Dados estos resultados podemos concluir que en este experimento, al igual que en el experimento anterior, el punto de referencia B, presentado el doble de veces que A y que C, controló

perfectamente la actuación de los sujetos. Es importante destacar que ninguna de las manipulaciones relativas a la Fase Preliminar que se llevaron a cabo en este experimento (duración de la fase y presencia o no presencia de un punto de referencia intra-piscina señalando la posición de la plataforma) influyeron en los resultados obtenidos. Por otro lado, que a pesar de que la variable sexo ha interactuado con otras variables en la Fase de Entrenamiento (donde la medida es la latencia en encontrar la plataforma), no ha ocurrido así ni en los ensayos de escape preliminares a los ensayos de prueba, ni en el análisis de estos ensayos (donde la medida es la búsqueda de la plataforma). Como ya han indicado otros autores (Perrot-Sinal, Kostenuik, Ossenkopp y Kavaliers, 1996), es posible que estas diferencias a favor de los machos se pudieran atribuir a características no espaciales de la tarea.

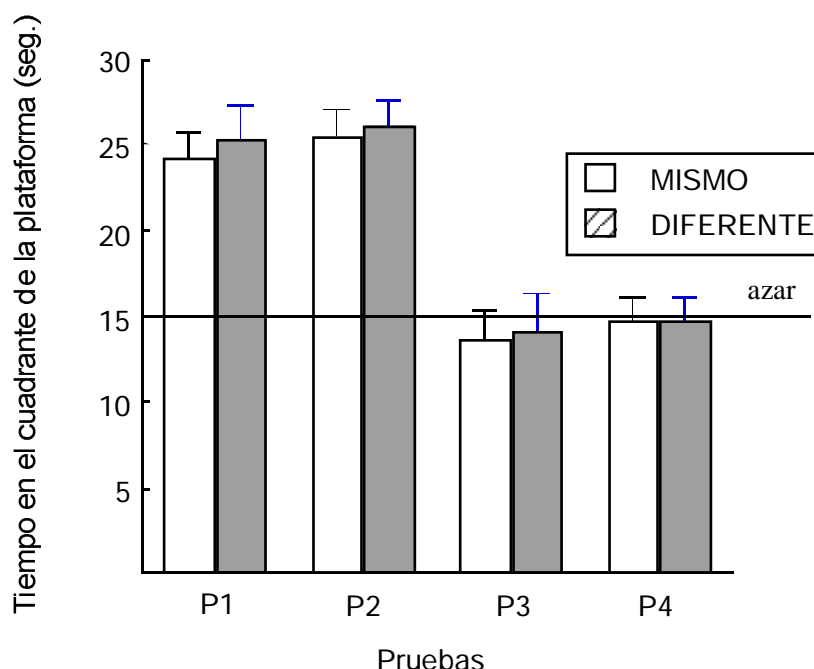


Figura 5. Resultados de los ensayos de prueba del Experimento 2. P1= AB, BC (configuraciones del entrenamiento), P2=B, P3=AC (prueba de integración espacial), P4=A ó C.

DISCUSION GENERAL

En los Experimentos 1 y 2 del presente trabajo se entrenó a unas ratas a escaparse del agua en una piscina circular nadando a una plataforma invisible que estaba situada en el mismo lugar en relación a dos configuraciones de puntos de referencia (A y B, y B y C). Las dos

configuraciones se presentaron en una secuencia entremezclada, semi al azar. Los ensayos de prueba, sin plataforma, revelaron una preferencia de los animales que consistía en buscar la plataforma en el cuadrante correcto de la piscina siempre que el punto de referencia B estuviese presente, ya fuera solo, o acompañado de A o de C. Esta preferencia no se encontró ni cuando se presentaron A o C por separado, ni tampoco en presencia de una nueva configuración formada por los puntos de referencia A y C (una prueba de integración espacial). Concluimos por tanto que después de un entrenamiento configuracional como el descrito, la navegación hacia una plataforma invisible está controlada por un aprendizaje de guía simple, elemental, concretamente por el punto de referencia B, que ensombrece a los otros puntos de referencia y por tanto a un posible aprendizaje configuracional. El término ensombrecimiento se refiere a un fenómeno en el que un estímulo interfiere con el condicionamiento de otro con el que se presenta en compuesto (Pavlov, 1927). En ninguno de los experimentos se encontró integración en el dominio espacial. Sin embargo, experimentos posteriores con diseños entre grupos sí han demostrado integración (ver Chamizo y Mackintosh, 2000). En el trabajo de Chamizo y Mackintosh (2000) a unas ratas se las entrenó a que encontrasen una plataforma oculta cuya localización se definía en base a un conjunto de puntos de referencia externos. A todas las ratas se las entrenó, en ensayos alternos, con dos conjuntos de tres puntos de referencia; para el grupo integración había un punto de referencia común a los dos conjuntos; para los animales de no-integración los dos conjuntos de puntos de referencia no compartían ningún punto de referencia en común. Cada configuración podía estar relativamente cerca o relativamente lejos de la plataforma oculta. Los ensayos de prueba fueron sin plataforma y se medía el tiempo que las ratas se pasaban nadando en el cuadrante de la plataforma. Empleando distintas pruebas, en varios experimentos se encontró evidencia de integración espacial: las ratas inicialmente entrenadas a usar las dos configuraciones que compartían un objeto en común para encontrar la plataforma mostraron una mejor actuación en la búsqueda de la plataforma de lo que lo hicieron las ratas entrenadas a usar las dos configuraciones que no compartían un objeto en común. Hubo una clara facilitación de este efecto de integración cuando la plataforma se había ubicado relativamente lejos de los puntos de referencia. Cuando la plataforma había estado cerca de los puntos de referencia el efecto de integración fue menor. La implicación de estos experimentos es que los procesos que operan a fin de integrar información respecto a asociaciones separadas aunque relevantes cuando se emplean puntos de referencia espaciales actúan de la misma manera a como lo hacen en experimentos de condicionamiento con estímulos no-espaciales (Holland y Straub (1979).

Un modelo elemental como el de Rescorla y Wagner (1972) permite explicar los resultados de los Experimentos 1 y 2 del presente trabajo. Este modelo predice que si se presenta un estímulo incondicionado (EI) o recompensa después de un estímulo compuesto, cada elemento de dicho compuesto se asociará con el EI o con la recompensa. En nuestro caso, dado que el punto de referencia B se presenta en ambas configuraciones y por tanto, el doble de veces que A y que C, éste punto, B, será el mejor predictor

de la recompensa, por lo que terminará ganando más fuerza asociativa que A y que C y, como consecuencia de lo anterior, un mejor control de la actuación de las ratas. Efectivamente esto es lo que ocurrió en los experimentos que aquí se han presentado. Por el contrario, de acuerdo con una teoría configuracional (Pearce, 1987), si se presenta un estímulo incondicionado (EI) o recompensa después de un estímulo compuesto, se formaría una representación de todo el patrón de estimulación, la cual se asociará con el EI o con la recompensa. Y si el estímulo compuesto cambiase de alguna manera, la intensidad de la respuesta de los sujetos estaría en función de la similitud entre el nuevo estímulo y el estímulo compuesto del entrenamiento. Dado que en los experimentos que aquí se han presentado se observa la misma intensidad de la respuesta de búsqueda de la plataforma, en presencia de B que en presencia de A y B, o de B y C (las configuraciones del entrenamiento), esta teoría configuracional no puede explicar nuestros resultados.

Los resultados de los Experimentos 1 y 2 también se podrían explicar apelando a una teoría atencional (Sutherland y Mackintosh, 1971). Es posible que las ratas hubiesen prestado tanta atención al punto de referencia B, dadas sus características (un objeto grande situado cerca de la plataforma), que esto les hubiese impedido darse cuenta de la presencia de A y de C. Esta posibilidad se ha descartado en experimentos posteriores (Chamizo y Manteiga, en revisión). En una serie de experimentos Chamizo y Manteiga (en revisión) empleando unos diseños parecidos a los de los experimentos que aquí se han presentado y distintos objetos para los puntos de referencia A, B y C, replicaron el hallazgo consistente en un aprendizaje elemental en base a B, el punto de referencia común a las dos configuraciones con las que se llevó a cabo el entrenamiento. Asimismo, también manipularon la distancia relativa entre B y la plataforma oculta (cerca-lejos), así como el tamaño de este punto de referencia (grande-pequeño), y los resultados mostraron que sólo cuando B estaba relativamente cerca de la plataforma, con independencia del tamaño, daba lugar a un claro predominio del aprendizaje elemental. Por tanto, parece ser que la distancia relativa de B respecto a la plataforma oculta es un factor decisivo para determinar el tipo de aprendizaje que, al menos inicialmente, aprenden las ratas, elemental (o de guía simple), o configuracional (o de guía compleja).

Los experimentos que aquí se han presentado constituyen estudios preliminares de un proyecto más amplio que pretende estudiar cuál es la base de la inferencia espacial, así como aspectos relacionados con la adquisición y el mantenimiento de los “mapas cognitivos” (Tolman, 1948; O’Keefe y Nadel, 1978). No cabe duda que estos experimentos han arrojado una serie de interrogantes que intentaremos responder en el futuro.

ABSTRACT

Elemental learning in spite of configural training in a navigation task. In two experiments rats were trained to find an invisible platform which was defined by a configuration of two objects on half of the trials, and by a second configuration of two objects on the other half. The objects were spaced round the edge of the pool. Each configuration was equally often presented but intermixed in a semi-random way, every day. On Experiment 1, the configurations were A & B (configuration 1), and B & C (configuration 2). B was a common object in both configurations. Test trials, given at the end of training, consisted in placing the rat in the pool with no platform present and recording the time rats spent in the platform quadrant. Animals were tested to the training configurations, to the individual objects, and to a new configuration, A & C (an integration test). Both with the training configurations and with B alone, rats spent a substantial amount of time in the platform quadrant; on the other tests, no effect was found. On Experiment 2 several methodological changes were introduced, and the main results of Experiment 1 were replicated. We conclude that following such a configural training, rats' navigation towards an invisible platform was controlled by elemental learning, by B.

Key-words: elemental and configural learning, overshadowing, navigation task, rats.

REFERENCIAS

- Dickinson, A. (1980). *Teorías actuales del aprendizaje animal*. Madrid: Debate, 1984 (del original inglés de 1980).
- Chamizo, V.D. y Mackintosh (2000). Integration in the spatial domain. *12º Congreso de la Sociedad Española de Psicología Comparada*. Sociedad Española de Psicología Comparada. Granada, septiembre 2000 (trabajo en preparación).
- Chamizo, V.D. y Manteiga, R.D. (2000). Elemental learning in a swimming-pool task in rats: the importance of the relative distance of an extra-pool object from a hidden platform. *Associative Learning Symposium IV*. Cardiff, UK, abril 2000 (en revisión).
- Holland, P.C. y Rescorla, R.A. (1975a). The effect of two ways of devaluing the unconditioned stimulus after first- and second-order appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1, 355-363.
- Holland, P.C. y Rescorla, R.A. (1975b). Second-order conditioning with food unconditioned stimuli. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 88, 459-467.
- Holland, P.C. y Straub, J.J. (1979). Differential effects of two ways of devaluing the unconditioned stimulus after Pavlovian appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 5, 65-78.
- Leyland, C. M. (1977). Higher-order autoshaping. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 607-619.
- Mackintosh, N.J. (1988). *Condicionamiento y aprendizaje asociativo*. Madrid: Alhambra Universidad (del original inglés de 1983).

- Morris, R.G.M. (1981). Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation*, 12, 239-260.
- O'Keefe, J. y Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Oxford University Press.
- Pavlov, I.P. (1927). *Conditioned reflexes*. Oxford University Press. (Traducción en castellano, Madrid: Círculo de Lectores, 1998).
- Pearce, J.M. (1987). A model for stimulus generalization in Pavlovian conditioning. *Psychological Review*, 94, 61-73.
- Perrot-Sinal, T.S., Kostenuik, M.A., Ossenkopp, K-P. y M. Kavaliers, (1996). Sex differences in performance in the Morris water maze and the effects of initial nonstationary hidden platform training. *Behavioral Neuroscience*, 110, 1309-1320.
- Prados, J. y Trobalon, J.B. (1998). Locating an invisible goal in a water maze requires at least two landmarks. *Psychobiology*, 26, 42-48.
- Rashotte, M.E., Griffin, R.W. y Sisk, C.L. (1977). Second-order conditioning of the pigeon's key peck. *Animal Learning and Behavior*, 5, 25-38.
- Rescorla, R.A., and Wagner, A.R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. En A.H. Black y W.F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 64-99). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Roberts, A.D.L. y Pearce, J.M. (1998). Control of spatial behavior by an unstable landmark. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 24, 172-184.
- Rodrigo, T., Chamizo, V.D., McLaren, I.P.L. y Mackintosh, N.J. (1997). Blocking in the spatial domain. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23, 110-118.
- Sutherland, N.S. y Mackintosh, N.J. (1971). *Mechanisms of animal discrimination learning*. Nueva York: Academic Press.
- Suzuki, S., Augerinos, G. y Black, A.H. (1980). Stimulus control of spatial behavior on the eight-arm maze in rats. *Learning and Motivation*, 11, 1-18.
- Tolman, E.C. (1932). *Purposive behavior in animals and men*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Tolman, E.C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.

(Recibido: 17/01/01; Aceptado:27/04/01)