

**EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A UNA
SECUENCIA CONSTANTE CON INCREMENTOS O
DECREMENTOS DE LA DISPONIBILIDAD ENTRE
FASES EN UNA TAREA DE APRENDIZAJE TIEMPO-
LUGAR**

***FIXED SEQUENCE EXPOSURE WITH CHANGES IN
AVAILABILITY BETWEEN PHASES IN A TIME-PLACE
LEARNING TASK***

Jairo Tamayo¹, Irvin Amadeus Gutierrez-Moreno
y Jonathan Castillo-Alfonso
Centro de Estudios e Investigaciones en
Conocimiento y Aprendizaje Humano

Universidad Veracruzana

Resumen

En la literatura experimental se reporta que las ratas pueden ajustar su comportamiento a eventos biológicamente relevantes que ocurren en una secuencia de lugares delimitados por un criterio temporal. Empleando una cámara de desplazamiento libre de 92×92×33 cm con cuatro bebederos de disponibilidad limitada ubicados en el centro de cada una de las paredes de la caja, se realizó un experimento en el que dos grupos de ratas cepa Wistar se expusieron a dos condiciones que variaron entre fases (de 32 sesiones) de forma ascendente

1. Correspondencia al primer autor jatamayo@uv.mx; Centro de Estudios e Investigaciones en Conocimiento y Aprendizaje Humano, Universidad Veracruzana, Agustín Melgar S/N, esquina Araucarias, Col. Revolución, C.P. 91100.

y descendente. En la condición ascendente la duración del periodo de disponibilidad de agua en los dispensadores se incrementó entre fases mientras que en la descendente, disminuyó. Se emplearon tres duraciones del periodo de disponibilidad: 1, 2 y 4 minutos. Los bebederos se activaban por un programa no contingente de tiempo fijo 27 segundos y funcionaron siguiendo una secuencia fija en el sentido de las manecillas del reloj por el periodo de disponibilidad descrito. Los resultados indicaron que los sujetos no se ajustaron a la secuencia de lugar ni al criterio temporal por lo que aparentemente no siguieron una estrategia de *timing*. Los resultados se explican apelando al tamaño del dispositivo experimental, así como al programa periódico de entregas empleado.

Palabras clave: aprendizaje tiempo-lugar, secuencias, periodo de disponibilidad, ratas, agua.

Abstract

Rats can adjust their behavior to biologically relevant events that occur in a sequence of temporally defined locations. Using an open-field activity chamber (92×92×33 cm) with four water-dipper dispensers—one per wall—, two groups of rats were exposed to ascending and descending conditions. For each condition, schedule availability increased or decreased between phases. Three schedule-availability durations were used (1, 2 and 4 minutes), wherein each dispenser operated under a fixed-time 27 seconds periodic schedule. A fixed-clockwise sequence operated each dispenser according to the schedule availability. Subjects did not adjust their behavior to the place sequence, nor to the temporal criterion, indicating that they apparently did not follow a timing strategy. Results are explained by the size of the experimental device as well as the schedule used.

Key words: time-place learning, sequence, period of availability, rats, water.

El Aprendizaje Tiempo-Lugar (TPL por sus siglas en inglés) se ha definido como la habilidad de los organismos para ajustarse a la ocurrencia espacio-temporalmente variable de un recurso o evento biológicamente significativo (Biebach et al., 1989; Carr & Wilkie, 1997; Crystal, 2009; Deibel & Thorpe, 2013; García-Gallardo et al., 2018; García-Gallardo & Carpio, 2016; Pizzo & Crystal, 2004; Thorpe & Wilkie, 2006). Un procedimiento prototípico de aprendizaje tiempo-lugar implica la presencia u ocurrencia de un recurso en diferentes ubicaciones que cambian en función de un criterio temporal. El recurso (agua o comida) está disponible durante un intervalo en un lugar particular del espacio experimental. A este intervalo se le denomina periodo de disponibilidad. Una vez termina el periodo, el lugar cambia ya sea en una secuencia constante o variable entre sesiones, bloques de sesiones, o fases.

Teniendo en cuenta que durante el periodo de disponibilidad el lugar en el que el recurso está disponible no se encuentra señalado, se asume que el organismo debe cambiar de lugar siguiendo el criterio temporal y no simplemente por la no ocurrencia del evento biológicamente relevante. El ajuste al tiempo implica asumir que el organismo está siguiendo una estrategia de *timing*. Lo contrario (i.e., discriminar cuándo un lugar deja de proveer el recurso y entonces cambiar al siguiente), implicaría una estrategia del tipo *win stay/lose shift* (Thorpe & Wilkie, 2005).

El tipo de análisis que se emplea en el área con el fin de identificar si los organismos se ajustan a la tarea en función del criterio temporal implica fundamentalmente observar tres aspectos: a) que el organismo concentre la mayor parte de sus respuestas en los periodos de disponibilidad temporalmente correctos; b) que dejen de responder en un lugar con recurso disponible antes de que se termine el periodo o antes de que se agote el recurso, lo cual se ha denominado anticipación del agotamiento; y c) que los organismos empiecen a responder en un lugar antes de que el recurso esté disponible, es decir, que anticipen la disponibilidad (García-Gallardo et al., 2018; Thorpe & Wilkie, 2005; Thorpe et al., 2007).

Uno de los elementos que se ha evaluado dentro de esta línea de investigación es el de manipular la variabilidad ya sea de las secuencias de lugares (variación en espacio) o de la duración de la disponibilidad (variación en tiempo). Por ejemplo, Thorpe et al., (2007), emplearon cuatro dispensadores de comida que fueron ubicados en cada pared de una cámara experimental. En una primera fase, un grupo de ratas fue expuesto a una condición en la que las secuencias se mantuvieron constantes mientras se varió la duración del periodo de disponibilidad entre sesiones (2, 3, 4 y 5 minutos). Un segundo grupo tuvo la condición inversa: periodo de disponibilidad constante (3 minutos) y secuencias variables entre sesiones (e.g., 1-2-3-4, luego 1-2-4-3). En la segunda fase ambos grupos se expusieron a secuencias y duraciones constantes (secuencia 1-2-3-4 con una duración de 3 minutos del periodo de disponibilidad). Los resultados indicaron que el segundo grupo—disponibilidad constante, secuencia variable—fue el que presentó mayores afectaciones en el porcentaje promedio de respuestas correctas (i.e., respuestas durante el intervalo asociado al lugar que entregaba comida) y en el porcentaje promedio de cambios correctos en la secuencia en la segunda fase cuando las condiciones de tiempo y lugar fueron constantes.

Por su parte, García-Gallardo et al., (2018) argumentaron que una de las razones por las que podría afectarse el ajuste en las condiciones de secuencia variable podría ser el hecho de que los organismos “perdían tiempo” muestreando opciones incorrectas de lugar hasta dar con el lugar correcto lo cual inadvertidamente hacía que los organismos experimentaran condiciones de periodos variables de disponibilidad. Los autores expusieron a dos grupos de pichones bajo un programa IA25 a dos diferentes condiciones de duración del periodo de disponibilidad (3 y 6 minutos). Los resultados indicaron que el grupo expuesto a los tres minutos de duración de periodo de disponibilidad perdió proporcionalmente más tiempo en la búsqueda del lugar de disponibilidad correcto lo cual se asoció con un ajuste más pobre. A partir de ello los autores concluyeron que, bajo condiciones de variabilidad espacial, la duración del periodo de disponibilidad sería un parámetro

importante que podría modular la efectividad de los sujetos sin que haya necesariamente una mayor relevancia del parámetro espacial tal como lo concluían Thorpe et al., (2007) a partir de sus resultados.

En los estudios reseñados (García-Gallardo et al., 2018; Thorpe et al., 2007), la menor afectación en el ajuste se dio cuando se mantuvieron las secuencias constantes. Si, además de las secuencias también se mantiene constante el periodo de disponibilidad, sería de esperarse un mayor ajuste tanto al componente espacial (la secuencia de lugares) como al temporal (el periodo de disponibilidad). Ahora bien, los programas típicamente usados en el área de investigación de aprendizaje tiempo-lugar han sido de razón variable, intervalo aleatorio e intervalo fijo. Es plausible pensar que el ajuste a condiciones de tiempo y lugar puede verse favorecido por el empleo de programas periódicos. En un programa de este tipo, en donde no se requiere una respuesta del organismo, las ocurrencias del evento biológicamente relevante serían siempre constantes en tiempo pues dependerían del criterio temporal programado. A su vez, el número de ocurrencias por lugar de disponibilidad sería también constante. En una circunstancia de este tipo, la única condición para que el organismo contacte el recurso sería permanecer en el lugar donde este esté disponible, cambiando al siguiente según el criterio temporal determinado por los periodos de disponibilidad.

Adicionalmente, si bien se ha reportado que la duración del periodo de disponibilidad parece no alterar el ajuste al componente espacial siempre y cuando la secuencia de lugares se mantenga constante (Thorpe et al., 2007), el efecto se ha evaluado en condiciones en las que la variación del periodo de disponibilidad se ha realizado entre sesiones. Si la manipulación se realizara entre fases, podría suponerse que el efecto negativo sobre el ajuste sería aún menor dado que hay un periodo mayor de exposición a duraciones constantes (n sesiones de una fase bajo condiciones de disponibilidad constante).

En función de lo anterior, el objetivo del presente experimento fue el de evaluar el aprendizaje de una secuencia constante, empleando un procedimiento típico de aprendizaje tiempo-lugar en el que se aumentó o disminuyó la duración del periodo de disponibilidad entre

fases. Para ello, se empleó una cámara de desplazamiento con cuatro dispensadores que funcionaron bajo un programa no contingente de entrega de agua cada 27 segundos (TF27), y se registró la respuesta de introducir la cabeza en el bebedero (la respuesta no fue requerida para la activación de los dispensadores y solamente se empleó con fines de registro y análisis). El dispositivo empleado en este experimento tuvo dimensiones mayores a las de las cámaras experimentales descritas en la literatura de aprendizaje tiempo-lugar, por lo que parte del interés radicó en analizar si el tamaño del dispositivo podría afectar el ajuste a los criterios de tiempo y de lugar. En la literatura se reporta evidencia de la afectación del responder en programas tradicionales de reforzamiento cuando se varía el tamaño del espacio experimental (e.g., Skuban & Richardson, 1975), por lo que es plausible pensar que este factor pueda también resultar relevante en este tipo de preparaciones.

Método

Sujetos

Se emplearon 6 ratas albinas cepa Wistar provenientes del Bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Veracruzana, de aproximadamente tres meses de edad al inicio del experimento. Los sujetos fueron alojados en cajas habitación individuales en las que tuvieron acceso permanente a alimento (Purina Rodent Lab Chow 5001[®]). Las ratas fueron privadas de agua diariamente por 23 horas. Luego de su sesión de trabajo, cada sujeto recibió 10 minutos de acceso libre al agua en sus cajas habitación las cuales se ubicaron en una colonia con temperatura controlada y un ciclo luz-oscuridad 12:12. Las sesiones experimentales se desarrollaron durante el ciclo luz, siete días a la semana, aproximadamente entre las 15:00 y las 18:00 horas. Todas las ratas fueron pesadas diariamente a fin de controlar su peso. Los sujetos no habían participado en ningún procedimiento previo a este experimento.

Aparatos

Se utilizó una cámara modular de desplazamiento marca Coulbourn Instruments[®] con un espacio experimental de 92×92×33 cm. colocada dentro de un cubículo sonoamortiguado sobre una base a 20 cm desde el piso.

Se ubicaron cuatro dispensadores de agua de disponibilidad limitada (i.e., de copa; MED ENV-202M-S) uno en la parte media de cada una de las paredes de la caja a dos centímetros del piso de la cámara de desplazamiento. Cada dispensador estuvo provisto con un detector de entradas (MED ENV-254). Cada activación del dispensador consistió en la entrega de 0.03 cc bajo una disponibilidad limitada de 3 segundos. Se usó una PC Pentium 4 equipada con sistema operativo Windows XP[®]. Se empleó una computadora adicional del mismo tipo conectada a una interfaz (MED DIG-70-F) y software especializado (MED-PC IV[®]) para el control y registro de eventos.

Diseño

La Tabla 1 representa el diseño usado en este experimento. Se emplearon dos grupos de 3 sujetos cada uno. Todas las ratas fueron expuestas a 4 sesiones de moldeamiento a bebedero luego de lo cual pasaron por 3 fases de 32 sesiones cada una. El Grupo 1 se expuso a una condición ascendente (G1A) en la cual el periodo de disponibilidad se incrementó entre fases, pero se mantuvo constante al interior de cada una de las fases y sesiones. Los periodos de disponibilidad (intervalo durante el cual un programa estuvo en operación en un lugar particular) empleados fueron 1, 2 y 4 minutos. Por su parte el Grupo 2 se expuso a una condición descendente (G2D) en la cual el periodo de disponibilidad disminuyó entre fases manteniéndose constante al interior de las fases y sesiones. Los valores empleados fueron los mismos que en la condición ascendente (en este caso, 4, 2 y 1 minuto).

Tabla 1*Diseño experimental*

Grupo	Moldeamiento	Entrenamiento y pruebas		
		Fase 1	Fase 2	Fase 3
G1A	Moldeamiento a bebedero	1'	2'	4'
G2D		4'	2'	1'
Sesiones	4	32*	32*	32*

*Cada fase incluyó tres sesiones de comedero abierto mezcladas con las tres últimas sesiones de entrenamiento de cada fase.

Procedimiento

Moldeamiento a bebedero. Durante cuatro sesiones se realizó un procedimiento de moldeamiento a bebedero en cada uno de los dispensadores de la cámara de desplazamiento. Para ello, se emplearon láminas de plexiglás para construir una caja pequeña de 25x25x25 cm. Cada pared fue forrada con papel Contac negro. La caja pequeña fue ubicada frente a uno de los dispensadores de la cámara de desplazamiento. Luego se ubicaba a cada una de las ratas dentro de la caja y se presentaba un programa de entregas de agua no contingentes TF27'' por 20 minutos. Cada sujeto pasó por todos los bebederos seleccionados de manera aleatoria. El único criterio para pasar de una sesión a otra y del moldeamiento a las fases de entrenamiento fue que cada rata contactara por lo menos una entrega de agua en cada sesión. Cada sesión se realizó en días consecutivos siempre a la misma hora del día.

Entrenamiento. Se emplearon 3 fases de entrenamiento (una por cada periodo de disponibilidad evaluado). Cada fase estuvo compuesta de 27 sesiones de entrenamiento y luego se corrieron 5 sesiones más, intercalando una sesión de prueba y una de entrenamiento (32 sesiones por fase).

Al día siguiente de la última sesión de moldeamiento a bebedero todos los sujetos pasaron a la Fase 1. En todos los casos los dispensadores se activaron siguiendo la secuencia de las manecillas del reloj y de acuerdo con el periodo de disponibilidad programado para cada condición. Para la condición G1A el periodo de disponibilidad vigente

en la Fase 1 fue de un minuto. De este modo, durante el primer minuto estuvo activo el Dispensador 1, durante el segundo minuto el Dispensador 2, durante el tercer minuto el Dispensador 3 y durante el cuarto minuto, el Dispensador 4. Durante la Fase 2 para esta misma condición, el periodo de disponibilidad incrementó a 2 minutos en todos los dispensadores. Finalmente, en la Fase 3, el periodo de disponibilidad incrementó a 4 minutos, igualmente, en todos los dispensadores. En todas las fases estuvo vigente un programa de entregas de agua no contingentes TF27''. Cada entrega estuvo disponible por 3 segundos. De este modo, en el periodo de disponibilidad de 1 minuto se presentaron 2 entregas de agua no contingentes por dispensador; en el periodo de disponibilidad de 2 minutos se presentaron 4 entregas por dispensador; finalmente, en el periodo de disponibilidad de 4 minutos se presentaron 8 entregas por dispensador. En la condición G2D los periodos de disponibilidad disminuyeron de modo que en la Fase 1 el periodo de disponibilidad fue de 4 minutos, en la Fase 2 de 2 minutos y en la Fase 3 de 1 minuto. Cabe resaltar que en ningún caso ni las entregas de agua ni el lugar en el que el programa estaba vigente estuvieron señaladas para garantizar que no fuera la ausencia de señales de entrega la que instigara el cambio de dispensador.

La duración de la sesión se mantuvo constante en todos los casos siendo ésta de 32 minutos. De este modo, cada fase presentó un número de ciclos diferencial (entendiendo al ciclo como la presentación de una secuencia completa en los cuatro dispensadores) en función de la duración del periodo de disponibilidad. Así, con el periodo de disponibilidad de 1 minuto, se presentaron 8 ciclos (la secuencia se repitió 8 veces); en el caso del periodo de disponibilidad de 2 minutos ocurrieron 4 ciclos (la secuencia se repitió 4 veces); finalmente en el periodo de disponibilidad de 4 minutos ocurrieron 2 ciclos (la secuencia se repitió 2 veces). Si bien el número de ciclos fue diferencial, el número de entregas de agua se mantuvo constante por dispensador y sesión tal como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2

Número de ciclos, entregas por dispensador y entregas totales por sesión según el periodo de disponibilidad

Periodo de disponibilidad	Número de ciclos	Número de entregas por dispensador	Número de entregas totales
1	8	16	64
2	4	16	64
4	2	16	64

Pruebas de comedero abierto. Estas pruebas evaluaron si los organismos efectivamente se ajustan a las condiciones de tiempo y lugar entrenadas. Lo que se espera es que los sujetos sigan reproduciendo la secuencia aún en su ausencia (todos los dispensadores entregan el recurso simultáneamente). Al finalizar cada fase y mezcladas con las últimas 3 sesiones de entrenamiento, se presentaron 3 pruebas de comedero abierto en las que un programa de entregas de agua no contingente 'TF27'' fue presentado en los cuatro dispensadores de manera concurrente durante 32 minutos igualando la duración de las sesiones de entrenamiento. La única condición para la presentación de estas pruebas es que no fueran dos consecutivas, sino que hubiese una sesión de entrenamiento mezclada entre una y otra sesión de prueba. Esta condición se implementó debido a que la misma se ha usado consistentemente en la literatura del área reseñada. Al igual que durante el entrenamiento, ni las entregas de agua ni el lugar estuvieron señaladas.

Resultados

En la literatura tradicional sobre aprendizaje tiempo-lugar usualmente se emplea solamente un ciclo (una secuencia completa de activación de los dispensadores). Una excepción a ello es el reporte de Thorpe y Wilkie (2006) en el que se emplearon dos ciclos. Dado que, en este experimento, cada secuencia se repitió en dos o más ocasiones, para examinar si las ratas habían aprendido la tarea, se analizó el primer y último ciclo de las últimas 10 sesiones de cada fase. Cada ciclo fue

dividido en 16 bins de longitud variable. Cuando la duración del ciclo fue de 4 minutos (periodo de disponibilidad 1 minuto por dispensador), cada bin fue de 15 segundos; cuando la duración del ciclo fue de 8 minutos (periodo de disponibilidad 2 minutos por dispensador), cada bin fue de 30 segundos; finalmente, cuando la duración del ciclo fue de 16 minutos (periodo de disponibilidad de 4 minutos por dispensador), la longitud del bin fue de 60 segundos. De este modo, los tres periodos de disponibilidad se hicieron equivalentes por bins. Los cuatro primeros bins correspondieron al periodo de disponibilidad del Dispensador 1; los bins 5 a 8 correspondieron al periodo de disponibilidad del Dispensador 2; los bins 9 a 12 correspondieron a la disponibilidad del Dispensador 3; y finalmente, los bins 13 a 16 correspondieron al periodo de disponibilidad del Dispensador 4.

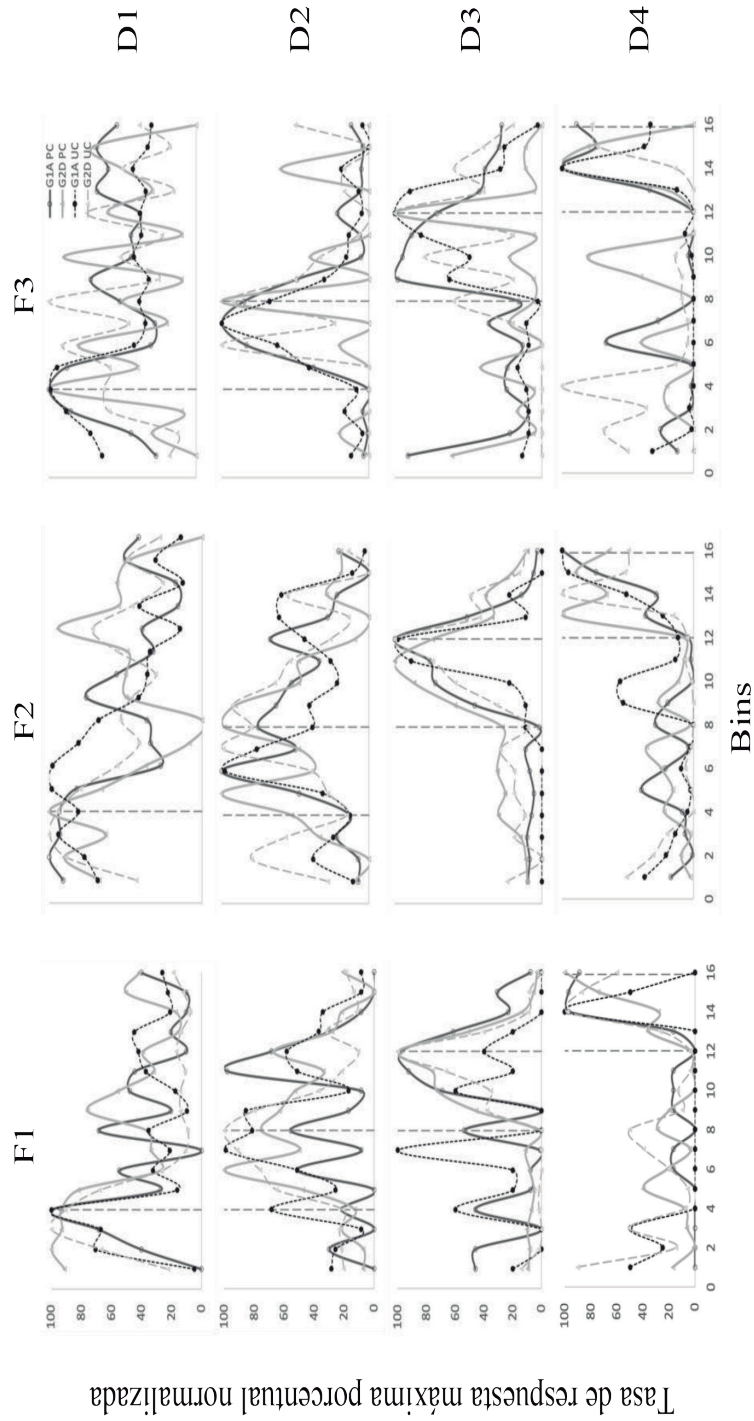
La Figura 1 muestra la tasa máxima porcentual normalizada por bin (empleando el mismo cálculo reportado por Thorpe et al., 2007) durante el ciclo inicial y final para el grupo G1A y G2D. Se representan las últimas 10 sesiones de cada fase previas a la primera prueba de comedero abierto. Si bien en algunos casos hubo una mayor prevalencia de la respuesta en el dispensador correcto, en los diferentes periodos se aprecia la ocurrencia de respuestas de entrada a bebedero en dispensadores en los que el recurso no estaba disponible. En ambos grupos se puede apreciar que durante el ciclo final se presentó un mayor número de respuestas de entrada a dispensador con recurso no disponible comparativamente con el primer ciclo.

La Figura 2 muestra la tasa de respuesta por bin en las pruebas de comedero abierto para el G1A y G2D en cada fase. Los sujetos no reprodujeron la secuencia ni se ajustaron al criterio temporal de disponibilidad entrenado, sino que respondieron indistintamente a los dispensadores. La tendencia fue más marcada para el G2D en comparación con el G1A.

La Figura 3 muestra el número de alternancias entre dispensadores entendidas como el número de veces que los sujetos cambiaron de un dispensador a otro; de estas, se obtuvo el número de alternancias correctas, entendidas como el número de cambios a un dispen-

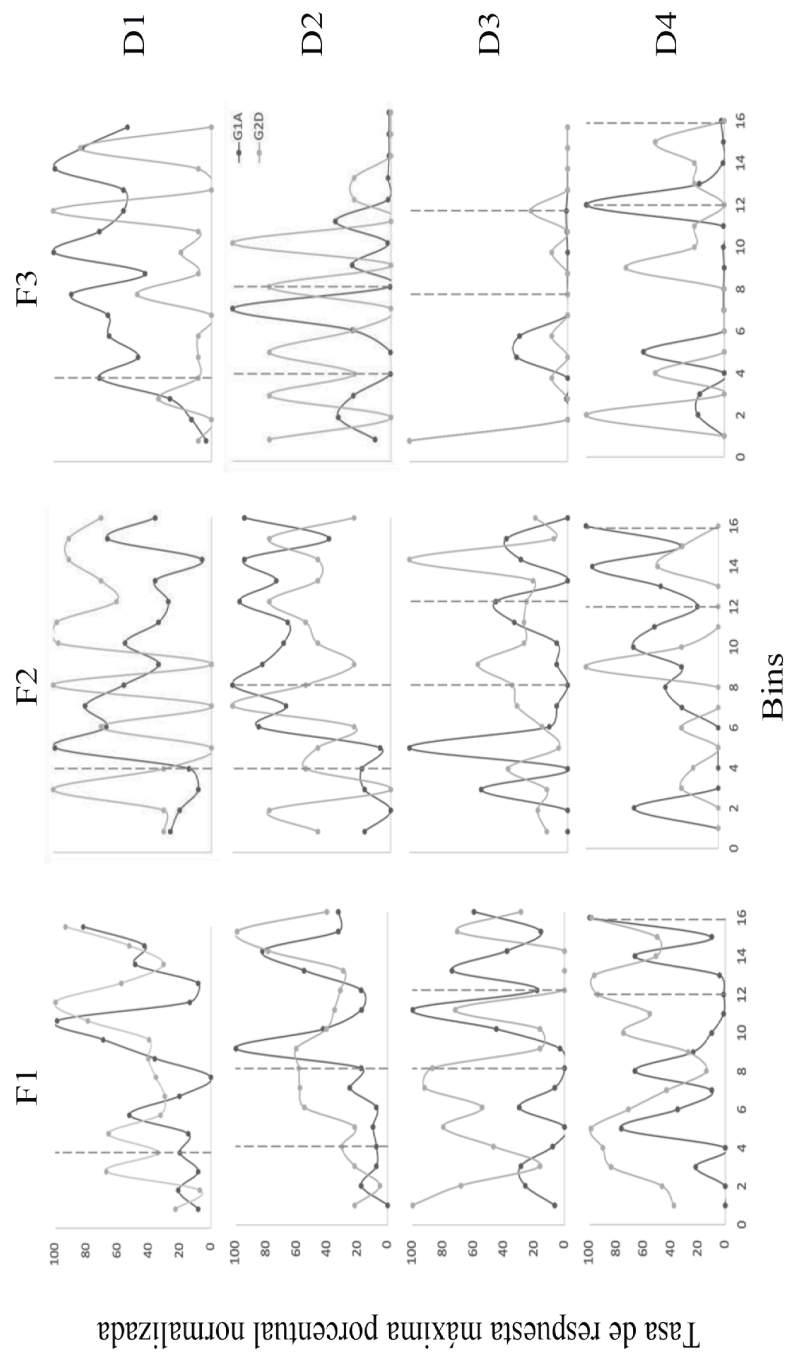
Figura 1

Tasa de respuesta por bin durante las últimas 10 sesiones del entrenamiento



Nota. PC = primer ciclo (líneas continuas); UC = último ciclo (líneas discontinuas); G1A = Grupo 1 condición ascendente (líneas oscuras); G2D = Grupo 2 condición descendente (líneas claras). Las columnas representan las fases; las filas, los dispensadores. La línea vertical discontinua demarca el periodo de disponibilidad de cada dispensador.

Figura 2
Tasa de respuesta por bin durante las pruebas de comedero abierto

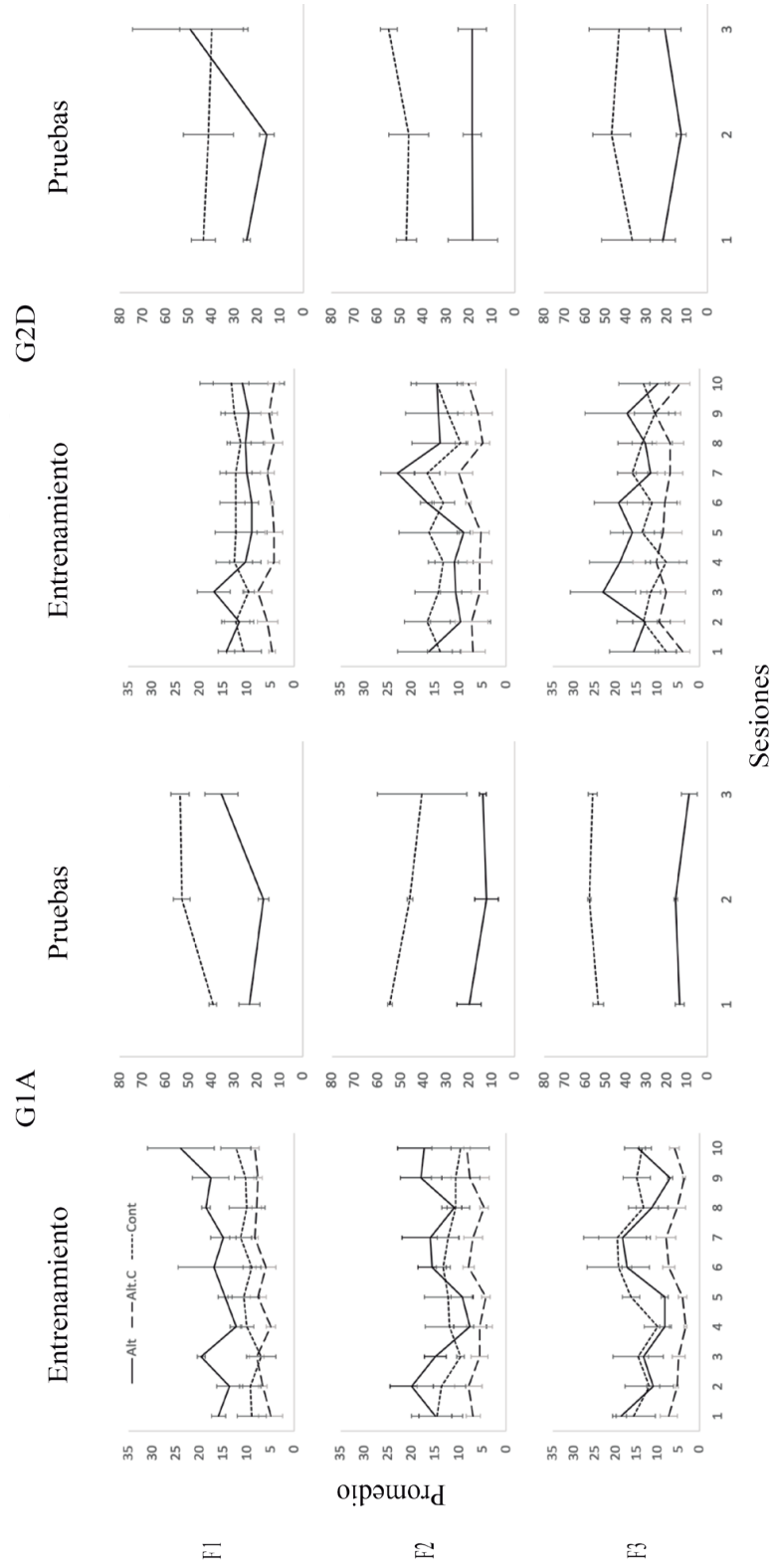


Nota. G1A = Grupo 1 condición ascendente (línea oscura); G2D = Grupo 2 condición descendente (línea clara). Las columnas representan las fases; las filas, los dispensadores. La línea vertical discontinua demarca el periodo de disponibilidad originalmente entrenado para cada dispensador.

sador con agua disponible o bien al dispensador que continuaba en la secuencia; finalmente se calcularon el número de entregas de agua contactadas. Los datos se calcularon para las últimas 10 sesiones de cada fase y para las tres sesiones de prueba de comedero abierto (en las pruebas de comedero abierto no se presenta el número de alternancias correctas dado que los dispensadores operaron de manera concurrente y por lo tanto no se presentó el criterio temporal de disponibilidad ni la secuencia). El número de alternancias tanto en entrenamiento como en prueba fue en general bajo (entre los 10 y los 25 cambios) siendo ligeramente menor durante el entrenamiento en el periodo de disponibilidad más alto (4 minutos). Lo anterior tendría sentido dado que en el periodo de menor duración de la disponibilidad se requerían más cambios de dispensador (un ajuste óptimo implicaría 32 cambios por sesión en la condición 1 minuto; 16 cambios en la condición 2 minutos; y 8 en la condición 4 minutos, siendo todos los cambios al dispensador correcto y potenciando el contacto con el total de entregas de aguas programadas). Sin embargo, el número de cambios al dispensador con disponibilidad o al que continuaba en la secuencia fue notoriamente bajo en todas las fases (no superior a 10) así como el número de entregas de agua contactadas en el entrenamiento (en relación a las 64 programadas por sesión en todas las condiciones).

El número de entregas de agua contactadas siempre fue notoriamente más alto en las pruebas que en el entrenamiento lo cual es indicativo de que las ratas durante las pruebas permanecieron en un solo dispensador o bien alternaron entre dos adyacentes. Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre el número de alternancias y entregas de agua consumidas en entrenamiento y pruebas. Se obtuvieron dos correlaciones negativas altas en las 10 últimas sesiones del entrenamiento de la Fase 1 para el G2D ($r=-.82$) y en las pruebas de comedero abierto del mismo grupo en la Fase 3 ($r=-.83$); así como una correlación positiva alta en las pruebas del G1A de la Fase 2 ($r=.82$). Adicionalmente se identificaron dos correlaciones negativas moderadas en las pruebas del G2D de la Fase 1 ($r=-.59$) y en el entrenamiento del mismo grupo en la Fase 3 ($r=-.55$); y dos correlaciones positivas moderadas en las pruebas del G2D en la Fase 2 ($r=.40$) y en el entrenamiento del G1A en la Fase 3 ($r=.60$). Las demás correlaciones fueron bajas o nulas.

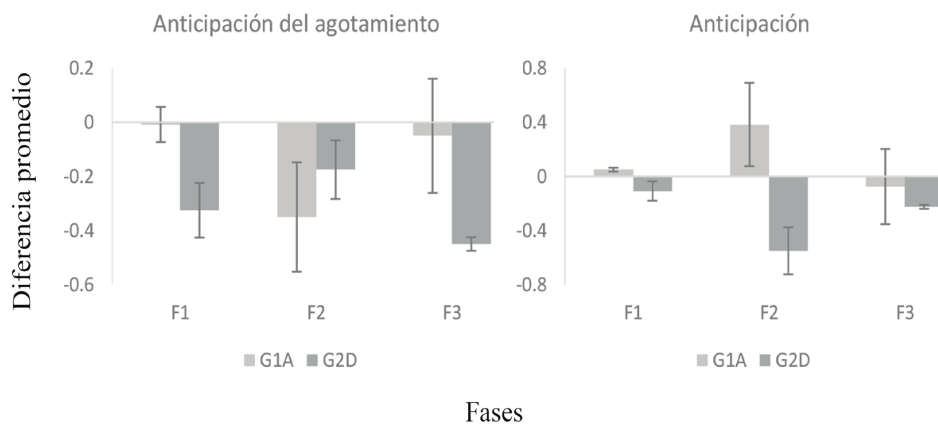
Figura 3
Promedio del número de alternancias, de alternancias correctas y del número de entregas de agua contactadas



Nota. Alt = alternancia entre dispensadores; Alt.C = alternancia al dispensador con agua disponible o próximo a entregar en la secuencia (Alt.C); Cont = entregas de agua contactadas. G1A = Grupo 1 condición ascendente; G2D = Grupo 2 condición descendente.

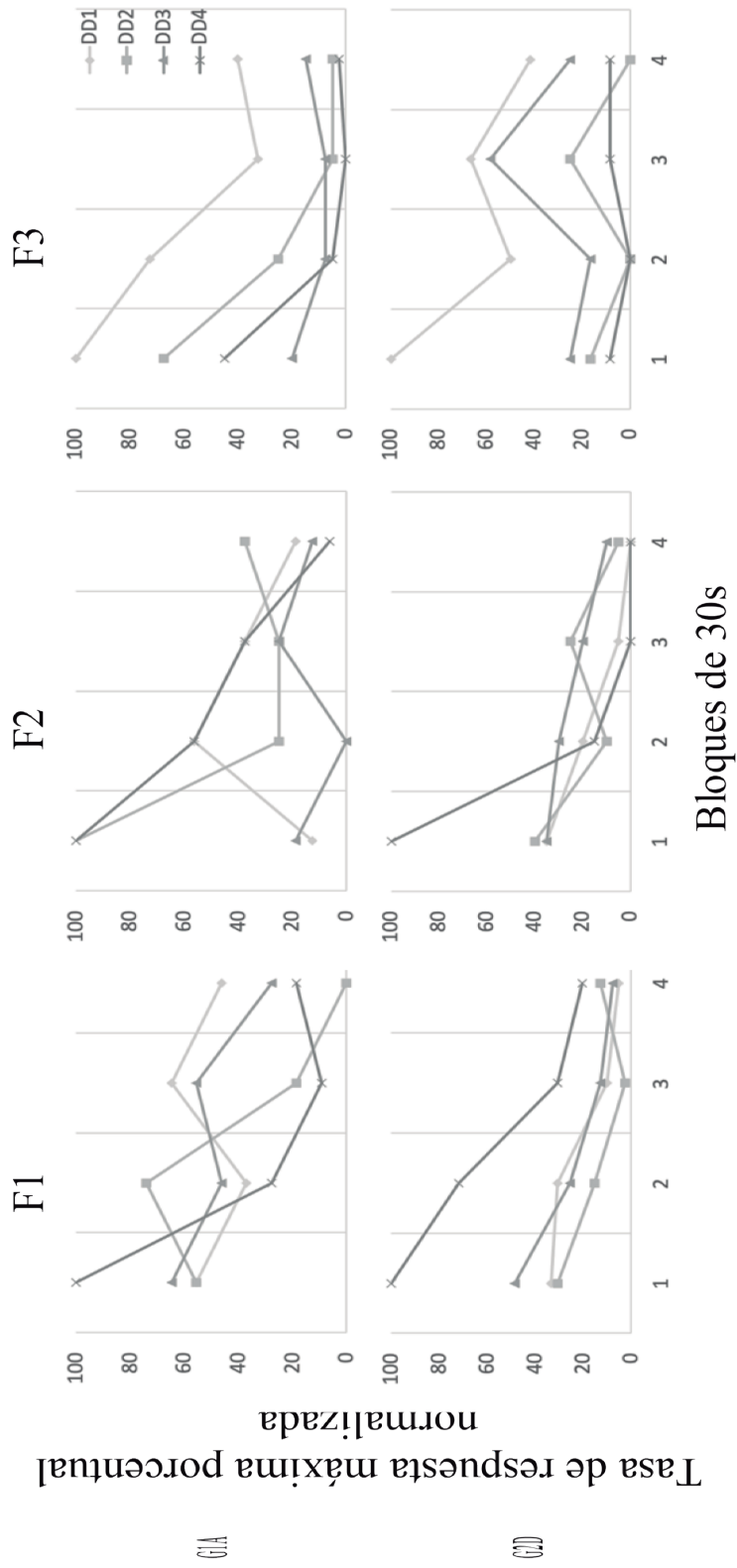
Para corroborar la ausencia de algún tipo de ajuste al criterio temporal se analizó si se presentó anticipación del agotamiento o anticipación al siguiente dispensador con disponibilidad (Figura 4, panel izquierdo y derecho, respectivamente). En ambos casos se presenta el análisis por grupo y fase tomando las últimas 10 sesiones de cada fase. La anticipación del agotamiento (dejar de responder en un dispensador antes de que el recurso se agote) se obtuvo al restar la tasa de respuesta durante el penúltimo menos el último bin previo al término del periodo de disponibilidad en un dispensador. Por su parte, la anticipación a la disponibilidad del siguiente dispensador en la secuencia (empezar a responder en el siguiente dispensador antes de que el recurso se encuentre disponible), se obtuvo al restar la tasa de respuesta durante el último menos el penúltimo bin previo al inicio del periodo de disponibilidad en un dispensador. En ambos casos la anticipación se identifica si la diferencia es positiva. Todas las diferencias fueron negativas a excepción del G1A en las fases 1 y 2 en relación a la anticipación al próximo dispensador con disponibilidad. Sin embargo, estas diferencias fueron muy bajas (menores a 1).

Figura 4
Anticipación del agotamiento y anticipación



Nota. Diferencia promedio de la Anticipación del agotamiento y la Anticipación en cada fase. G1A = Grupo 1 condición ascendente; G2D = Grupo 2 condición descendente.

Con el fin de identificar si en consecuencia los sujetos siguieron una estrategia *win stay/lose shift* para cambiar de dispensador, se analizaron las respuestas de persistencia en dispensador posteriores al término del periodo de disponibilidad. Para ello, se identificaron las respuestas de entrada de cabeza a dispensador que ocurrieron en los cuatro bloques de 30 segundos posteriores a la finalización del periodo de disponibilidad, es decir, cuando el dispensador ya no estaba entregando agua. El cálculo se hizo sobre las últimas 10 sesiones de cada fase. Los resultados se aprecian en la Figura 5. En algunos dispensadores la tasa disminuyó después del primer bloque, pero volvió a incrementar en los bloques posteriores o bien nunca alcanzó el valor de 0 en más de un dispensador. No se apreció una tendencia constante por dispensador entre fases ni grupos.



Nota. DD1=dispensador 1; DD2=dispensador 2; DD3=dispensador 3; DD4=dispensador 4.

Discusión

El objetivo del presente experimento fue evaluar el aprendizaje tiempo-lugar bajo condiciones de secuencia y duración constante (intra fase) empleando un programa periódico no contingente de tiempo fijo. Los resultados permitieron apreciar que los sujetos no se ajustaron al criterio temporal ni a la secuencia de lugar.

El análisis por bins indicó que se presentó un alto número de respuestas en dispensadores en los que el recurso no estaba disponible. Así mismo, durante las pruebas de comedero abierto, los sujetos tendieron a responder indistintamente a los dispensadores alternando entre dos de ellos o bien quedándose en uno solo.

El número de alternancias fue bajo y relativamente estable en el entrenamiento con pocos cambios al dispensador correcto (con agua disponible o próximo a entregar) y con pocas entregas de agua contactadas. Por el contrario, en las pruebas, con el mismo número de alternancias o incluso con una menor ocurrencia de ellas, se presentó un mayor número de entregas de agua contactadas respecto al entrenamiento lo que indica que posiblemente las ratas permanecieron en uno o dos dispensadores. Permanecer en un bebedero fue la estrategia más óptima al disminuir el gasto por desplazamiento e incrementar la probabilidad del contacto con las entregas de agua.

La ausencia de ajuste al criterio temporal se corroboró con el hecho de que no se presentara anticipación ni anticipación de agotamiento, lo que indica que los sujetos no discriminaron el criterio temporal en operación. En la literatura experimental existe evidencia de que las ratas prestan poca atención las claves temporales. Por ejemplo, Santos y Sanabria (2020) en tareas de reversión a media sesión no encontraron evidencia de *timing* cuando todas las respuestas correctas fueron reforzadas y los ensayos de reversión fueron variables. En estos casos, la estrategia seguida por las ratas pareció ser del tipo *win stay/lose shift*.

En este experimento, aunque no se presentó ajuste al criterio temporal, el cambio en las visitas a los dispensadores tampoco pareció estar controlado por una estrategia *win stay/lose shift*. Las ratas mos-

traron persistencia en la respuesta de entrada de cabeza en todos los dispensadores posterior a la finalización del periodo de disponibilidad.

Los resultados obtenidos no concuerdan con los reportados en la literatura de aprendizaje tiempo-lugar por Crystal y Miller (2002), Thorpe y Wilkie (2006), Thorpe, et al., (2007), usando ratas como sujetos experimentales. Las diferencias podrían explicarse por a) el tamaño del espacio experimental; b) el tipo de programa empleado; y c) el tipo de recurso empleado.

El tamaño del dispositivo pudo afectar el ajuste a las condiciones de secuencia. En la literatura sobre aprendizaje tiempo-lugar, el tamaño máximo de los dispositivos experimentales empleados para evaluar TPL intervalar con ratas ha sido de 40×40 c.m. (Carr & Wilkie 1998; Carr et al., 2001; Crystal & Miller 2002; Thorpe et al., 2002) y 64×64 c.m. (García-Gallardo & Carpio, 2016). En este experimento el tamaño del dispositivo fue una tercera parte más grande (92×92 cm). Estudios como el de Skuban y Richardson (1975) han demostrado que la alteración del tamaño del espacio experimental afecta de manera directa el patrón de respuesta característico de los programas típicos de reforzamiento. En este sentido, el espacio disponible para la locomoción interactúa con la conducta prototípica del programa y en este caso, con el ajuste a las condiciones de tiempo y lugar.

Este efecto pudo acentuarse por el tipo de programa empleado. En la literatura sobre aprendizaje tiempo-lugar se usan regularmente programas contingentes del tipo razón variable, intervalo fijo o intervalo aleatorio. En este experimento se empleó un programa periódico no contingente. Dado que el intervalo entre ocurrencias fue de casi 30 segundos, los sujetos tendieron a moverse durante el intervalo explorando el ambiente experimental. La persistencia del responder en un dispensador no fue una condición requerida dado que el programa no estuvo basado en un criterio de número de respuestas (e.g., un programa de razón), lo cual pudo fomentar el desplazamiento de las ratas durante el intervalo entre entregas. Las ratas se movieron por el dispositivo metiendo la cabeza en dispensadores distintos al disponible lo que hizo que el contacto con el agua se afectara negativamente. Lo anterior podría concordar con el supuesto de García-Gallardo et al.

(2018) en el que se afirma que los sujetos pierden tiempo buscando el lugar en el que el recurso está disponible y al hacerlo automáticamente se colocan bajo condiciones de temporalidad variable que afectan su ajuste. Si bien este supuesto surgió para explicar el efecto negativo que sobre el ajuste tienen las condiciones de secuencia variable en pichones, el mismo principio podría suponerse, por lo menos en principio, para el caso de este experimento. Si este fuera el caso, el efecto podría atenuarse al disminuir el intervalo entre entregas de agua.

Finalmente, otro elemento que podría haber afectado los resultados podría haber sido el tipo de recurso empleado. En la literatura sobre aprendizaje tiempo-lugar se ha usado comida como recurso biológicamente relevante mientras en este caso se empleó agua. En este sentido, las condiciones motivacionales podrían no haber sido equivalentes con los de los estudios citados. Existe literatura experimental que muestra diferencias en el desempeño como resultado del uso de agua o comida como reforzador (Bolles, 1961; Fallon et al., 1965; Lewon et al., 2019).

Como segundo propósito, el presente experimento buscó evaluar si al manipular la duración del periodo de disponibilidad entre fases se alteraba el ajuste a las condiciones de tiempo y lugar, ya fuese que el periodo incrementara o decrementara. Dado que, en lo general, no se encontró ajuste a las condiciones de tiempo-lugar, es difícil afirmar si el incremento o decremento del periodo de disponibilidad entre fases tuvo un efecto notable. Sin embargo, el análisis del número de alternancias y aguas consumidas permitió apreciar que cuando el periodo de disponibilidad fue más alto—independientemente de si la secuencia de exposición a las duraciones fuera ascendente o descendente—se dieron menos cambios de dispensador y un mayor número de entregas de agua contactadas. Lo anterior podría sugerir que la duración del periodo de disponibilidad podría ser un parámetro fundamental para el ajuste. Sin embargo, Thorpe et al., (2007) no reportan efectos de la manipulación del periodo de disponibilidad en condiciones de secuencia constante lo que indica que podría ser necesaria una mayor evaluación empírica de este factor bajo estas condiciones.

Finalmente, en este experimento la repetición de la secuencia pareció tener un efecto negativo sobre el ajuste. Una comparación de la ejecución en el primer ciclo respecto al último (i.e., primera repetición de la secuencia vs. la última repetición de la secuencia al interior de una sesión) pareció mostrar que el número de respuestas de entrada de cabeza a dispensadores sin agua disponible se incrementó en el último ciclo con relación al primero. Estos resultados concuerdan con los de Thorpe y Wilkie (2006). Sin embargo, en el caso de dicho experimento, la secuencia cambió en el segundo ciclo encontrando que los sujetos siguieron una estrategia de *timing* sin ajustarse al parámetro espacial de la tarea. En el caso de este experimento, la secuencia se mantuvo constante. Una explicación tentativa del hallazgo podría implicar el hecho de que, dado que los organismos no lograron ajustarse al criterio temporal ni al de lugar, el efecto de la repetición de la secuencia fue el de un desajuste progresivo y acumulativo que impidió permanentemente el contacto de los organismos con las condiciones programadas.

El experimento apenas descrito ha mostrado principalmente que el tamaño del espacio experimental podría afectar el ajuste en situaciones de aprendizaje tiempo-lugar. El incremento del tamaño del espacio experimental y su interacción con los requisitos de los programas de reforzamiento empleados podría permitir la evaluación de otras dimensiones como el esfuerzo requerido para cumplir con un criterio conductual lo cual podría también ser relevante para la literatura vinculada y relacionada con el estudio del aprendizaje tiempo-lugar.

Referencias

- Biebach, H., Gordijn, M., & Krebs, J. (1989). Time–place learning by garden warblers, *Sylvia borin*. *Animal Behaviour*, 37, 353-360. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(89\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0003-3472(89)90083-3)
- Bolles, R. C. (1961). The interaction of hunger and thirst in the rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 54(5), 580–584. <https://doi.org/10.1037/h0044595>

- Carr, J. A. R., Tan, A. O., Thorpe, C. M., & Wilkie, D. M. (2001). Further evidence of joint time-place control of rat's behavior: Results form an "Open Hopper" test. *Behavioural Processes*, 53, 147-153. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(01\)00138-3](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(01)00138-3)
- Carr, J. A. R., & Wilkie, D. M. (1997). Rats use an ordinal timer in a daily time-place task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23, 232-247. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.23.2.232>
- Carr, J. A. R., & Wilkie, D. M. (1998). Characterization of the strategy used by rats in an interval time-place learning task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 24(2), 151-162. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.24.2.151>
- Crystal, J. D. (2009). Theoretical and conceptual issues in time-place learning. *European Journal of Neuroscience*, 30, 1756-1766. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06968.x>
- Crystal, J. D., & Miller, B. J. (2002). Simultaneous temporal and spatial processing. *Animal Learning and Behavior*, 30, 53-65. <https://doi.org/10.3758/BF03192909>
- Deibel, S. H. & Thorpe, C. M. (2013). The effects of response cost and species-typical behaviors on a daily time-place learning task. *Learning and Behavior*, 41, 42-53. <https://doi.org/10.3758/s13420-012-0076-4>
- Fallon, D., Thompson, D. M., & Schild, M. E. (1965). Concurrent Food- and Water-Reinforced Responding under Food, Water, and Food-Plus-Water Deprivation. *Psychological Reports*, 16 (3_suppl), 1305-1311. <https://doi.org/10.2466/pr0.1965.16.3c.1305>
- García-Gallardo, D., & Carpio, C. (2016). Effects of variable sequences of food availability on time-place learning by pigeons. *Behavioral Processes*, 130, 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.07.008>
- García-Gallardo, D., Aguilar Guevara, F., Armenta, B., & Carpio, C. (2018). Aprendizaje de tiempo y lugar: efectos de la duración del periodo de disponibilidad y de la variabilidad o constancia

- de la secuencia de locaciones. *Universitas Psychologica*, 17, 1-13. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy17-4.atle>
- Lewon, M., Spurlock, E.D., Peters, C.M. and Hayes, L.J. (2019), Interactions between the effects of food and water motivating operations on food- and water-reinforced responding in mice. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 111: 493-507. <https://doi.org/10.1002/jeab.522>
- Pizzo, M. J., & Crystal, J. D. (2004). Time-place learning in the eight-arm radial maze. *Learning and Behavior*, 32, 240-255. <https://doi.org/10.3758/BF03196025>
- Santos, C., & Sanabria, F. (2020). Past outcomes and time flexibly exert joint control over midsession reversal performance in the rat. *Behavioural Processes*, 171, 104028. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2019.104028>
- Skuban, W. E. & Richardson W. K. (1975). The effect of the size of the test environment on behavior under two temporally defined schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 23, 271-275. <https://doi.org/10.1901/jeab.1975.23-271>
- Thorpe, C., Hallet, D., & Wilkie, D. (2007). The role of spatial and temporal information in learning interval-time place tasks. *Behavioural Processes*, 75, 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2007.01.002>
- Thorpe, C. M., Petrovic, V., & Wilkie, D. M. (2002). How rats process spatiotemporal information in the face of distraction. *Behavioural Processes*, 58, 79-90. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(02\)00003-7](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(02)00003-7)
- Thorpe, C., & Wilkie, D. (2006). Rat's performance on an interval time-place task: Increasing sequence complexity. *Learning & Behavior*, 34, 248-254. <https://doi.org/10.3758/BF03192880>
- Thorpe, C., & Wilkie, D. (2005). Interval time-place learning by rats: Varying reinforcement contingencies. *Behavioural Processes*, 70, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.06.005>

Received: May 18, 2020

Final Acceptance: October 4, 2020