



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

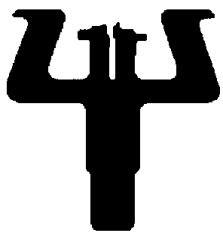
Influencia de la historia de reforzamiento en la flexibilidad
del proceso de estimación temporal

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA
P R E S E N T A:
MAYRA DEL ROCÍO MORALES MOCTEZUMA

**DIRECTOR: DR. OSCAR VLADIMIR ORDUÑA
TRUJILLO**

REVISOR: DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ

**SINODALES: DR. JULIO ESPINOZA RODRÍGUEZ
MTRA. PATRICIA ROMERO SÁNCHEZ
DR. OSCAR ZAMORA ARÉVALO**



**Facultad
de Psicología**

Tesis apoyada por el proyecto 82990-H de CONACYT e IN
305109 de PAPIIT.

México, D.F.

ENERO, 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

A mi madre:

Gracias por ser el súper héroe más humano que conozco, mi heroína. Gracias por apoyarme en todo.

Al Dr. Vladimir Orduña:

Lo que más aprecio de su persona es la infinita paciencia con la que trabaja con sus alumnos (en especial en mi caso). Más allá de todo el conocimiento que me ha brindado a través de sus clases y su trabajo en el laboratorio, me gustaría agradecer su paciencia al transmitir sus conocimientos y llevar a buen puerto los proyectos que se realizan bajo su supervisión.

Al Dr. Florente:

Gracias por todos sus conocimientos y su maravillosa forma de comunicarlos a los alumnos. Haber tomado clases con un gran profesor como lo es usted me llena de orgullo.

Marthita:

No hay palabras para agradecerte todo tu apoyo y ánimo durante 11 años de maravillosa amistad que llevamos, espero yo, sigan siendo más y más años. Gracias por verme crecer.

Gracias a todas aquellas personas que de alguna u otra manera me ayudaron con mi proceso de titulación (gracias a Trujano, mejor conocido como Mr. T).

GRACIAS TOTALES!!!!!! BISECCIÓN TOTAL!!!!!! (chiste local)

“Those were the days, my friend
We thought they'd never end
We'd sing and dance forever and a day
We'd live the life we'd choose
We'd fight and never lose
Those were the days, oh yes those were the days”.

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO	23
EXPERIMENTO 1	24
MÉTODO	24
<i>Sujetos.</i>	24
<i>Aparatos</i>	24
<i>Procedimiento</i>	25
<i>Preentrenamiento</i>	25
<i>Análisis de datos.</i>	28
<i>Resultados y Discusión</i>	29
EXPERIMENTO 2	37
MÉTODO	37
<i>Sujetos.</i>	37
<i>Aparatos.</i>	37
<i>Procedimiento</i>	37
<i>Resultados y discusión.</i>	38
DISCUSIÓN GENERAL	43
REFERENCIAS	47

RESUMEN

El tiempo es una dimensión bajo la cual se desarrolla la vida de todos los organismos. Siendo una dimensión tan importante es natural que se lleven a cabo estudios para tratar de explicar cómo lo percibimos, cómo interviene en nuestra conducta y cuáles son las bases fisiológicas que nos permiten dicha percepción. La investigación que se diseña para comprender la manera en la que el tiempo es percibido se realiza en laboratorios con organismos de diversas especies entre los que destacan ratas, palomas y humanos. Los estudios que se han hecho al respecto involucran tareas de estimación temporal inmediata, prospectivos y retrospectivos. Dos de las tareas de estimación temporal más empleadas son bisección temporal (estimación temporal retrospectiva) y el procedimiento pico (estimación temporal inmediata). Con programas como el de Intervalo Fijo (IF) se ha desarrollado una variante que involucra interrupciones en el evento a estimar, con el objetivo de obtener más información acerca de las determinantes del procedimiento de estimación temporal, por ejemplo: ¿qué pasa cuando ocurre una interrupción en el intervalo? Aunque existe bastante información para responder esta pregunta con relación al procedimiento pico, en el caso del procedimiento de bisección hay muy poca literatura relacionada. El objetivo de esta tesis es evaluar si la historia de reforzamiento en un programa de estimación temporal inmediata con interrupciones tiene impacto en la estrategia elegida ante interrupciones en un programa de estimación temporal retrospectiva. Para evaluar si existe transferencia de estrategias entre las dos diferentes tareas de estimación temporal, a los sujetos de este estudio se les enseñó a diferenciar entre dos duraciones en un procedimiento de estimación temporal retrospectiva; posteriormente, en un programa IF, a un grupo se le enseñó la estrategia de pausa y a otro la de reinicio. Una vez que los sujetos habían aprendido la estrategia de pausa o reinicio según su grupo, se les evaluó en un programa de bisección con interrupciones bajo la hipótesis de que los sujetos que habían aprendido a reiniciar en el procedimiento de IF también reiniciarían ante interrupciones en el procedimiento de bisección temporal, mientras que los sujetos que habían aprendido a pausar en el procedimiento IF también lo harían en el procedimiento de bisección temporal. El resultado encontrado fue una ausencia de transferencia de la estrategia aprendida en el procedimiento de estimación temporal inmediata al procedimiento de estimación temporal

retrospectiva y se discuten las posibles razones para esta ausencia de transferencia, entre las que destacan las diferencias existentes entre los procedimientos.

INTRODUCCIÓN

El tiempo y el espacio son dos dimensiones en las cuales se desarrolla toda la vida de los organismos de una gran cantidad de especies. En particular, el tiempo es una dimensión importante en la vida de diversas especies de animales (Buhusi y Meck, 2005). Podemos encontrar muchos ejemplos de la importancia del tiempo en la vida de los animales, por ejemplo, las abejas llegan a las flores en momentos específicos, ya que han aprendido que las flores de las cuales se alimentan sólo producen néctar a determinadas horas del día. Otro ejemplo lo tenemos en los animales que cazan a sus presas; estos animales deben saber a qué hora y en qué lugar (tiempo y espacio) se encuentran sus presas (las que a su vez han aprendido a realizar determinadas actividades a cierta hora del día, por ejemplo acercarse a un estanque a beber agua), de tal manera que al cazador le sea posible acecharlas y alimentarse de ellas. Un último ejemplo lo proporciona Shettleworth (1998) en el cual pone a las aves *Ring neck dove*, las cuales comparten el tiempo de incubación de los huevos: el macho está en el nido la mayor parte del día y la hembra el resto del mismo.

Como estos hay muchos más ejemplos en la naturaleza. En el humano es importante el tiempo para planear las actividades y para coordinar los movimientos. Por ejemplo, un humano al cruzar la calle debe de ser capaz de calcular el tiempo que tardará en llegar a la otra acera, además de estimar a qué distancia está un coche y tomar una decisión con estas bases. Si bien el humano para cruzar la calle no hace ningún cálculo matemático con estas dos dimensiones (tiempo y distancia), de alguna manera la percepción del tiempo juega un papel importante en la decisión sobre si es prudente atravesar la calle o no.

El humano, al igual que muchas otras especies de animales cuenta con un “reloj” interno que le indica ciclos con una actividad determinada, por ejemplo: ciclos sueño-vigilia, de ingesta de alimentos e incluso el ciclo menstrual, obedecen a cierta periodicidad. Estos ejemplos cuentan con una base fisiológica bien definida (Chang, Czeisler, y Scheer, 2011; Hinton y Meck, 1997; Moore y Eichler, 1972). Pero más allá de los ejemplos anteriores el humano es capaz de hacer estimaciones temporales del orden de segundos hasta años, lo cual indica que es capaz de estimar el tiempo y hacer proyecciones sobre éste. Se ha demostrado que tanto los humanos como otras especies pueden hacer estimaciones temporales de menor

rango como lo serían de segundos y minutos. A ello se le conoce como estimación de intervalos y es el tema principal de esta tesis.

La investigación acerca de cómo los animales son capaces de estimar el tiempo comenzó con los estudios de Pavlov en el año de 1927, cuando él observó cómo la salivación de los perros aumentaba conforme la comida se acercaba temporalmente, es decir, los perros se anticipaban a un evento que ocurría con cierta regularidad. En estos estudios se demostró que el tiempo podía funcionar como un estímulo condicionado.

Posteriormente, Ferster y Skinner (1957) publicaron los resultados de poner en marcha un programa de reforzamiento llamado intervalo fijo, el cual consiste en reforzar la primera respuesta después de transcurrido un tiempo criterio. Los resultados mostraban que después de algunos ensayos los animales respondían poco al inicio del intervalo y conforme se aproximaba el tiempo criterio los animales aceleraban cada vez más su tasa de respuestas, demostrando sensibilidad a la regla temporal asociada al reforzamiento.

Ante hechos de este tipo, surgieron diversas teorías que tratan de explicar la estimación temporal en humanos y animales. La teoría que más ha predominado en este sentido es la “Teoría de Expectancia Escalar”, la cual es básicamente un modelo de procesamiento de información en el cual interactúan un reloj interno, memoria y una regla de decisión.

La figura 1.1 muestra gráficamente los componentes de la Teoría de Expectancia Escalar.

De acuerdo con Gibbon (1991) el reloj interno está constituido por un generador de pulsos, un interruptor y un almacén de pulsos.

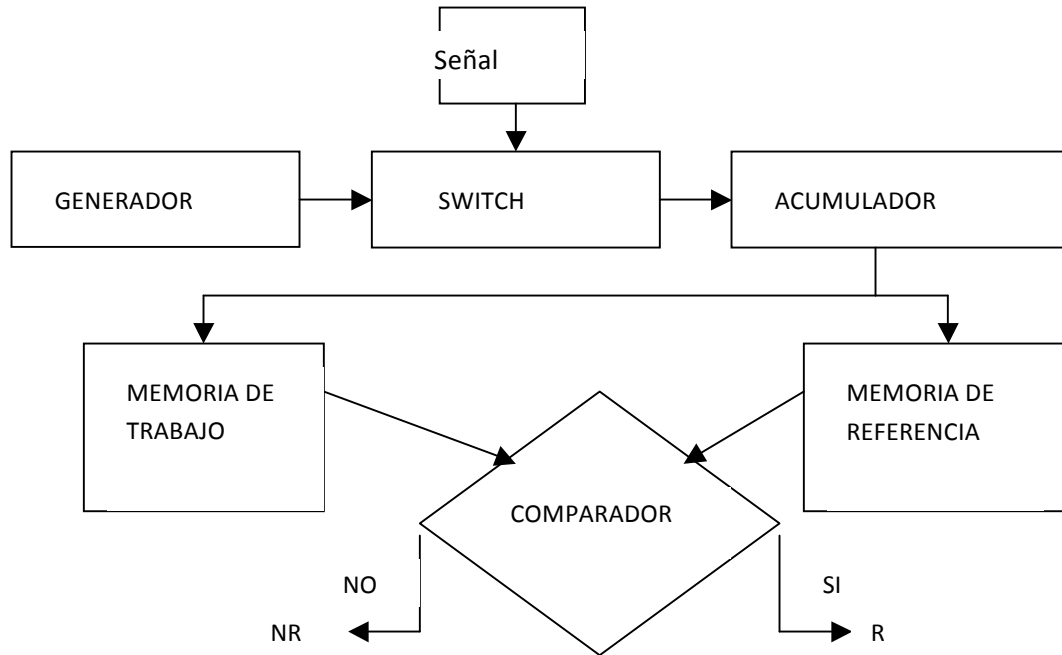


Figura 1. Metáfora del procesamiento de información temporal propuesto por SET.

Al inicio de un evento a estimar el interruptor se cierra, de esta manera los pulsos pasan del generador al acumulador mientras esté presente el estímulo a estimar. El número de pulsos en el acumulador crece como una función lineal del tiempo que está transcurriendo. Una vez que el evento ha terminado se abre el interruptor con lo cual los pulsos dejan de ser almacenados. Si el evento a estimar es relevante para el animal (por ejemplo el tiempo para la obtención de un reforzador) el número de pulsos que hay almacenado se guarda en memoria de referencia. El número de pulsos acumulados en estimaciones temporales pasadas significativas (en este caso todas aquellas duraciones que han estado asociadas con un reforzador) es almacenado en la memoria de referencia. Por otro lado la memoria de trabajo almacena el número de pulsos del intervalo que está transcurriendo. Cuando el valor en memoria de trabajo es muy cercano al valor en memoria de referencia, el animal comienza a emitir sus repuestas.

Existe una gran diversidad en los procedimientos empleados para conocer el proceso de estimación temporal. Killeen y Fetterman (1988) hicieron una clasificación de las tareas de estimación temporal, en la cual identifican tres tipos de tareas: (i) *estimación temporal*

inmediata, son aquellas en las cuales las respuestas de un organismo reflejan el tiempo que está transcurriendo; (ii) *estimación temporal retrospectiva*, el animal estima la duración de un evento que ya pasó; y (iii) *estimación temporal prospectiva*, las respuestas del animal dependen del tiempo que transcurre entre su conducta y la ocurrencia de un evento. A continuación se describirán los procedimientos de bisección temporal (estimación retrospectiva) y de pico (estimación inmediata) con algún detalle, debido a que serán empleados en la parte experimental de la presente tesis.

Los programas de reforzamiento de **intervalo fijo (IF)** pueden ser vistos como programas de estimación temporal inmediata en los cuales la entrega del reforzador depende tanto del comportamiento del animal como del tiempo transcurrido. La definición de dicho programa es que la primera respuesta emitida por el animal después de transcurrido cierto tiempo criterio será reforzada.

En un programa intervalo fijo 60s, por ejemplo; la primera respuesta que emita el animal después de transcurridos 60s será reforzada. Esto sin importar que antes de los 60s emita otras respuestas ya que éstas no serán reforzadas. El comportamiento óptimo para este programa sería esperar a que transcurran los 60s y después de eso emitir una sola respuesta, pero la evidencia empírica nos muestra que esto no sucede. El comportamiento típico de un animal bajo este programa es responder con una tasa baja de respuestas al inicio del intervalo y aumentar dicha tasa conforme el tiempo criterio se acerca. En este caso la tasa de respuestas aumenta cada vez más conforme se acerca a los 60 s.

Para analizar los datos proporcionados por un programa de intervalo fijo se divide la distribución de respuestas en lapsos iguales de tiempo (1 segundo, por ejemplo). Las respuestas acumuladas para cada lapso (bin) se grafican y se pueden obtener datos tales como número de respuestas y tasa de respuestas; para cada segundo del intervalo fijo. Mediante este análisis es fácil observar que cuando se hace el promedio de un número grande de ensayos de IF se obtiene un patrón de **festoneo**.

El procedimiento de intervalo fijo nos permite estudiar la anticipación del animal al reforzador de una manera muy sencilla. Sin embargo, no aporta más información de la

estimación temporal en el animal una vez que el mismo obtiene el reforzador y termina el ensayo.

Para poder obtener información adicional, Catania (1970) desarrolló un procedimiento llamado pico. Dicho procedimiento consiste en la alternación aleatoria de dos tipos de ensayo, los IF y los ensayos pico. Los ensayos IF son como los recientemente descritos, mientras que los ensayos pico tienen una duración de por lo menos tres veces más la duración del IF aprendido y son ensayos no reforzados. El resultado principal de este procedimiento es que la distribución temporal de respuestas en los ensayos pico tiene la forma de una curva normal, con un máximo cercano al valor del intervalo fijo de los ensayos reforzados. Una forma ampliamente usada para realizar el análisis de datos de los ensayos pico, consiste en el ordenamiento de bins descrito anteriormente, y posteriormente en el ajuste de un modelo de distribución de probabilidad Gaussiana que permite la obtención de parámetros relacionados con la forma de la distribución de respuestas y que presumiblemente representan al proceso de estimación temporal (S. Roberts, 1981). El tiempo pico indica donde ocurre el máximo de respuestas en la distribución y la desviación estándar corresponde a la dispersión de la distribución de respuestas siendo una medida de la precisión de la estimación temporal. Otro índice derivado de los parámetros anteriores es la fracción de Weber, la cual es considerada un índice de precisión relativa de la estimación y se obtiene dividiendo la desviación estándar entre el tiempo pico.

El procedimiento de pico ha sido extremadamente útil para conocer las características conductuales del proceso de estimación temporal, así como para conocer las estructuras anatómicas y la farmacología subyacentes (Buhusi y Meck, 2007; Fraisse, 1984; Mauk y Buonomano, 2004; Meck, 1996) sin embargo, un problema de gran relevancia es la reacción de los organismos ante interrupciones breves en el estímulo cuya duración se estima. Para obtener información sobre este tema, el procedimiento pico fue modificado mediante la incorporación de ensayos con interrupciones, dando lugar al procedimiento de pico con interrupciones.

Los ensayos pico con interrupciones son ensayos pico en los cuales en algún momento del intervalo se introduce una interrupción en el estímulo a estimar por un breve periodo de tiempo y después es reactivado dicho estímulo; ante este escenario existen tres

posibles situaciones: a) que el animal detenga la estimación durante la interrupción y una vez terminada ésta complete lo que falta del intervalo; b) que el animal reinicie de nueva cuenta la estimación desde el inicio una vez terminada la interrupción; o c) que simplemente el animal ignore la interrupción y siga su estimación.

En el primer escenario el animal retiene en memoria el tiempo que ha transcurrido antes de la interrupción y una vez terminada ésta se continúa con la estimación hasta completar el tiempo criterio, por lo tanto el desplazamiento del pico sería igual al intervalo a estimar más el tiempo que haya durado la interrupción; esto se conoce como la estrategia de pausa. En el segundo caso el animal desecha de la memoria el tiempo previo a la interrupción y una vez que ésta acaba, reinicia el intervalo a estimar desde el comienzo, por lo tanto el desplazamiento del pico sería equivalente al tiempo previo a la interrupción, la duración de la interrupción y el intervalo a estimar completo. Esto se conoce como la estrategia de reinicio. La tercera posibilidad es que el animal ignore la interrupción y la estimación temporal continúe; en este caso el tiempo pico no se verá desfasado de manera alguna.

Para conocer cuál de las tres estrategias es la que ha utilizado el animal se debe evaluar el tiempo pico en los ensayos pico con interrupciones y compararlo con el de los ensayos pico sin interrupciones.

Desde su creación, este procedimiento ha sido ampliamente empleado, originando una rica base de datos acerca de las variables relacionadas con el problema recientemente descrito. Debido a la relevancia para el trabajo experimental de la presente tesis, a continuación se describirán los resultados experimentales más importantes y las teorías a las que han dado lugar.

Roberts (1981) entrenó a ratas albinas en un programa de intervalo fijo 40s y agregó cuatro tipos de interrupciones: a) 10s de interrupción comenzando en el segundo 10; b) 5s de interrupción comenzando en el segundo 15; c) 5s de interrupción comenzando en el segundo 10; d) 10s de interrupción comenzando en el segundo 15. Los ensayos estaban indicados por luz y en los intervalos entre ensayos todos los estímulos eran apagados.

Roberts (1981) concluyó que las interrupciones en el estímulo detienen la estimación temporal y que la estimación continúa una vez que ha terminado la interrupción. Es decir, el

animal ‘agrega’ el tiempo faltante para completar el intervalo, mostrando el uso de la estrategia de detención. Las interrupciones aumentan el tiempo pico y dicho incremento depende de la duración de la interrupción.

Posteriormente, Roberts (1989) realizó 4 experimentos para evaluar la generalidad del resultado recién descrito. Para ello evaluó una especie diferente, pichones y otras modalidades sensoriales. El primer experimento consistió en entrenar a un grupo de pichones para responder a la tecla derecha o izquierda de la caja dependiendo de si la luz había estado encendida 2s u 8s. Otro grupo aprendió la misma discriminación pero con un tono. Una vez que ambos grupos aprendieron a diferenciar las duraciones de la luz y las duraciones de los tonos, respectivamente; los pichones que fueron entrenados con luz fueron transferidos a tono y los pichones que aprendieron con tono fueron transferidos a luz. Los resultados muestran que la discriminación con luz fue aprendida mucho más rápidamente que con tono. Existen muchos más fallos cuando la transferencia es de luz a tono y las palomas que fueron transferidas de tono a luz mejoraron sustancialmente. En un segundo experimento un grupo de pichones fue entrenado bajo un programa IF15s de luz e IF30s tono, otro grupo fue entrenado bajo los programas IF15s de tono e IF30s luz. Una vez que la tarea estaba dominada para ambas señales se introdujeron ensayos en los cuales el estímulo permanecía más allá del tiempo criterio y terminaban sin reforzamiento e independientemente de las respuestas emitidas. Se encuentra que los tiempos pico estuvieron muy cerca del valor del IF entrenado para cada señal.

En su tercer experimento evalúa los efectos de introducir ensayos con interrupciones de 9, 3 y 1 segundos, después de que el estímulo estuvo encendido durante 9s. Después de transcurrida la interrupción el estímulo volvía a aparecer para completar el ensayo pico que tenía una duración de 90s con todo y la interrupción. Finalmente, en su último experimento cambió la señal dentro del mismo ensayo. Al grupo IF15s de luz- IF30s de tono y al grupo IF15 de tono- IF30s de luz se les cambió el estímulo después de 6 ó 12s de un tono o de una luz inicial.

Los resultados de los últimos experimentos y de todo el estudio en general sugieren tres cosas: a) las palomas aprenden más lentamente a discriminar un tono en comparación a una luz. Además de que existe mayor variabilidad en los resultados con tono. A pesar de esto

son capaces de estimar ambos estímulos de manera adecuada; b) los pichones tienden a reiniciar incluso si la modalidad del estímulo a estimar es sólo cambiada, no interrumpida; c) existen diferencias entre las especies en cuanto a la estrategia para estimar el tiempo, pues mientras que se ha reportado que las ratas usan la estrategia de pausa, este estudio demostró que los pichones utilizan la estrategia de reinicio. Cualquier cambio en la señal dentro del ensayo es visto como el fin del mismo, los resultados después de la interrupción o del cambio de modalidad muestran que los valores obtenidos son más cercanos a una estimación desde 0 después de dicho cambio o interrupción.

Por otro lado y bajo la idea de que podrían existir diferencias en las estrategias de estimación temporal de acuerdo con la especie, Buhusi *et al* (2002) realizaron un experimento con palomas y ratas. Los autores plantean que las estrategias de estimación temporal están regidas bajo un mecanismo atencional y que las diferencias en las regulaciones temporales del comportamiento entre ratas y pichones son debidas a diferentes propiedades percibidas en la señal o la interrupción. En su primer experimento evalúan la importancia de la saliencia (intensidad) de la interrupción en el mecanismo pausa-detención. Un grupo de pichones fue entrenado bajo un programa IF30s en el que la intensidad del estímulo era del 100%, después de esto se le agregaron ensayos pico. En la fase de evaluación la “interrupción” consistía en variar la intensidad del estímulo durante 10s. Estas variaciones en la intensidad del estímulo podían ser al 60,30,15 y 0 % de la intensidad original. También hubo “interrupciones” con el 100% de intensidad pero éstas fueron tomadas como ensayos pico. Los resultados sugieren un continuo en las estrategias de estimación temporal de acuerdo con la saliencia de la interrupción. Con una interrupción al 60% de intensidad los pichones continuaron estimando sin importar dicha interrupción. Con una intensidad del 30% los pichones detuvieron su estimación y con una intensidad del 0% los pichones reiniciaron completamente la estimación.

En un segundo experimento con ratas evaluaron los efectos de manipular la intensidad del estímulo a estimar, de la interrupción y del intervalo entre ensayos. Las ratas fueron entrenadas para estimar la presencia o ausencia de un estímulo visual con una intensidad media. En la fase de prueba el estímulo podía tener intensidades baja, media y alta variando de sesión a sesión. En un grupo se manipuló la brillantez del estímulo a estimar y en

el otro grupo se manipuló la saliencia de la interrupción y del intervalo entre ensayos. Los resultados sugieren que el efecto de una interrupción depende de la saliencia del estímulo a estimar, de la interrupción y de las características del intervalo entre ensayos de acuerdo con un mecanismo atencional. Si se incrementa la saliencia del estímulo las ratas pausan su estimación y si se incrementa la intensidad de la interrupción y del intervalo entre ensayos las ratas reinician su estimación. En general concluyen que tanto ratas como pichones son capaces de reiniciar y detener.

Con base en los resultados obtenidos con el experimento anteriormente descrito y para ampliar la idea de la importancia de la saliencia de la interrupción Buhusi *et al.*(2005) realizaron un experimento bajo la hipótesis de que la memoria temporal decae durante la interrupción en un porcentaje proporcional al de la saliencia de la interrupción. En su experimento compararon a dos cepas de ratas: albinas (*Sprague-Dawley*) y pigmentadas (*Long-Evans*). Estas dos cepas de ratas fueron elegidas con la idea de que las ratas albinas tienen una menor capacidad visual en comparación de las ratas pigmentadas. Si la estrategia de estimación temporal depende de la saliencia de la interrupción, entonces se esperaría un mayor decaimiento en memoria por parte de las ratas pigmentadas, ya que ellas al tener mayor agudeza visual pueden detectar con más facilidad cambios en la señal a estimar o en la interrupción en comparación a las ratas albinas. Como resultado del decaimiento en memoria debido a la saliencia del estímulo se esperaba que las ratas pigmentadas reiniciarán la estimación temporal después de la interrupción y que por el contrario las ratas albinas detuvieran la estimación y la continuaran después de la interrupción.

El procedimiento que siguieron para probar dicha hipótesis fue primeramente poner en automoldeamiento a las ratas. Después trabajaron bajo un programa IF30s al cual una vez dominado se le incorporaron ensayos pico, los cuales no eran reforzados y tenían una duración de 90s. La fase de evaluación consistió en ensayos IF mezclados con ensayos no reforzados (ensayos pico y ensayos con interrupciones). En los ensayos con interrupciones la señal era visual y fue interrumpida a los 15s después de iniciado el intervalo; la interrupción podía tener tres diferentes valores 2, 5 y 10s.

Los resultados muestran que la mayor proporción de respuestas en los ensayos pico se encontró cercana al valor reforzado (30s) con una precisión similar en ambas cepas, además

de que el tiempo pico para dichos ensayos no varió de manera significativa. La información que se obtiene de este experimento sugiere que cuando la señal es visual las ratas albinas tienden a detener la estimación temporal, contrario a las ratas pigmentadas que parecen reiniciar dicha estimación. Los resultados son consistentes con la hipótesis de que la pérdida de memoria es proporcional a la saliencia de la interrupción, ya que las ratas pigmentadas presentaron una mayor pérdida en memoria debido a su agudeza visual; al percibir el cambio en la interrupción las ratas pigmentadas muestran una estrategia de decisión parecida al reinicio. Caso contrario a las ratas albinas que presentan una estrategia de detención. Para comprobar que las diferencias encontradas entre las ratas pigmentadas en comparación con las albinas se deben a la intensidad percibida del estímulo y a su contraste con la interrupción, y no a diferencias generales en el proceso de estimación temporal, se realizó un segundo experimento muy similar al anterior descrito, pero con la diferencia de que esta vez el estímulo a estimar era de modalidad auditiva. Dado que ambas cepas de ratas tienen las mismas capacidades auditivas, si las diferencias en el anterior experimento se debieron a la intensidad percibida del estímulo, no deberíamos encontrar diferencias en este experimento, ya que ambas son igual de sensibles a señales auditivas. En cambio, si las diferencias fueron debidas a un proceso de estimación temporal diferente en ambas cepas de ratas podríamos esperar diferencias entre ellas. Lo que Buhusi *et al.* (2005) encontraron fue que la estrategia empleada por ambas cepas de ratas dependió de la modalidad del estímulo a estimar y la saliencia del mismo. En el experimento se encontró que ambas cepas de ratas poseen la misma precisión para estimar el tiempo de reforzamiento si la señal es auditiva, en otras palabras, la cepa no tiene efecto sobre el proceso de estimación temporal. En este segundo experimento se encontró que las ratas albinas utilizaban el proceso de reinicio después de la interrupción con lo cual se llega a una conclusión: las variables que influyen para el proceso de estimación temporal en ambas cepas de ratas son la modalidad del estímulo a estimar y la duración de la interrupción.

Con los resultados anteriores Buhusi *et al.*(2005), propusieron un modelo para la estimación temporal basados en un mecanismo atencional y en la saliencia de las interrupciones. Dicho modelo se denomina “tiempo compartido”.

La literatura en humanos sugiere que cuando una tarea perceptual, mental, aritmética o motora es ejecutada en paralelo con una tarea de estimación temporal resulta en una estimación pobre o no tan precisa (Fortin y Massé, 2000). Estos resultados sugieren que incrementar la demanda en el procesamiento resulta en menos pulsos acumulados; esto debido a que la atención se comparte entre el reloj y los otros procesos mentales. A esta hipótesis se le conoce como tiempo compartido. De acuerdo con este punto de vista, las manipulaciones que incrementan la actividad del procesador general dan como resultado una pérdida de recursos en el procesador del tiempo y consecuentemente una pérdida en la habilidad de acumular pulsos de manera precisa. La reacomodación de los recursos cognitivos resulta en un decaimiento de memoria proporcional a la saliencia del evento que interrumpe.

En un experimento realizado por Buhusi y Meck (2006) para evaluar las predicciones relativas al efecto de los estímulos distractores durante la presencia ininterrumpida del estímulo a estimar en los ensayos pico, dos grupos de ratas fueron entrenadas para estimar un conjunto de señales visuales. Para la mitad de las ratas el IEE era “llenado” con ruido y se oscurecía la caja (grupo familiar). Para la otra mitad el IEE era silencioso y oscuro (grupo novedad). El ruido utilizado para llenar el IEE del grupo familiar también era presentado en los ensayos pico para ambos grupos, formando un conjunto de estímulo visual + ruido; similar para el grupo familiar y diferente para el grupo novedad.

Se mezclaron 32 ensayos IF con 32 ensayos prueba. En los ensayos prueba, 8 eran ensayos pico, los otros 24 ensayos eran ensayos prueba en los cuales después de pasados los primeros 15s podían ocurrir 3 escenarios:

- A) Se presentaba ruido blanco de 78db, pero el estímulo a estimar nunca desaparecía (ensayos pico+ distractor).
- B) El estímulo a estimar era interrumpido por 5s de oscuridad (ensayo con interrupción).
- C) El estímulo a estimar era interrumpido por 5s de oscuridad, en los cuales se presentaba un ruido blanco de 78db (interrupción+distractor).

Los resultados muestran que la estimación de ambos grupos es buena y no cambia ni proporción de respuestas, ni precisión en ambos grupos.

Se encontró que el distractor produce un desplazamiento a la derecha de las funciones de respuesta en ambos grupos. Los resultados muestran que el distractor auditivo afecta la estimación temporal, pero dicho efecto no difiere de los producidos por una interrupción. Lo cual sugiere un procesador común para ambos: distractor e interrupción. La interrupción, el distractor o ambos juntos incrementan los tiempos pico indicando la estrategia de reinicio.

El distractor y la interrupción son procesados de la misma manera, lo que quiere decir que ocupan recursos atencionales, reduciendo los recursos del procesador de tiempo. Los recursos atencionales ocupados están en función de la saliencia del distractor o de la interrupción. Finalmente, los autores sugieren que las estrategias continuar, pausar y reiniciar son un continuo.

Otro experimento importante en el cual hacen uso del procedimiento pico con interrupciones lo realizan Cabeza de Vaca, Brown, y Hemmes (1994). En su experimento entrenaron pichones bajo un programa IF 30s y añadieron ensayos en los cuales introducía interrupciones en el estímulo que variaban en duración, localización o ambos. A los ensayos IF agregaron dos clases de ensayos: ‘ensayos pico’ y ‘ensayos con interrupción’; los primeros son ensayos que duraban 90s más una extensión con una media de 30s en los cuales las respuestas del animal no eran reforzadas. El segundo tipo de ensayos eran parecidos a los ‘ensayos pico’ con la diferencia que podían tener una interrupción temprana, una interrupción tardía o una interrupción larga. Si la interrupción era temprana ésta comenzaba al segundo 6 y duraba 6s; si era al final comenzaba al segundo 15 y duraba 6s y finalmente, si era larga comenzaba al segundo 6 y duraba 15s.

Cabeza de Vaca et al. (1994), encontraron que si bien hay cambios en el tiempo pico según la duración y/o localización de la interrupción, los mismos no son consistentes con las hipótesis de detención (los animales retienen el tiempo pre-interrupción en memoria) o reinicio (los animales eliminan el tiempo previo a la interrupción). Los hallazgos de Cabeza de Vaca *et al.* sugieren un reinicio parcial, lo cual implica que cuando ocurre la interrupción parte del tiempo previo acumulado en memoria se pierde (o decae pasivamente). Los

resultados encontrados en los distintos tipos de interrupciones fueron reflejo de la influencia de la duración y localización de las interrupciones.

Dichos resultados dieron pie para formular una explicación general sobre el desempeño en el procedimiento de pico con interrupciones. Esta teoría, llamada Decaimiento de memoria fue propuesta por Cabeza de Vaca *et al.* (1994), y tiene como base principal el hecho de que entre mayor es la interrupción mayor es el desplazamiento en el tiempo pico. Cuando se presenta una interrupción en el estímulo a estimar el tiempo almacenado en memoria (previo a la interrupción) decae lentamente, por lo tanto si la interrupción es corta el decaimiento en memoria lo es también y si la interrupción es más larga el decaimiento en memoria es mayor. En otras palabras, conforme aumenta la duración de la interrupción parece haber un cambio de estrategia de detención hacia reinicio.

Para explicar los diversos resultados en el procedimiento de pico con interrupciones, también existe otra explicación llamada Ambigüedad instruccional, propuesta por Zentall, Kaiser, y Neiman (2002). Esta explicación nos indica que en el procedimiento pico los animales aprenden que el ensayo termina cuando se entrega el reforzador y/o cuando comienza el intervalo entre ensayos (IEE), por lo que estos eventos se convierten en señal de que el tiempo previo es ya irrelevante, por lo que lo desechan, es decir, reinician su reloj. De modo que cuando se presenta una interrupción en el estímulo a estimar el animal reiniciará la estimación, en función de la semejanza entre la interrupción y el IEE. Esta explicación deja clara la idea de que si la interrupción en el estímulo es distinta al IEE los animales no reinician la estimación. Esto genera la hipótesis de que si en el experimento las interrupciones son muy parecidas a los IEE entonces el animal reiniciará la estimación. Por el contrario, si las interrupciones son distintas a los IEE entonces el animal detendrá la estimación y la reanudará terminada la interrupción.

Para probar dicha hipótesis, Zentall, Klein, y Singer (2004) realizaron un experimento en el cual manipularon el ambiente para hacer los IEE parecidos o diferentes a la interrupción. El procedimiento que usaron fue un poco distinto al usado por Cabeza de Vaca *et al.* (1994). Un grupo de pichones fue entrenado con un IEE oscuro y otro fue entrenado con un IEE con la luz general encendida. Los pichones fueron puestos bajo un programa IF30 donde picar

una tecla blanca después de 30s era reforzado. En los ensayos pico, la tecla permanecía encendida durante 90s y el ensayo no se entregaba reforzador alguno.

Para la mitad de los pichones la luz general estuvo encendida durante el IEE (de duración variable, con una media de 45s) y para la otra mitad la luz general estuvo apagada durante el IEE. Una vez que el procedimiento pico era estable se introdujeron ensayos con interrupciones.

Las interrupciones eran de los siguientes tipos: a) interrupciones tempranas y cortas en las cuales la tecla para responder se apagaba durante 6s después de haber estado encendida 6s; b) interrupciones tardías y cortas en las cuales la tecla para responder se apagaba durante 6s después de haber estado encendida 15s. Después de los 15s de interrupción el estímulo era encendido otra vez para permanecer por 69s más; c) finalmente, hubo interrupciones tempranas y largas, en las cuales el estímulo era apagado por 15s después de haber estado encendido 6s. Después de los 15s de interrupción el estímulo regresaba para permanecer encendido por 69s más. Los ensayos descritos fueron aplicados de igual manera al otro grupo, pero con la diferencia de que cuando se presentaba la interrupción la luz general permanecía encendida.

Los resultados muestran que cuando las condiciones de iluminación dentro de la caja durante la interrupción son distintas a las condiciones del IEE los pichones retienen en memoria el tiempo previo a la interrupción y una vez terminada ésta agregan el tiempo faltante para completar el intervalo. Si la ambigüedad instruccional es eliminada los pichones emplean la estrategia de detención y su memoria para las duraciones es conservada de manera correcta.

Zentall y Kaiser (2005) publican un artículo en el cual exponen cómo a través de la ambigüedad instruccional se pueden explicar los datos obtenidos por Buhusi *et al.* (2005) y casi todos los resultados obtenidos con el procedimiento pico con interrupciones. Esto lo hacen bajo la idea que ellos mismos proponen: si el IEE y la interrupción son diferentes los animales pausan como en el caso de Buhusi *et al.* (2002) en ratas y palomas y Buhusi *et al.* (2005) acerca de las ratas albinas y las ratas pigmentadas.

La hipótesis de saliencia del estímulo y la ambigüedad instruccional son claramente diferentes en lo relativo al grado de control que el animal tiene sobre la elección de la estrategia; mientras que para la teoría de atención compartida la tasa de decaimiento es automática, determinada únicamente por el contraste entre la señal a estimar y la interrupción, para la teoría de ambigüedad instruccional existe un control activo de parte del animal; cuando el estímulo es menos saliente la duración de la interrupción gana valor predictivo, y por lo tanto cuando puede confundirse con el IEE (es decir, cuando es más larga), el animal activamente reinicia.

S. Roberts y Church (1978) realizaron un experimento cercanamente relacionado con el presentado en este trabajo, ya que en dicho experimento se trabajó con el programa de bisección temporal e incorporan interrupciones en el estímulo a estimar. En dicho experimento se tenían como objetivo analizar que proceso seguía el reloj interno durante las interrupciones y cuánto “control” se podía ejercer en ese reloj. Dicho de otro modo, investigar si se puede controlar que el “reloj” se detenga, se reinicie, o siga corriendo ante la presencia de interrupciones. Para investigar estas cuestiones emplearon, en diferentes experimentos, un programa de reforzamiento IF, y un procedimiento de bisección. En el primer procedimiento Roberts y Church (1978) entrenaron a un grupo de ratas bajo el programa IF30s; a este programa le agregaron algunos ensayos con una interrupción de 15s en distintos momentos del intervalo. Los sujetos fueron divididos en dos grupos de acuerdo a la estrategia de estimación que se les iba a enseñar, un grupo tenía la instrucción de continuar la estimación mientras la interrupción estaba presente y el otro grupo tenía que pausar la estimación durante la interrupción. S. Roberts y Church (1978) plantearon la idea de que si la estimación temporal sigue un mecanismo similar al “reloj” interno de los sujetos entonces no debería esperarse ninguna diferencia en el comportamiento de los sujetos en los ensayos con y sin interrupciones. Por otra parte, si ambos procesos trabajan en una manera distinta se podría esperar un cambio de conducta en los sujetos durante los ensayos con interrupciones y sin las mismas, es decir cambiar de estrategia durante las interrupciones. Los resultados del experimento son compatibles con la idea de que los sujetos que fueron entrenados para continuar la estimación, inicialmente detuvieron dicho proceso cuando las interrupciones fueron experimentadas; pero como dicha estrategia implica una diferencia entre el tiempo de

reforzamiento esperado y el obtenido (agregando el tiempo de la interrupción), los sujetos finalmente aprendieron a continuar la estimación temporal durante las interrupciones.

En el segundo procedimiento empleado por S. Roberts y Church (1978), se les enseñó a las ratas a diferenciar entre dos señales con valores extremos (5 ó 20s) mediante la presión a una de dos palancas. Una vez aprendidas éstas, se incorporaron duraciones intermedias (4,6,8,10,12,14,18 ó 22s) asociadas con las siguientes contingencias de reforzamiento: ante duraciones menores a 12 s una presión a la palanca corta era reforzada, mientras que ante duraciones mayores a 12 s una presión a la palanca larga era reforzada. En la primera fase las ratas aprendieron a distinguir las duraciones extremas; posteriormente, con el rango completo de duraciones se obtuvieron funciones psicométricas con un punto de indiferencia de entre 10 y 11. La manipulación interesante fue la presentación aleatoria de interrupciones en una cuarta parte de los ensayos. Una interrupción podía ser presentada a los 4 ó 2s después de comenzado el ensayo y la interrupción tenía una duración de 2s, durante la interrupción la luz era apagada y un ruido era encendido. Los sujetos fueron divididos en dos grupos de manera aleatoria: para uno de los grupos, el reloj operativo continuaba corriendo durante la interrupción mientras que para el otro grupo el reloj operativo era detenido. Para el grupo que continuaba la estimación temporal la secuencia de 4s de luz, 2s de interrupción, 6s de luz era considerada como una señal de 12s por lo tanto la respuesta correcta era largo. En cambio para el grupo entrenado para detener el reloj y retener el tiempo en memoria la misma secuencia, debía ser considerada como una señal de 10s y responder a corto era la respuesta correcta. Los puntos de indiferencia cambiaron. El grupo que fue entrenado para continuar la estimación aún con la interrupción tenía un punto de indiferencia de 11.5 ± 3 sin interrupciones; cuando la interrupción fue introducida cambió a 13.2 ± 5 la diferencia fue de 1.7 ± 3 . Para el grupo entrenado para detener la estimación el punto de indiferencia era de 10.9 ± 6 sin interrupciones, después de la interrupción cambió a 13.2 ± 9 ; la diferencia fue de 2.2 ± 4 .

Ambas interrupciones, temprana y tardía, producen efectos similares que sugieren que el tiempo es añadido, es decir, que ambos grupos parecen utilizar la estrategia de detención para las interrupciones.

Ambos grupos fueron reforzados de manera diferente después de la interrupción: para el grupo que continuaba la estimación temporal (incluso cuando la interrupción era presentada) sólo tenía que completar el tiempo del intervalo que aún faltaba y así era reforzado; en cambio para el grupo entrenado para detener la estimación durante la interrupción después de ella sólo completaba el tiempo faltante (mientras está la interrupción presente se detiene la estimación guardando en memoria el tiempo previo a esta, caso contrario con el otro grupo que sigue estimando aún con la interrupción presente) y los sujetos eran reforzados. Aunque ambos grupos fueron reforzados de manera distinta el efecto fue el mismo: hubo un cambio en la función psicométrica (ojiva) que indica que ambos grupos añadieron el tiempo faltante a la interrupción, es decir, ambos grupos respondieron utilizando la estrategia de detención.

Además de las variables revisadas (especie, intensidad del estímulo y modalidad del mismo, entre otros), es razonable suponer que la elección de estrategia estará relacionada con la historia de reforzamiento a lo largo de la experiencia con interrupciones. La historia de reforzamiento es altamente variable, por lo tanto sería poco adaptativo tener estrategias fijas para estimar el tiempo. Para poder responder a la variabilidad de la historia de reforzamiento es posible pensar que las estrategias de estimación temporal son flexibles y que pueden estar reguladas por las contingencias de reforzamiento.

Esta posibilidad ha sido explorada en nuestro laboratorio (Orduña y Bouzas, 2011), encontrando flexibilidad en las estrategias de estimación temporal; a continuación se describe un resumen de estos experimentos directamente relacionados con la propuesta experimental de esta tesis.

En el primer experimento los sujetos fueron puestos bajo un programa IF 30, en el cual en 40% de los ensayos de IF30s hubo interrupciones de 9s. Dichas interrupciones podían comenzar en el segundo 6 o en el segundo 24 y la interrupción consistía en apagar la luz sobre la palanca con la cual estuviera trabajando el sujeto. Los sujetos fueron divididos en dos grupos: A y B. En el grupo A se favorecía el uso de la estrategia de reinicio ya que una vez terminada la interrupción el IF comenzaba de nuevo. En el grupo B se favorecía la estrategia de detener la estimación, pues posterior a la interrupción, el IF consideraba el tiempo previo a la interrupción. Una vez que los sujetos se adaptaron a estas condiciones, en

la fase de prueba se presentaron ensayos pico con y sin interrupciones y en los cuales se hacía una distinción entre el ITI y la interrupción, ya que en el caso de los ensayos pico el estímulo discriminativo permanecía encendido y el ensayo podía tener una duración variable, pero como mínimo tenían una extensión de 90s (tres veces más lo que normalmente duraba el IF30s); los intervalos entre ensayos estaban señalados cuando se apagaba la luz general y la luz sobre la palanca.

La fase de evaluación consistió en una interrupción en los ensayos pico de 9s comenzando en el segundo 15, la interrupción consistía en apagar la luz sobre la palanca.

Los resultados de este experimento mostraron que el cambio en el tiempo pico para el grupo en donde se favorecía la estrategia de reinicio fue de 55 ± 2 s, mientras que en el grupo que se favorecía la estrategia de detención, fue de 44 ± 1 s. Estos cambios en el tiempo pico son los esperados de acuerdo a las hipótesis de reinicio y detención, respectivamente, por lo que se concluyó que diferentes grupos de ratas fueron capaces de aprender a pausar o reiniciar la estimación temporal.

Para hacer un seguimiento de este resultado, en el segundo experimento se analizó la posibilidad de que el uso de las estrategias de detención o reinicio pudiera ser sometido a control discriminativo. El experimento fue muy similar al anterior descrito. La diferencia fue que en cada sujeto se favorecieron ambas estrategias de estimación temporal pausa y reinicio, según el estímulo discriminativo que hubiera sido interrumpido. La diferencia en procedimiento respecto al experimento anterior fue la asociación de cada estrategia con un estímulo discriminativo diferente. Para la mitad de los ensayos el estímulo era la luz sobre la palanca y en la otra mitad el estímulo discriminativo era un tono. Para la mitad de los sujetos una interrupción en la luz indicaba que la estrategia a seguir era la de pausar y una interrupción en el tono indicaba el reinicio de la estimación; para la otra mitad de los sujetos hubo la relación opuesta.

La fase de evaluación consistió en interrupciones en el programa pico, dichas interrupciones comenzaban al segundo 15 y duraban 9s. Dependiendo del tiempo de interrupción fue la estrategia usada por los animales.

Los resultados muestran que, en efecto, la estrategia empleada por los animales puede ser sujeta a control discriminativo.

Dados estos resultados, el siguiente interés fue analizar el grado en que la estrategia aprendida (detención o reinicio) en un procedimiento de intervalo fijo puede ser transferida a un procedimiento de bisección temporal.

El procedimiento de **bisección temporal** es por excelencia una tarea de estimación temporal retrospectiva. Consiste en entrenar al organismo para diferenciar entre dos tipos de duraciones. Una duración corta C , por ejemplo 4s y una duración larga L de 16s. Para poder decir que el animal ha aprendido a diferenciar entre los dos tipos de duraciones debe de cumplir con un criterio de 80 ensayos correctos.

En la fase de evaluación de dicha tarea se presentan duraciones intermedias a las aprendidas. La tarea del animal consiste en clasificar dichas duraciones como cortas o largas. La finalidad de la tarea de bisección temporal es obtener una curva psicofísica que relaciona la proporción de respuestas a largo con la duración objetiva de las mismas.

A partir de la tarea de bisección temporal podemos obtener tres parámetros importantes:

A) Punto de bisección: es el punto en el que es igualmente probable que el animal responda a largo o a corto.

B) Limen diferencial: Es una medida de dispersión de la función. Se calcula tomando la mitad de las diferencias entre las duraciones del tiempo que generan el 75 y el 25 de respuestas a largo.

C) Fracción de Weber: La fracción de Weber es un indicador de sensibilidad del organismo, nos indica cuál es la proporción mínima que se requiere para detectar un cambio. Se calcula dividiendo el limen diferencial sobre el punto de bisección.

Lo que normalmente se encuentra en los estudios con animales no humanos en el procedimiento de bisección temporal es: 1) la función psicométrica entre la proporción de respuestas a la opción largo ($p(\text{largo})$) y la duración del estímulo crece monótonicamente en

forma de ojiva, 2) el punto de bisección cae cerca de la media geométrica (MG) de las funciones de referencia (esto es, $X = (C \cdot X)^{1/2}$), 3) las funciones psicométricas para todas las funciones LARGO/CORTO de las duraciones de referencia se superponen cuando cada duración se divide entre su correspondiente punto de bisección, y 4) la razón de Weber (umbral diferencial dividido entre el punto de bisección) es constante para todas las razones LARGO/CORTO y todos los rangos LARGO/CORTO (Church y Deluty, 1977)

OBJETIVO

En la literatura relacionada a la estimación temporal y las interrupciones se han planteado ideas de cuáles son los determinantes de una estrategia de estimación temporal en particular; se ha sugerido que las variables que determinan dicha elección pueden ser la especie, las características físicas del estímulo discriminativo, mecanismos atencionales, entre otras. Un punto de partida para el presente estudio es que contar con estrategias fijas sería poco adaptativo, por lo que se pretende evaluar si la ejecución de los animales ante interrupciones es susceptible a la historia de reforzamiento con interrupciones. Además, se evalúa qué tan generalizables son las estrategias aprendidas en un procedimiento para aplicarlas en otro distinto.

En concreto se analiza la posible transferencia de las estrategias de reinicio y pausa, aprendidas en una tarea de estimación temporal inmediata, a una tarea de estimación temporal retrospectiva. En el caso particular de bisección temporal no existe mucha literatura relacionada a este procedimiento y el impacto de las interrupciones sobre el mismo.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar en ratas el impacto que el entrenamiento con interrupciones en un procedimiento de estimación temporal inmediata tiene sobre la elección de la estrategia empleada, detención o reinicio, ante interrupciones en un procedimiento de estimación temporal retrospectiva.

EXPERIMENTO 1

MÉTODO

Sujetos.

Para el experimento principal los sujetos utilizados fueron 12 ratas hembras de la cepa Wistar con 90 días de edad. Las ratas estaban colocadas en cajas habitación compartidas, vivían en parejas en un bioterio con ciclos de luz-obscuridad 12:12 y con una temperatura controlada ($21^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$). Para un experimento control se utilizaron 4 ratas de la misma cepa, con 90 días de edad y que fueron colocadas en una sola caja habitación dentro del bioterio con las mismas condiciones anteriormente descritas. Todas las ratas tuvieron un peso aproximado de entre 200-250 gr. al inicio del experimento. Posteriormente, se les restringió el alimento hasta que estuvieron al 85% de su peso. Todos los días se les otorgó aproximadamente 10 gr. de alimento para mantenerlas en el 85% de su peso. Todas las ratas tuvieron acceso libre al bebedero mientras estaban en su caja-habitación.

Aparatos

Se emplearon 12 cámaras de condicionamiento operante (Med-008-B1), que estuvieron contenidas en cajas sonoamortiguadoras. Las cajas operantes miden 21.5 * 24.5 * 24.5 y tienen una palanca de respuesta (4cm. * 1.5 cm.) en la pared frontal, a cada lado del receptor de *pellets*. Una luz se encuentra en la parte trasera de la caja para proveer iluminación general y un estímulo (con tres posibles luces de colores: azul, blanco y rojo, ubicados a la derecha, centro e izquierda, respectivamente) arriba de cada palanca es encendido siempre que la respuesta en esa palanca es potencialmente reforzable, cabe resaltar que sólo una luz blanca de las tres posibles, se encendió. Cada caja cuenta con un extractor de aire que a la vez funciona como ruido blanco, para enmascarar aún más los sonidos provenientes del exterior. Las cámaras experimentales estuvieron localizadas en un cuarto contiguo al equipo de control y registro. El control de los estímulos y el registro de las respuestas se llevó a cabo con computadoras personales Pentium III conectadas a una interfase MED-PC (Med Associates, St. Albans, VT).

Procedimiento.

Preentrenamiento.

En las sesiones 1 y 2 los sujetos fueron habituados a las cajas operantes. Se les dejó 30 *pellets* en el comedero y permanecían dentro de la caja operante alrededor de 30 minutos en cada una de las sesiones.

En las sesiones 3 a la 9 se implementó un programa alternativo tiempo fijo 45s-razón fija 1, en ambas palancas. Esto con la finalidad de establecer la asociación entre comedero y reforzadores.

En la siguiente fase se entrenó a los sujetos en una tarea de discriminación temporal. En la primera fase de dicha tarea los sujetos aprendieron a diferenciar la duración de un tono (frecuencia 2.9 Khz, 65 dB), que podía tomar uno de dos valores: "largo" con una duración de 16s y "corto" con una duración de 4s. Para la mitad de los sujetos la palanca para dar una respuesta *largo* era la palanca derecha y para la otra mitad la palanca izquierda era para dar una respuesta *largo*. Lo mismo ocurrió para las respuestas a una duración corta. Cuando el tono finalizaba las palancas de respuesta eran insertadas dentro de la caja y la luz sobre cada una de las palancas se encendía. Cuando el sujeto daba su respuesta, las palancas eran retraídas y dependiendo de la respuesta recibía un *pellet*, si la respuesta era correcta o, si la respuesta era incorrecta (o no había respuesta durante 20 segundos) se presentaba un intervalo entre ensayos con una duración promedio de 30s. Cada sesión estaba constituida por 80 ensayos.

Una vez que los sujetos obtuvieron más de un 80% de respuestas correctas en la tarea de discriminación temporal durante 5 días seguidos, comenzó un segundo entrenamiento que consistía en un programa de Intervalo Fijo 30s (IF30s). Previo a este programa se entrenó a los sujetos bajo programas de reforzamiento Intervalo Variable 15 y 30s con la finalidad de aumentar la tasa de respuestas, ya que en el programa de bisección sólo se requiere de una sola respuesta correcta para obtener el reforzador. Una vez que se obtuvo una alta tasa de respuestas en los programas de IV (4días), se dio comienzo al programa IF30s. Un ensayo en este programa consistía en la presentación de un tono durante 30s y con la luz general encendida, además de estar habilitada la tecla de respuesta desde el inicio del intervalo. El

ensayo terminaba una vez que el animal daba una respuesta después de 30s, los estímulos se apagaban, se encendía la luz del comedero y recibía un *pellet*. Después de recibir el pellet comenzaba un intervalo entre ensayos en el cual todos los estímulos dentro de la caja eran apagados; dicho intervalo entre ensayos tenía una duración promedio de 50s y los valores para el intervalo entre ensayos eran tomados de una distribución exponencial. En cada sesión se presentaban 65 ensayos.

A la par que los sujetos trabajaban el programa de discriminación temporal se intercalaba con el programa IF 30s; el orden de dichos programas era el siguiente: discriminación temporal el primer día, IF 30s el segundo día, IF 30s b el tercer día. El programa IF 30s b se implementó con la finalidad de no crear sesgo en la respuesta de los sujetos, esto porque en dicho programa se responde sólo a una de las dos palancas dentro de la caja y puede afectar el desempeño de la tarea de bisección temporal en el cual se requiere que se responda en ambas palancas. Por lo anterior, el programa IF 30s b era exactamente el mismo programa que IF30s, con la excepción de que la tecla de respuesta era la contraria. Otro cambio durante esta fase fue que la probabilidad de reforzamiento en el programa de discriminación temporal se redujo de 1.0 a .75, con la finalidad de familiarizar al sujeto con las respuestas correctas no reforzadas y facilitar la introducción de la generalización.

Una vez que en la tarea de IF30s se encontró estabilidad en los datos, es decir, se presentó el típico patrón de festoneo en el cual se presentan pocas respuestas al inicio del intervalo y un aumento hacia el final del intervalo a estimar (30s), se continuó la alternación diaria de los programas de discriminación temporal e intervalo fijo, pero en este último se introdujeron dos tipos de interrupciones, una "temprana" que ocurría a los 6s y una "tardía" que ocurría a los 24s, la duración de dicha interrupción era de 9s y sólo se presentó en el 40% de los ensayos. En dichas interrupciones se apagaba el tono, pero la luz general permanecía prendida y las palancas habilitadas, para que las interrupciones pudieran ser discriminadas del intervalo entre ensayos, en los cuales todos los estímulos eran apagados.

En esta fase se dividió a los sujetos en dos grupos según la estrategia de estimación temporal que se les iba a enseñar, los grupos eran: pausa y reinicio. En esta fase se favoreció que la mitad de los sujetos aprendieran la estrategia de pausa y la otra mitad la estrategia de reinicio. Para lograr esto, el tiempo requerido para la disponibilidad del reforzador era

reiniciado al final de las interrupciones en uno de los grupos, mientras que el tiempo requerido para la disponibilidad del reforzador tomaba en cuenta el tiempo previo a la interrupción en el otro grupo. A través de inspección visual de la ejecución diaria en el programa IF 30s con interrupciones se analizó cuando los sujetos ya habían aprendido la estrategia de estimación temporal, es decir, cuando el grupo de reinicio volvía a repetir el patrón de festoneo desde el inicio y cuando el grupo de pausa complementaba el festón después de terminada la interrupción. Una vez encontrado este resultado, se procedió a la fase de generalización en un procedimiento de bisección temporal.

En la fase de generalización se introdujeron duraciones intermedias a las aprendidas con valores de 5.04, 6.35, 8, 10.08, 12.7 segundos, y la probabilidad de reforzamiento para respuestas correctas ante duraciones estándar fue nuevamente 1.0. La fase de evaluación consistió en la obtención de dos curvas psicofísicas para cada uno de los sujetos. En la primera, se presentaron las duraciones recientemente descritas; en la segunda se presentaron las mismas duraciones, pero se presentó una interrupción de dos segundos (en los cuales todos los estímulos presentes dentro de la caja eran apagados a excepción de la luz general y el ventilador), justo cuando había transcurrido la mitad de cada duración con la intención de evaluar si la estrategia temporal aprendida en el procedimiento de IF impactaba de alguna forma en la respuesta en el procedimiento de bisección. Por ejemplo, para el primer caso se presentaba el tono por 10.08s, y se registraba la respuesta a corto o largo, mientras que en el segundo caso se presentaba el tono por 5.04s, y después de una interrupción de dos segundos, se presentaba el tono nuevamente por el tiempo restante (5.04 s). Nuestra hipótesis más importante era que los animales del grupo reinicio tratarían a este estímulo como uno de 5.04s, debido a que el tiempo previo a la interrupción habría sido desechado; los sujetos del grupo pausa, por el contrario serían capaces de conservar en memoria el tiempo previo a la interrupción y tratarían a este estímulo como uno de 10.08 s. La duración de dichas interrupciones era de 2s.

Análisis de datos.

Con los datos obtenidos con el procedimiento de bisección temporal se obtuvieron dos curvas psicofísicas: una con las duraciones estándar e intermedias sin interrupciones y otra con las mismas duraciones, pero con interrupciones. A partir de dichas curvas se pueden obtener tres índices de estimación temporal: A) punto de bisección; B) limen diferencial y C) Fracción de Weber.

El punto de bisección y la pendiente se obtienen ajustando a los datos individuales la siguiente función:

$$Y = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^b} \quad (1)$$

En la que Y representa la proporción de respuestas a largo, x la duración del estímulo, y x_0 y b son parámetros libres que representan al punto de bisección, y a la pendiente respectivamente. Con estos valores puede calcularse el limen diferencial, que es otro indicador temporal que nos indica la cantidad de tiempo necesaria para que se perciba una diferencia; para obtener dicho valor se buscan aquellos valores en los cuales la probabilidad de $p(\text{largo}) = 0.25$ y aquélla a la cual $p(\text{largo}) = 0.75$, y se divide entre dos. Finalmente, la Fracción de Weber nos sirve para hacer comparaciones en términos de diferencia de escala (por ejemplo escalas de 2-8s comparadas con escalas de 4-16s); la fracción de Weber es un índice de dispersión que pondera el punto de bisección y se obtiene dividiendo el limen diferencial sobre el punto de bisección.

Resultados y Discusión

El objetivo de la primera fase de este trabajo fue lograr que los sujetos aprendieran la discriminación temporal entre 4 y 16s. Los sujetos aprendieron dicha discriminación en un promedio de 19 sesiones.

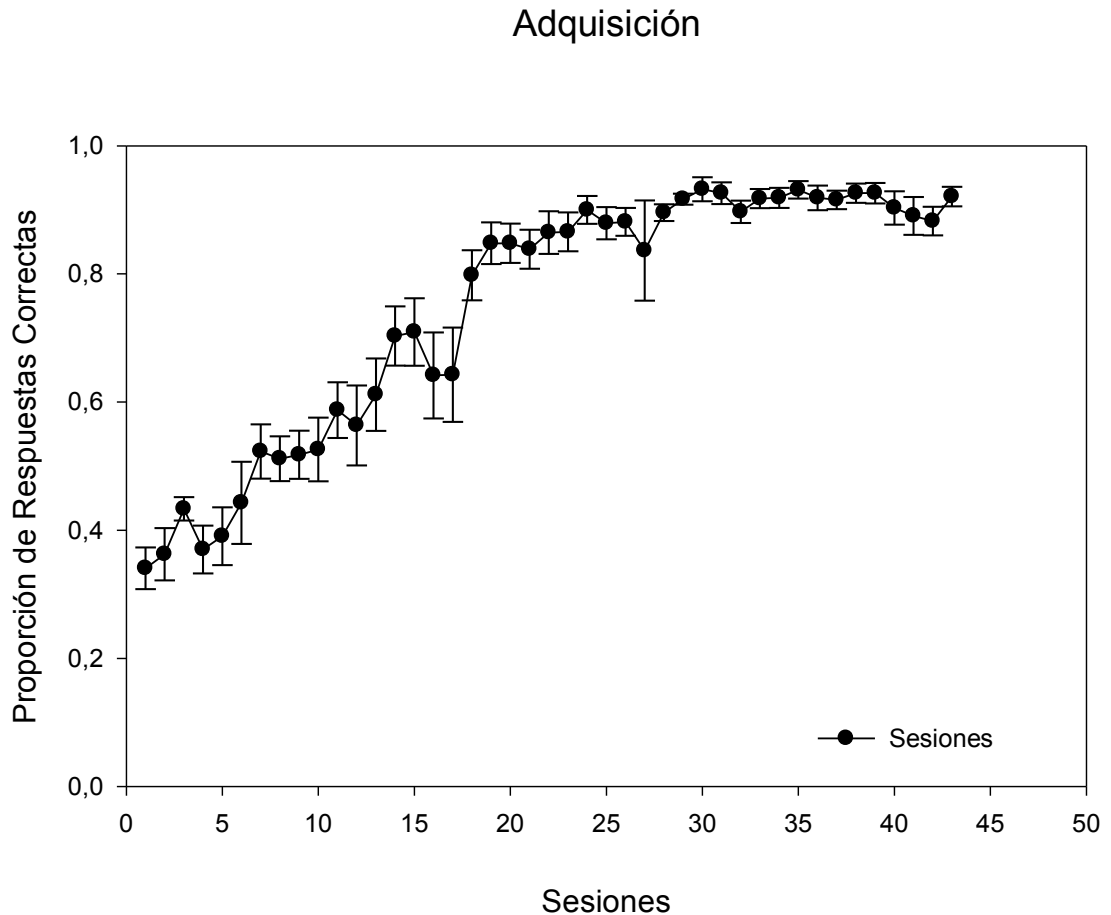


Figura 2. Muestra el promedio grupal \pm el error estándar de la media de la proporción de respuestas correctas a largo de las sesiones.

El criterio para considerar que la tarea ya estaba aprendida fue cumplir con 5 sesiones seguidas con un promedio de 80% de respuestas para cada una de las duraciones del estímulo, tanto cortas como largas correctas. Posterior a la adquisición se continuó la fase de entrenamiento durante sesiones adicionales para dar un total de 43 sesiones de entrenamiento en discriminación temporal. Aunque la tarea ya estaba aprendida se mantuvo el

entrenamiento en dicho procedimiento ya que a la par se dio inicio al otro procedimiento que tenían que aprender el cual era un programa de intervalo fijo 30s.

El segundo objetivo de la segunda fase fue que los sujetos relacionaran las interrupciones del estímulo discriminativo con una estrategia particular, pausa o reinicio. Para ello, los sujetos fueron entrenados en un programa IF30 s en el que en 40% de los ensayos se presentaban interrupciones. Se formaron dos grupos de acuerdo con el efecto que la interrupción tendría sobre el intervalo a estimar. Para el primer grupo (reinicio), el intervalo a estimar iniciaba nuevamente al concluir la interrupción, esto significa que una vez terminada la interrupción se comenzaba desde el inicio el intervalo a estimar sin tener en cuenta la duración del intervalo previo; para otro de los grupos (pausa) el intervalo debía ser concluido tomando en cuenta el tiempo previo a la interrupción, eso significa que la estimación temporal era pausada durante la interrupción y después de ésta se continuaba tomando en cuenta el tiempo previo a la interrupción. Ambos grupos fueron sometidos a dos tipos de interrupciones: una temprana que comenzaba al segundo 6 del intervalo y la otra tardía que comenzaba al segundo 24 de iniciado el intervalo. De esta manera, para conservar la regularidad temporal que se presentaba en el resto de los ensayos (60%), la única posibilidad era que al concluir las interrupciones, los sujetos del grupo reinicio reiniciaran la estimación, y los sujetos del grupo pausa la continuaran.

La figura 3 muestra tres series de datos correspondientes a la ejecución en el programa IF30 en los tres diferentes tipos de ensayos, sin interrupción, con interrupción temprana (6s) y con interrupción tardía (24s) para el grupo pausa. En la primera serie de datos se puede observar que el punto máximo de respuestas se encuentra en el valor 29s para el IF30 sin interrupciones. La segunda serie de datos muestra los resultados de la interrupción temprana (a los 6s) en este caso el punto máximo de respuestas está en el segundo 30, pero los sujetos siguen respondiendo hasta el segundo 39. En el caso de la interrupción tardía (a los 24s) se observa que las respuestas van en aumento, pero en el segundo que comienza la interrupción la tasa de respuestas baja un poco y vuelve a aumentar en el segundo 33 para finalmente alcanzar un máximo de respuestas en el segundo 39. En el caso de las interrupciones para el grupo pausa en ambos casos se puede observar que la estrategia de

estimación temporal fue bien aprendida ya que el máximo de respuestas sólo se vio recorrido 9s, con lo cual indica que los sujetos añadieron el tiempo faltante después de la interrupción.

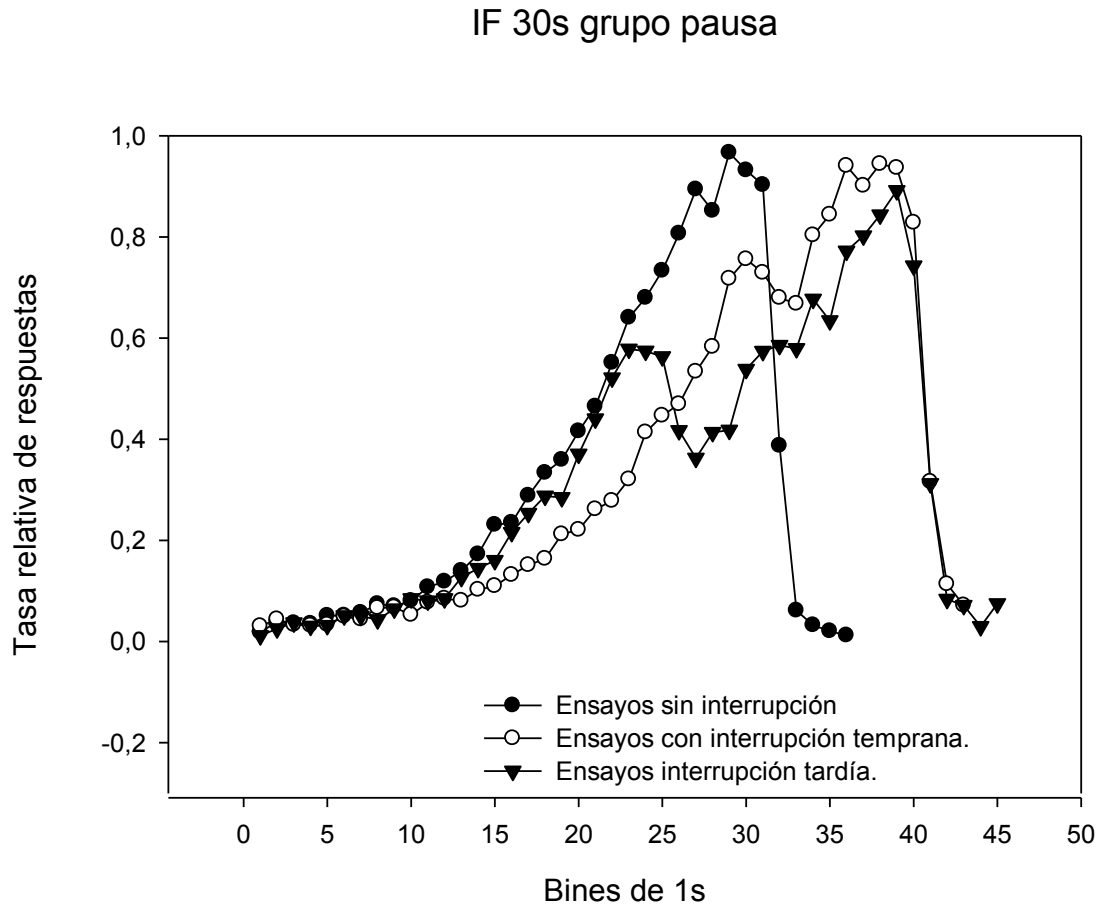


Figura 3. Promedio grupal de la tasa máxima de respuestas en los ensayos IF sin interrupción (círculos negros), IF con interrupción temprana (círculos blancos) e IF con interrupciones tardías (triángulos).

En la figura 4 se puede observar el desempeño de los sujetos del grupo de reinicio en el programa IF30 sin interrupciones, con interrupciones tempranas (6s) y con interrupciones tardías (24s). En la primera serie de datos se muestra el desempeño de dicho grupo bajo el programa IF30s sin interrupciones en el cual el máximo de respuestas se encuentra en el valor 30s. En la segunda serie de datos se muestra el desempeño de los sujetos con interrupciones tempranas que comenzaban en el segundo 6 y terminaban en el segundo 15

(tomando en cuenta que la interrupción tiene una duración de 9 segundos). En dicha serie de datos se muestra que la estrategia fue aprendida, ya que el máximo de respuestas se encuentra en el valor 45s, lo cual implica que los sujetos reiniciaron la estimación temporal después de terminada la interrupción. En la tercera serie de datos se encuentra el mismo reinicio de la estimación temporal, ya que en este caso se ilustra los resultados de la interrupción tardía que comenzaba al segundo 24 y terminaba en el segundo 33. Una vez terminada la interrupción los sujetos reiniciaron el intervalo a estimar y en la gráfica se puede ver como el máximo de respuestas se encuentra al segundo 61 y que continúan hasta el segundo 64 en el cual la tasa de respuestas comienza a descender. Los datos muestran que una vez terminada la interrupción, ya sea temprana o tardía, los sujetos de este grupo reiniciaron la estimación del intervalo desde el comienzo.

IF 30s grupo reinicio

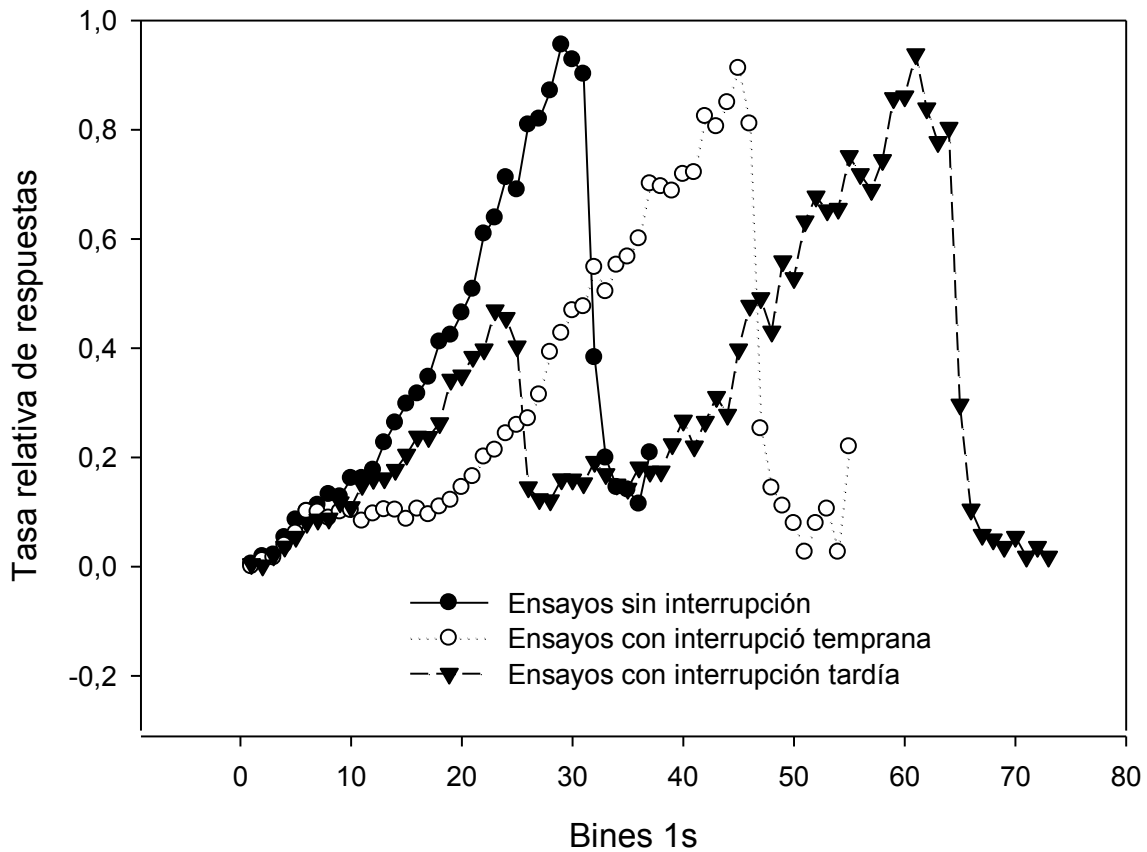


Figura 4. Promedio grupal de la tasa máxima de respuestas en los ensayos IF sin interrupción (círculos negros), IF con interrupciones tempranas (círculos blancos) e IF con interrupciones tardías (triángulos).

Cuando los sujetos habían aprendido las estrategias de reinicio o pausa, fueron evaluados en la tarea de bisección temporal con y sin interrupciones.

En la figura 5 (sin interrupción) se observa que para ambos grupos se forma la figura de ojiva característica de los programas de bisección temporal.

Bisección 4-16s sin interrupciones de los grupo pausa y reinicio.

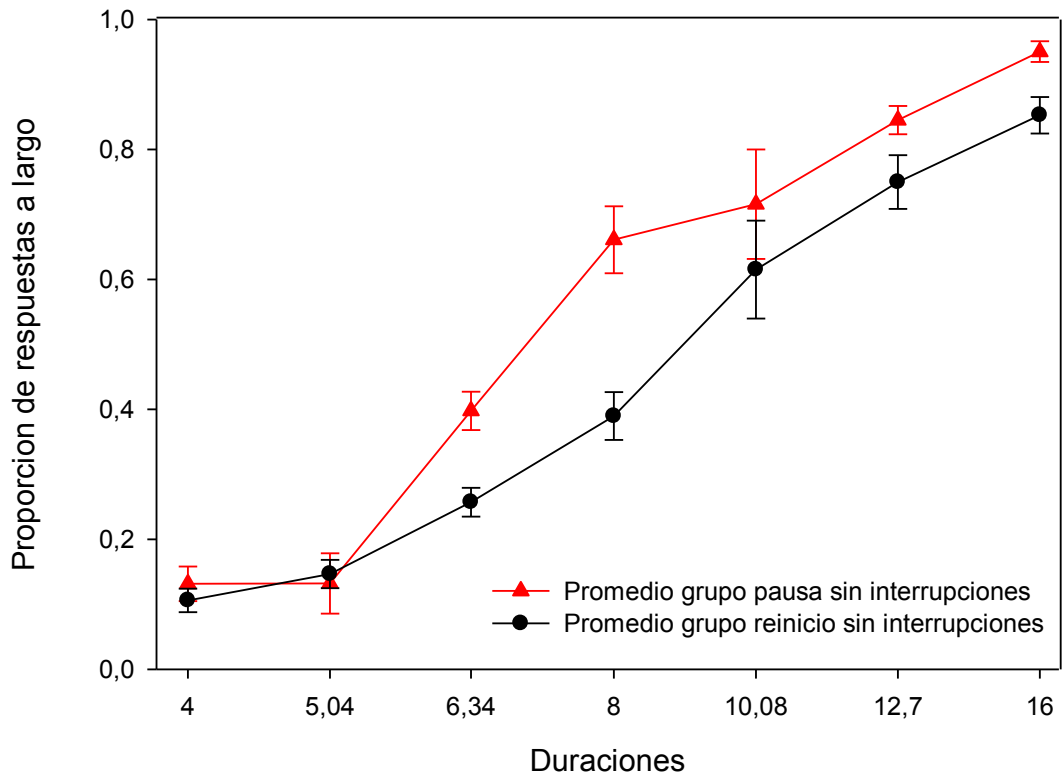


Figura 5. Promedio grupal \pm (SEM) de la proporción de respuestas a largo para las diferentes duraciones del estímulo durante los ensayos de bisección temporal. Los triángulos representan al grupo pausa y los círculos representan al grupo reinicio.

Bisección 4-16 con interrupciones para los grupos pausa y reinicio.

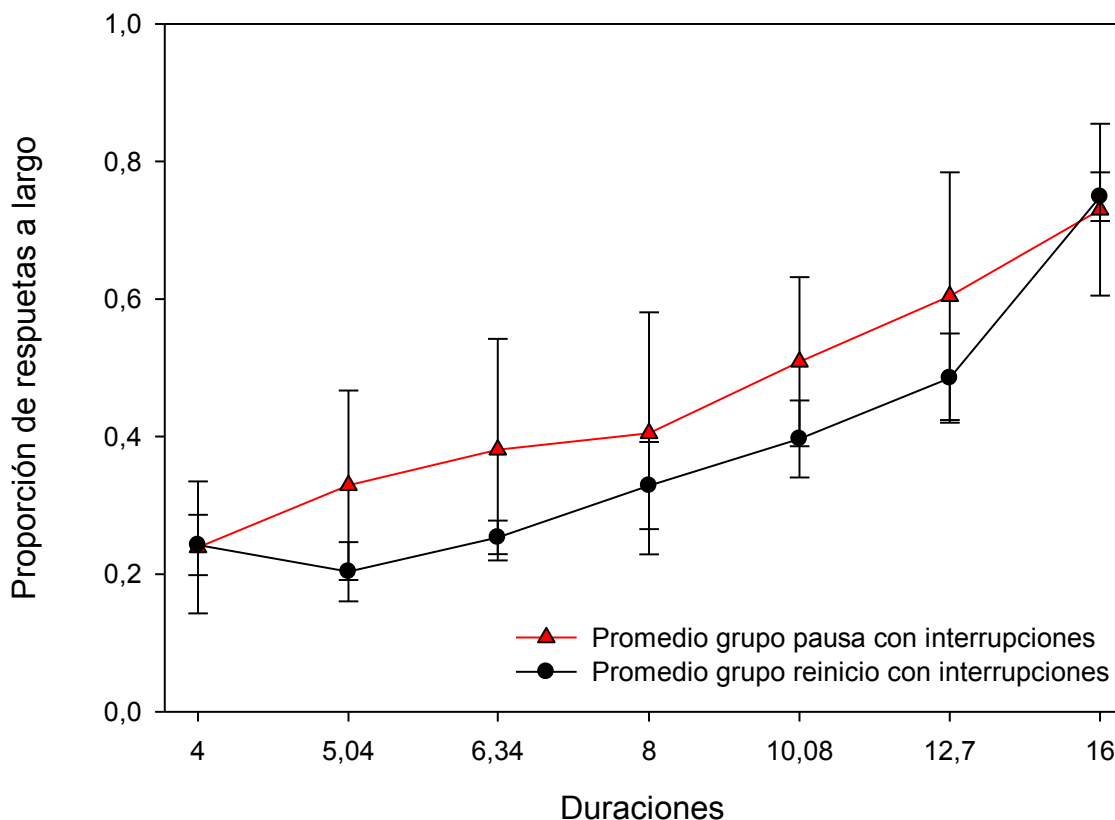


Figura 6. Promedio grupal \pm (EEM) de la proporción de respuestas a largo para la diferentes duraciones del estímulo durante los ensayos de bisección temporal con interrupciones. Los triángulos representan el grupo pausa y los círculos representan el grupo reinicio.

En la figura 6, observamos que la presentación de interrupciones durante la bisección temporal provocó una pérdida de control temporal, manifestado en un aplanamiento de la ojiva. El efecto parece ser similar para ambos grupos. Es importante recordar que las interrupciones que los sujetos habían experimentado en el programa IF tenían una duración de 9s y que en el programa de bisección temporal tuvieron una duración de 2. Un anova mixto con grupo como factor entre sujetos y duración del estímulo y presencia o ausencia de interrupciones como factores intrasujeto demostró que la presencia de interrupciones provocó una disminución en la proporción de respuestas a largo ($F(1, 10)=6.41, p<.05$); sin embargo,

la ausencia de interacción de este factor con grupo indica que el efecto fue el mismo para ambos grupos ($F(1, 10)=.17, p>.05$).

Con base en las curvas de bisección individuales, se obtuvieron los índices de discriminación temporal característicos: punto de bisección, limen diferencial y fracción de Weber. La tabla 1 muestra el promedio grupal \pm el error estándar de la media además del promedio del coeficiente de determinación resultado del ajuste de la ojiva. Estos parámetros fueron sometidos a un anova en donde grupo fue el factor entre sujetos y ausencia o presencia de interrupción fue el factor intrasujetos. Se encontró un aumento significativo del punto de bisección en la fase de bisección con interrupción ($F(1, 9)=6.59, p<.05$). Sin embargo, la interacción con grupo resultó no significativa ($F(1, 9)=.30, p>.05$).

Con relación al limen diferencial, el anova demostró un aumento significativo del limen diferencial cuando se presentaban interrupciones ($F(1, 9)=26.151, p<.05$). Sin embargo, este efecto fue el mismo en ambos grupos, pues la interacción de este factor con grupo resultó no significativa ($F(1, 9)=.21, p>.05$). Este mismo patrón, efecto de interrupción ($F(1, 9)=19.374, p<.05$), pero no interacción con grupo ($F(1, 9)=1.4873, p>.05$) fue encontrado para la fracción de Weber.

Tabla 1. La tabla muestra los índices de estimación temporal para ambos grupos y con y sin interrupciones.

		Pausa		Reinicio	
		<i>sin interrupción</i>	<i>con interrupción</i>	<i>sin interrupción</i>	<i>con interrupción</i>
Puntos de bisección	<i>Promedio</i>	7.14 \pm 0.24	8.72 \pm 1.18	9.01 \pm 0.38	11.49 \pm 1.27
Limen diferencial	<i>Promedio</i>	2.21 \pm 0.58	7.06 \pm 1.46	3.28 \pm 0.39	7.31 \pm 0.50
Fracción de Weber	<i>Promedio</i>	0.30 \pm 0.69	0.82 \pm 0.15	0.36 \pm 0.03	0.65 \pm 0.05
Ajuste de R ²	<i>Promedio</i>	0.93 \pm 0.02	0.82 \pm 0.03	0.89 \pm 0.04	0.83 \pm 0.04

Esta ausencia de interacción entre interrupción y grupo plantea la posibilidad de que el entrenamiento con interrupciones durante la ejecución en IF no fue transferido al procedimiento de bisección y/o que la interrupción no fue tan saliente. Con el objetivo de obtener alguna información sobre este punto, se realizó un seguimiento en el cual un grupo control sin experiencia en IF y sin experiencia con interrupciones fue sometido al procedimiento de bisección con interrupciones. Además de la inclusión de este grupo control, se exploró la posibilidad de que duraciones estándar más pequeñas (2s, 8s, por ejemplo) hicieran más saliente la interrupción y ésta provocara efectos más notables en la proporción de respuestas a largo.

EXPERIMENTO 2

Con base en los resultados anteriores se realizó una modificación al experimento, el cual fue igual al anterior descrito, con la única diferencia de que se cambiaron las duraciones entrenadas (2s era considerado como corto y 8s era considerado como larga); esto como ya se mencionó anteriormente tenía la finalidad de hacer más saliente la interrupción durante los ensayos.

MÉTODO

Sujetos.

Este experimento se realizó con los mismos sujetos mencionados en el experimento 1, además de que se incorporó otro grupo de 4 ratas más con las mismas condiciones descritas en el experimento 1.

Aparatos.

Doce cajas de condicionamiento operante (Med-008-B1), descritas en el experimento 1.

Procedimiento

Al igual que en la fase anterior, la discriminación temporal entre las dos nuevas duraciones (2-8 s) se alternó diariamente con el de IF 30s. Cuando los animales aprendieron las nuevas duraciones estándar se procedió a la fase de generalización en la cual los valores intermedios tenían duraciones de: 2.52, 3.17, 4, 5.04, 6.35s. Al igual que en la fase anterior, se obtuvieron

dos curvas psicofísicas para cada sujeto, una sin interrupciones y una con interrupciones. Otros detalles experimentales fueron idénticos a la fase anterior.

Finalmente se entrenó a otro grupo de ratas en el procedimiento de bisección temporal anteriormente descrito con las duraciones de 2s a 8s. Esto con la finalidad de evaluar el desempeño de los sujetos ante interrupciones en el programa de bisección sin que hubiesen tenido una experiencia previa ante interrupciones en el estímulo y sin haber aprendido ninguna de las dos estrategias de estimación temporal: pausa o reinicio. Una vez aprendido las duraciones base (2-8s) se procedió a la fase de generalización con los valores intermedios de: 2.52, 3.17, 4, 5.04, 6.35s y al mismo tiempo la evaluación que consistió en agregar interrupciones de 2s a todas las duraciones y a la mitad de las mismas para ver cómo respondían los sujetos, los cuales no habían tenido previo entrenamiento en ninguna de las estrategias temporales que los otros grupos habían aprendido. Las interrupciones eran iguales a las descritas en el experimento anterior.

Resultados y discusión.

La tabla 2 muestra el punto de bisección, limen diferencial, fracción de Weber y el coeficiente de correlación para los tres grupos en el procedimiento de bisección sin interrupciones.

Tabla 2. Índices de estimación temporal para los grupos pausa, reinicio y control sin interrupciones.

	Pausa	Reinicio	Control
Punto de bisección	4,25± 0,06	5,09± 0,58	4,34± 0,62
Limen diferencial	0,81± 0,12	1,13± 0,18	1,00± 0,244
Fracción de Weber	0,18± 0,02	0,22± 0,03	0,22± 0,01
Ajuste de R ²	0,98± 0,06	0,96± 0,09	0,96± 0,02

En la figura 7 podemos observar que los datos promedio de todos los días que fueron evaluados son bien descritos por una función logística de tres parámetros. El punto de bisección para el grupo pausa, el grupo reinicio y grupo control fue muy similar (4s); dichos valores son muy aproximados al valor que normalmente obtendríamos calculando la media geométrica para las duraciones 2-8s en este caso tiene un valor de 4s (Church y Deluty, 1977; Galtres y Kirkpatrick, 2010; Orduna, Hong, y Bouzas, 2007)

Bisección 2-8s sin interrupciones para los grupos pausa, reinicio y control

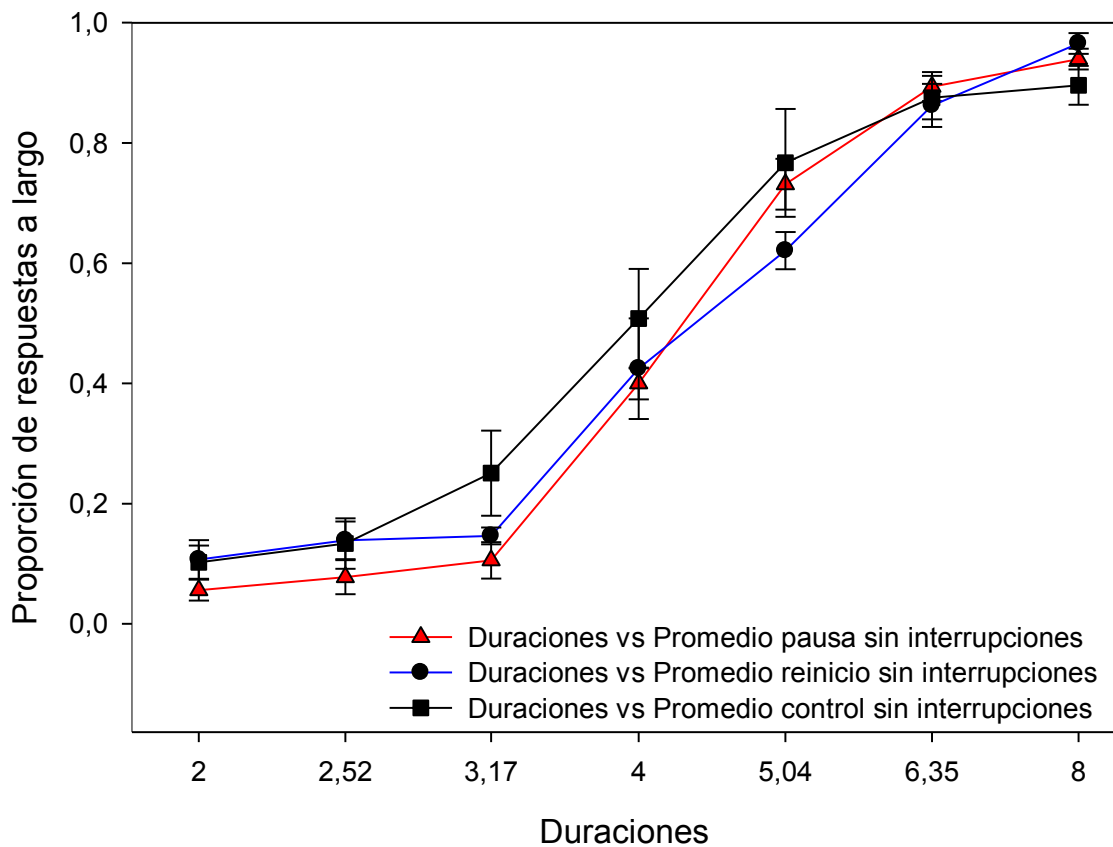


Figura 7. Promedio grupal \pm (EEM) de la proporción de respuestas a largo para las diferentes duraciones del estímulo durante los ensayos de bisección temporal. Los triángulos representan el grupo pausa, los círculos representan el grupo reinicio y los cuadrados representan al grupo control.

Al realizar las interrupciones en el procedimiento (figura 8) se observa que la proporción de respuestas a largo a) disminuye para todos los grupos para las duraciones 5.04, 6.35 y 8 segundos, b) no presentan cambio significativo alrededor del punto de bisección, y c) incrementa para las duraciones más pequeñas (2, 2.52 y 3.17 segundos). El primer resultado es consistente con la estrategia de reinicio, el segundo con la de detención, y el tercero con la de una estrategia que refleja que el sujeto continuó con la estimación temporal sin importar la interrupción. Sin embargo, el análisis de los tres resultados en conjunto nos indica pérdida de control temporal. El análisis de varianza que fue realizado sobre la proporción de respuestas a largo, con grupo como factor entre sujetos, y duración y presencia o ausencia de interrupción como factores intra sujeto indicó que la interacción entre el factor interrupción y el factor duración fue significativa ($F(6, 66)=46.99, p<.05$): mientras que para las duraciones pequeñas la interrupción provocó un aumento significativo en la proporción de respuestas a largo, para las duraciones grandes el efecto fue el contrario.

Bisección temporal 2-8s con interrupciones

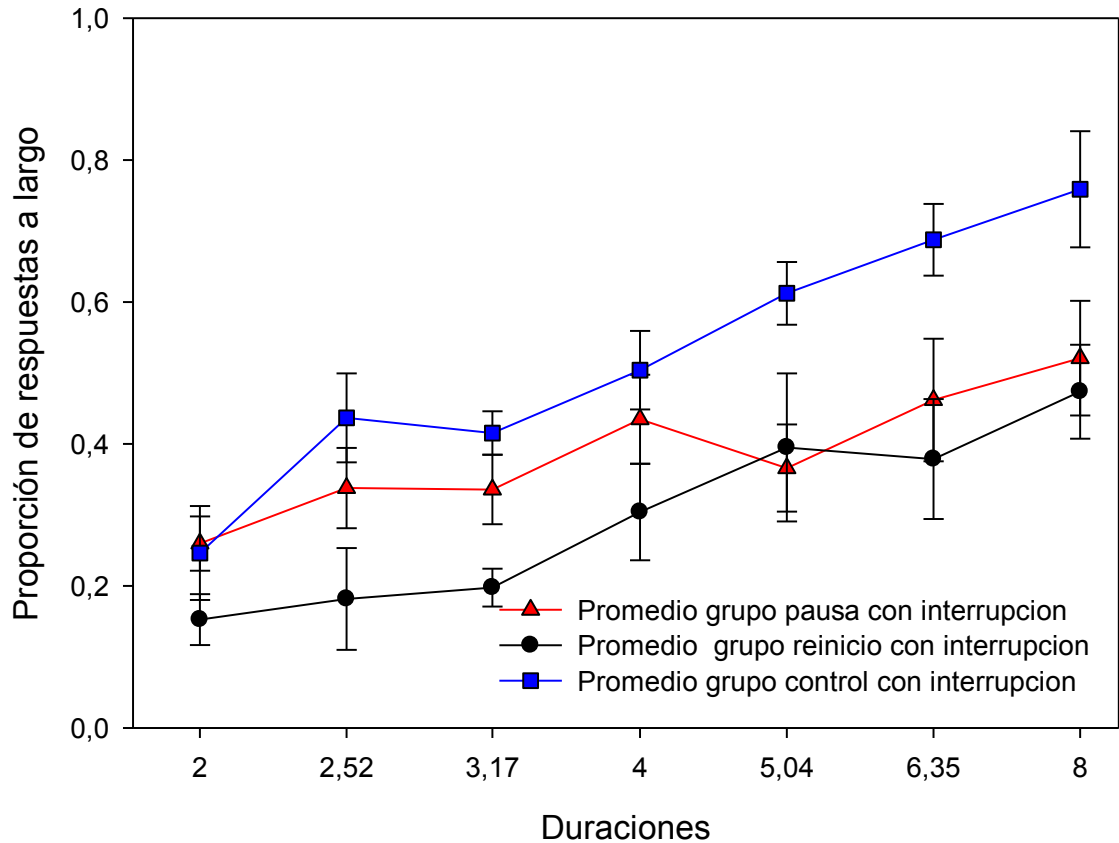


Figura 8. Promedio grupal \pm (EEM) de la proporción de respuestas a largo para las diferentes duraciones del estímulo durante los ensayos de bisección temporal. Los triángulos representan al grupo pausa, los círculos representan al grupo reinicio y los cuadrados al grupo control.

Al realizar el análisis de la interacción entre grupo, interrupción y duración, se encontró que para ninguna duración con interrupción existieron diferencias entre grupos en la proporción de respuestas a largo. Estos datos sugieren que el efecto principal significativo del factor interrupción está relacionado con pérdida del control temporal. Este efecto no significativo se mantuvo incluso en las comparaciones planeadas que involucraron la comparación del grupo control vs. los dos grupos experimentales. Además, el hecho de que para la mayoría de los sujetos en los grupos detención y reinicio

incluso en las duraciones más largas la proporción de respuestas a largo fue menor a 0.5, hizo imposible que una función logística describiera los datos, por lo que los análisis del punto de bisección, limen diferencial y coeficiente de determinación fueron imposibles de llevar a cabo.

DISCUSIÓN GENERAL

En anteriores experimentos llevados a cabo en el laboratorio (Orduña y Bouzas, 2011), se ha demostrado que la estrategia de estimación temporal que las ratas emplean en el procedimiento de pico cuando son sometidas a interrupciones en el estímulo discriminativo que señala el intervalo a estimar depende del entrenamiento al que han sido sometidas, es decir, ante las mismas circunstancias de prueba independientemente de las características físicas de los estímulos discriminativos las ratas pueden ser entrenadas a reiniciar o a pausar. Además, un organismo puede ser entrenado a reiniciar ante la interrupción de un estímulo y a pausar ante una interrupción de otro estímulo, es decir, la estrategia puede ser sometida a control discriminativo. Con el propósito de evaluar el grado en que el aprendizaje de dicha estrategia puede ser transferido a un procedimiento diferente, en la presente tesis se evaluó la posibilidad de que el aprendizaje de la estrategia en un procedimiento de estimación temporal inmediata, intervalo fijo fuera transferido a un procedimiento de estimación temporal retrospectiva: bisección temporal.

La hipótesis principal del experimento consistía en que el entrenamiento diferencial con interrupciones al que fueron sometidos los grupos durante el entrenamiento en Intervalo fijo determinaría el desfase en las curvas de bisección con interrupción respecto a las curvas sin interrupción. Por ejemplo, si en un ensayo en particular la duración del estímulo fue de 8s, entonces el estímulo estuvo presente 4s, después la interrupción de 2s y finalmente reapareció el estímulo por 4s más. Para los sujetos del grupo pausa se esperaría que durante las interrupciones no existiera pérdida de la duración previa, por lo que el estímulo debería ser tratado como 8s, y por lo tanto no debería haber ningún desfase entre las curvas de bisección con y sin interrupciones. Por el contrario, para los sujetos del grupo reinicio, el estímulo de 8s con interrupción debería ser considerado como un estímulo de 4s, pues el entrenamiento al que fueron sometidos implicaba no tomar en cuenta la información previa a las interrupciones. Extendiendo este argumento a cada una de las duraciones de prueba, se esperaría un desfase entre las curvas de bisección sin y con interrupciones.

Este efecto, sin embargo, no fue encontrado. Esto puede ser debido a que, como tal, los sujetos nunca habían sido entrenados en un programa de bisección temporal con interrupciones. Los sujetos aprendieron que trabajando bajo el programa IF30 podrían

presentarse interrupciones; si dichas interrupciones son algo nuevo en un programa de bisección temporal en el cual nunca antes habían estado presentes pueden resultar en distractores en el proceso de estimación temporal, lo cual se vería reflejado en una pérdida de control temporal independiente de la estrategia bajo la cual hayan sido entrenados. Es importante mencionar que en otros estudios las interrupciones ya habían sido experimentadas durante el entrenamiento y no en la fase de evaluación. En el caso de bisección temporal nunca antes habían estado presentes las interrupciones durante el entrenamiento; durante la evaluación fue que experimentaron dichas interrupciones en el procedimiento de bisección, lo cual pudo tener un efecto distractor.

Adicional al efecto distractor de las interrupciones en el procedimiento de bisección temporal puede que no haya existido una transferencia de la estrategia de estimación temporal entre una tarea de estimación temporal inmediata a una tarea de estimación temporal retrospectiva. Para entender este argumento es necesario considerar que los elementos comunes entre ambas tareas son muy pocos ya que cuando un sujeto trabaja en una tarea de estimación temporal inmediata el juicio que hace para emitir su respuesta es momento a momento según transcurre el tiempo, es decir, está realizando un juicio (o una comparación) de manera constante hasta obtener el reforzador; en cambio en una tarea de estimación temporal retrospectiva como lo es el procedimiento de bisección temporal, el juicio se hace hasta que el evento ha concluido. En este punto el sujeto cuenta con todos los elementos suficientes para hacer una comparación entre el estímulo que le fue presentado y el valor extraído de memoria de referencia; este argumento hace más evidente que para diferentes tipos de tareas los elementos para juzgar el momento adecuado de la respuesta cambian. Siendo así es posible pensar que adicional o como consecuencia de las interrupciones como distractores no se hubiese presentado la transferencia de estrategias debido a que los elementos para decidir en cada una de las tareas son distintos.

Otro aspecto a considerar es que aunque las ratas del grupo pausa fueron entrenadas en el intervalo fijo a conservar la información temporal previa a la interrupción, es importante reconocer que el procedimiento de bisección temporal tiene asociado un entrenamiento implícito adicional: los intervalos entre ensayos están de alguna manera asociados con la estrategia de reinicio, pues cuando estos se presentan durante el (largo)

entrenamiento, la información temporal acumulada en memoria de referencia se vuelve irrelevante, es decir, mientras las ratas estuvieron en la fase de entrenamiento (que tuvo una duración prolongada) se les enseñó que cuando se presentaba el intervalo entre ensayos el tiempo en memoria era irrelevante, lo cual pudo tener algún impacto en la pérdida de control temporal presentada por los sujetos. Los datos aquí presentados indican que este entrenamiento implícito fue más importante para la ejecución con interrupciones que el entrenamiento explícito presentado durante la ejecución en intervalo fijo. Este hecho realza la importancia de permitir que los sujetos distingan los intervalos entre ensayos del procedimiento de bisección (que favorecen la estrategia de reinicio) de las interrupciones durante el estímulo muestra (que deberían reflejar los efectos del entrenamiento diferencial). En el experimento aquí reportado, la única diferencia entre estos dos eventos era la presencia de la luz general durante las interrupciones.

Otro aspecto que pudo haber complicado la transferencia entre procedimientos fue la duración de las interrupciones. Durante el entrenamiento con interrupciones en el programa de intervalo fijo, éstas duraban 9 segundos, mientras que las interrupciones en el procedimiento de bisección temporal duraban solamente 2 segundos. Futuros experimentos tendrán que aportar información sobre la posibilidad de que la misma duración de la interrupción en ambos procedimientos facilite la transferencia de estrategia entre ellos.

En conclusión, los resultados de la presente tesis son compatibles con dos diferentes escenarios: por un lado, existe la posibilidad de que la estrategia de estimación temporal ante interrupciones no es transferible de un procedimiento de estimación temporal inmediata a uno de estimación temporal retrospectiva. Por otro lado, existe también la posibilidad de que en el experimento aquí reportado, de manera particular, no se dio dicha transferencia. Antes de aceptar la primera posibilidad, parece necesario llevar a cabo otros experimentos en donde se analice el impacto de algunas variables potencialmente relacionadas con la falta de transferencia reportada en el presente experimento. Algunas de éstas variables podrían ser: a) el grado de aprendizaje de la estrategia de detención o reinicio; esto podría ser evaluado aumentando la duración de la fase de entrenamiento con interrupciones en el procedimiento de intervalo fijo. b) la semejanza entre la duración de la interrupción durante el entrenamiento de la estrategia de detención o reinicio, y la duración de la interrupción en la

fase de evaluación. En el experimento aquí reportado la duración de la interrupción durante el entrenamiento en intervalo fijo fue de 9 segundos, mientras que en la fase de evaluación en el procedimiento de bisección, la interrupción duró solamente 2 segundos. Para evaluar esta posibilidad se podría realizar un experimento similar al de la presente tesis, en el que las duraciones estándar en bisección fueran mucho mayores a las aquí empleadas, por ejemplo 10 vs 40 segundos, pero dicho experimento tendría los inconvenientes de que las sesiones fueran muy largas, con pocos ensayos y tener en cuenta como sería la duración de los intervalos entre ensayos (que tan diferentes a los intervalos a estimar). O bien, que la duración del IF no sea tan prolongada, es decir, bajar la duración del intervalo fijo de uno de 30 s a uno de 10 ó 15 s y conservar el valor de la interrupción en 2 s con el fin de evitar los problemas antes mencionados. Ante estas duraciones, las interrupciones de 9 segundos en la fase de generalización no implicarían grandes incrementos en la duración del estímulo muestra; c) la flexibilidad en el uso de las estrategias de detención y reinicio en el procedimiento de bisección; si bien los experimentos anteriores del laboratorio nos indican que existe flexibilidad en el aprendizaje de las estrategias de detención y reinicio en el procedimiento de pico con interrupciones, no tenemos datos acerca de la generalización de estos resultados a un procedimiento de bisección. Los presentes resultados plantean la necesidad de que antes de evaluar el grado de transferencia del procedimiento de intervalo fijo a bisección, se evalúe la flexibilidad de las estrategias de detención y reinicio en el procedimiento de bisección. En caso de que se replique la flexibilidad encontrada en el procedimiento de intervalo fijo y pico, entonces se podrá plantear una replicación del presente experimento con mayor conocimiento de las variables implicadas en la detención y reinicio en un procedimiento de bisección.

REFERENCIAS

- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(10), 755-765.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2006). Interval timing with gaps and distracters: evaluation of the ambiguity, switch, and time-sharing hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 32(3), 329-338.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2007). Effect of clozapine on interval timing and working memory for time in the peak-interval procedure with gaps. *Behavioural Processes*, 74, 159-167.
- Buhusi, C. V., Perera, D., & Meck, W. H. (2005). Memory for timing visual and auditory signals in albino and pigmented rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 31(1), 18-30.
- Buhusi, C. V., Sasaki, A., & Meck, W. H. (2002). Temporal integration as a function of signal and gap intensity in rats (*Rattus norvegicus*) and pigeons (*Columba livia*). *Journal of Comparative Psychology*, 116(4), 381-390.
- Cabeza de Vaca, S., Brown, B. L., & Hemmes, N. S. (1994). Internal clock and memory processes in animal timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20(2), 184-198.
- Catania, A. C. (1970). Reinforcement schedules and psychophysical judgments: A study of some temporal properties of behavior. In W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules* (pp. 1-42). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Chang, A., Czeisler, C. A., & Scheer, F. A. J. L. (2011). The Human circadian system adapts to prior photic history. *The Journal of Physiology*, 589(5), 1095-1102. doi: 10.1113/jphysiol.2010.201194
- Church, R. M., & Deluty, M. Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3(3), 216-228.
- Ferster, C. B., & Skinner, B. F. (1957). Fixed ratio *Schedules of Reinforcement* (pp. 39-132). New York: Appleton Century Crofts.
- Fortin, C., & Massé, N. (2000). Expecting a break in time estimation: Attentional time-sharing without concurrent processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(6), 1788-1796.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Reviews of Psychology*, 35, 1-36.
- Galtress, T., & Kirkpatrick, K. (2010). Reward magnitude effects on temporal discrimination. *Learning and Motivation*, 41(2), 108-124.
- Gibbon, J. (1991). Origins of scalar timing. *Learning and Motivation*, 22, 3-38.
- Hinton, S. C., & Meck, W. H. (1997). The 'internal clocks' of circadian an interval timing (*erratum*). *Endeavour*, 21(2), 82-87.
- Killeen, P. R., & Fetterman, J. G. (1988). A behavioral theory of timing. *Psychological Review*, 95(2), 274-295.
- Mauk, M. D., & Buonomano, D. V. (2004). The Neural Basis of Temporal Processing. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 307-340.
- Meck, W. H. (1996). Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognitive Brain Research*, 3, 227-242.
- Moore, R. Y., & Eichler, V. B. (1972). Loss of Circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat. *Brain Research*, 42(1), 201-206.
- Orduna, V., Hong, E., & Bouzas, A. (2007). Interval bisection in spontaneously hypertensive rats. *Behavioural Processes*, 74(1), 107-111.

- Orduña, V., & Bouzas, A. (2011). Learning to stop or reset the internal clock. *Behavioural Processes*, 88(3), 155-161.
- Pavlov, I. P. (1960). *Conditioned reflexes an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. New York: Dover.
- Roberts, S. (1981). Isolation of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 242-268.
- Roberts, S., & Church, R. M. (1978). Control of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 4, 318-337.
- Roberts, W. A., Cheng, K., & Cohen, J. S. (1989). Timing light and tone signals in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 15, 23-35.
- Shettleworth, S. J. (1998). *Cognition, Evolution, and Behavior*. New York: Oxford University Press.
- Zentall, T. R., & Kaiser, D. H. (2005). Interval timing with gaps: gap ambiguity as an alternative to temporal decay. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 31(4), 484-486.
- Zentall, T. R., Kaiser, D. H., & Neiman, E. (2002). Timing in Pigeons: Effects of the Similarity Between Intertrial Interval and Gap in a Timing Signal. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 28(4), 416-422.
- Zentall, T. R., Klein, E. D., & Singer, R. A. (2004). Evidence for detection of one duration sample and default responding to other duration samples by pigeons may result from an artifact of retention-test ambiguity. [Comparative Study Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, 30(2), 129-134. doi: 10.1037/0097-7403.30.2.129