

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

EFFECTO DE LAS INTERRUPCIONES EN LA ESTIMACIÓN DE INTERVALOS  
MÚLTIPLES

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

SARAHÍ REBECA GALLARDO PINEDA

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. JUDITH MARINA MENEZ DÍAZ

COMITÉ TUTORAL:

DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ

MTRA. PATRICIA ROMERO SÁNCHEZ

DR. OSCAR ZAMORA AREVALO

DR. JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ

TESIS APOYADA POR LOS PROYECTOS:

CONACYT 89231

DGAPA IN304211 Y DGAPA IN305412



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.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROPUESTA EXPERIMENTAL	22
3. MÉTODO	24
SUJETOS	
APARATOS	
PROCEDIMIENTO	
PRE ENTRENAMIENTO	
ENTRENAMIENTO INTERVALO FIJO	
ENTRENAMIENTO PROCEDIMIENTO PICO	
ENTRENAMIENTO PROCEDIMIENTO PICO CON INTERRUPCIONES	
4. RESULTADOS	27
5. DISCUSIÓN	39
6. REFERENCIAS	44

## **Efecto de las Interrupciones en la Estimación de Intervalos Múltiples**

### **RESUMEN**

Se exploró el efecto de la introducción de interrupciones en una tarea de estimación temporal múltiple para evaluar la independencia de los diferentes almacenes de memoria, con ratas Wistar de 4 meses de edad. Se utilizó el procedimiento de pico con gap, presentando tres intervalos fijos en lugar de uno solo, asociando cada uno de ellos a un operando y presentando una interrupción de seis segundos, a los 6 s de iniciado el intervalo. Los datos muestran desplazamientos en los tiempos pico para las tres duraciones reforzadas que no correspondieron al tamaño de la interrupción y un decremento en la precisión de la discriminación temporal; al parecer, se conformaron almacenes de memoria independientes. Estos resultados sugirieron que la combinación de los distintos almacenes de memoria no es la única estrategia utilizada por los animales para la estimación de intervalos múltiples. Los hallazgos resaltan la importancia de desarrollar un procedimiento apropiado para el estudio y explicación de la estimación temporal múltiple.

## Introducción

Los organismos son sensibles a cambios temporales en su ambiente y pueden ajustar su conducta a la ocurrencia periódica de diferentes eventos. El aprendizaje temporal se refiere a ese amplio rango de conductas que reflejan una sensibilidad aprendida al tiempo (duración) a partir de un marcador temporal (la presentación o ausencia de una luz o un sonido, la entrega de alimento, entre otros; Cheng, Spetch, & Miceli, 1996). Pero el ambiente puede proveer más de una clave temporal informativa con respecto a la presentación periódica de un mismo evento. Es incierto si los animales usan o no toda la información disponible cuando existen diferentes marcadores de manera simultánea y todos señalan la ocurrencia del mismo evento, es por ello que el estudio de la estimación temporal simultánea trata de dar respuesta a las preguntas de cómo se procesan y seleccionan las claves temporales útiles para la predicción de un evento importante.

A nivel teórico, se han formulado algunas explicaciones acerca del fenómeno de estimación temporal múltiple. Una postula que los animales son capaces de estimar, al mismo tiempo y a partir de la presentación de distintos marcadores temporales, la disponibilidad de un mismo reforzador (Church, et al., 2003; Guilhardi, et al., 2005). Es decir la combinación de las duraciones así aprendidas, permite predecir la ocurrencia del mismo evento (p. e., entrega de alimento). Cada duración aprendida a partir del encendido o apagado de un estímulo, forma un almacén en memoria de referencia. Estos almacenes de memoria pueden combinarse formando un criterio para la emisión de la respuesta correcta (Meck & Church, 1984; Olton, Wenk, Church, & Meck, 1987; Meck & Williams, 1997; Kirkpatrick & Church, 2000; Church, Guilhardi, MacInnis, & Kirkpatrick, 2003; MacInnis, 2007; MacInnis, Marshall, Freestone, & Church, 2009; Williams, Chubala, Mather, & Johns, 2009).

La noción de distintas memorias ha sido evaluada por algunos investigadores, quienes usando pichones (Cheng, & Roberts, 1989, 1991) o ratas (Swanton, Gooch, & Matell, 2009; Swanton, & Matell, 2011) presentaron simultáneamente, en una fase de prueba, las distintas duraciones presentadas por separado durante el entrenamiento previo. En general, en estos estudios se encuentra que los animales combinan los distintos intervalos de acuerdo con una regla de promedio y responden, entonces, a un valor intermedio a los entrenados.

La explicación que hace referencia a distintos almacenes de memoria fue derivada de la Teoría de Expectancia Escalar (SET; Church, 1984; Gibbon, 1977, 1990; Gibbon, & Church, 1984), que es un modelo de procesamiento de información que propone que la conducta de estimación se basa en comparar una duración actual con la representación de duraciones pasadas. El modelo está compuesto de tres módulos: reloj, memoria y decisión. El componente del reloj contiene un generador de pulsos, un switch y un acumulador. El switch está normalmente abierto, la presentación de una señal o marcador temporal que indica una duración, activa el cierre del switch, permitiendo así el paso de los pulsos emitidos por el generador al acumulador. Cuando el organismo emite una respuesta y recibe un reforzador, la señal finaliza, el switch se abre y los pulsos acumulados hasta ese momento son enviados a un almacén (memoria de referencia). Cuando este ciclo se repite en el siguiente intervalo, el tiempo transcurrido se almacena en una memoria de trabajo. El proceso de decisión determina si se da o no la respuesta, en cualquier intervalo experimentado, mediante una regla conocida como de comparación relativa: la respuesta se emite si la diferencia entre el tiempo almacenado en memoria de referencia y el tiempo actual almacenado en la memoria de trabajo, es menor que el valor de un umbral (ver Figura 1).

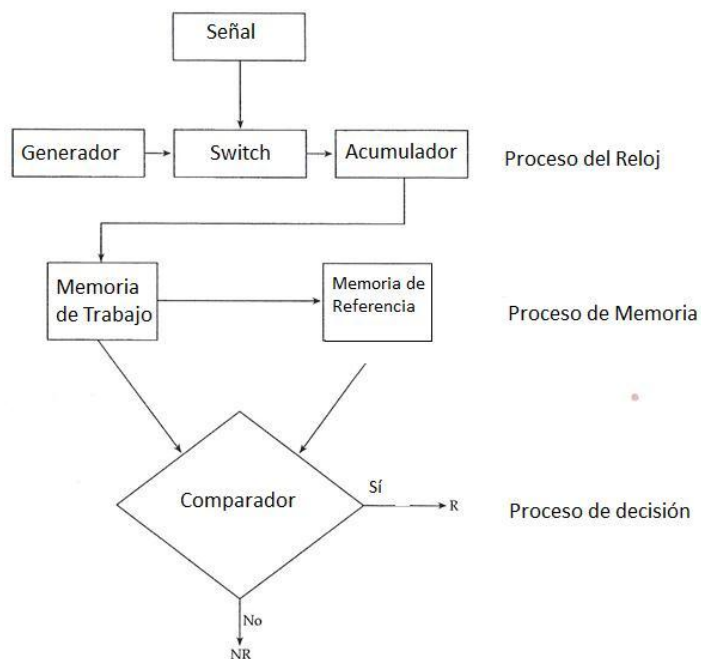


Figura 1. Modelo de Expectancia Escalar (Gibbon, 1991)

Ahora bien, ¿cómo explica este modelo la estimación temporal de intervalos múltiples? Si los organismos tienen que estimar diferentes duraciones, pueden usar un reloj y crear diferentes almacenes de memoria. La conformación de estas memorias se da a partir de las asociaciones entre uno de diferentes marcadores temporales (inicio o fin de un estímulo, la entrega de alimento) y alguna de las duraciones. La evidencia empírica derivada de esta explicación proviene del estudio realizado por Meck y Church en 1984, quienes trataron de probar si las ratas eran capaces de estimar simultáneamente distintas duraciones, y por tanto, si la Teoría de Expectancia Escalar desarrollada para la estimación de un solo intervalo también explicaría la estimación de diferentes duraciones.

Con ese fin estudiaron condiciones donde estuvieron presentes ambos estímulos, probando si las ratas son capaces de estimar dos duraciones señaladas al mismo tiempo con dos estímulos diferentes (visual y auditivo) y cuál es la regla de integración que utilizan para determinar su respuesta. Cada uno de los experimentos tuvo intervalos segmentados e intervalos completos, señalados con diferentes modalidades de estímulo.

En los experimentos el intervalo fue señalado por una luz mientras que los segmentos fueron señalados con un sonido. Los segmentos se presentaron de manera regular a lo largo de todo el intervalo. En el experimento 1, entrenaron a las ratas en un procedimiento de estimación temporal de ensayos discretos, en donde se encendía una luz y al ocurrir la primera respuesta después de transcurridos 50 s se entregaba alimento.

Después del entrenamiento, se agregó de manera aleatoria 1 s de ruido blanco en la mitad de los ensayos a los 0, 10, 20, 30 y 40 s de iniciado el ensayo. En éstos, segmentaban al intervalo de 50 s en cinco intervalos de 10 s cada uno. El propósito de introducir los segmentos de 1 s en los ensayos de 50 s señalados con una luz, fue determinar si las ratas estimaban segmentos de 10 s o un único intervalo de 50 s. Ambas señales proveían información temporal acerca de la ocurrencia del reforzador. La señal segmentada (sonido) señalaba que la comida no estaría disponible en 10 s, la luz indicaba que la comida estaría disponible transcurridos 50 s. Durante la fase de entrenamiento del intervalo fijo observaron un patrón de respuesta sigmoideo. Durante la segunda fase (intervalo fijo segmentado) hubo un incremento en la tasa de respuesta cuando estuvo presente la señal visual y un decremento en la tasa cuando estuvo presente la señal auditiva, aunque la tasa de repuesta incrementó conforme se acercaba

la entrega del reforzador (Figura 2). Concluyen que las ratas estimaron ambas duraciones: los segmentos con interrupción de 1 s y la duración del intervalo total de 50 s, porque cuando estuvieron presentes las señales asociadas a cada una de las duraciones, la tasa de respuesta cambió, pero el patrón sigmoïdal se mantuvo.

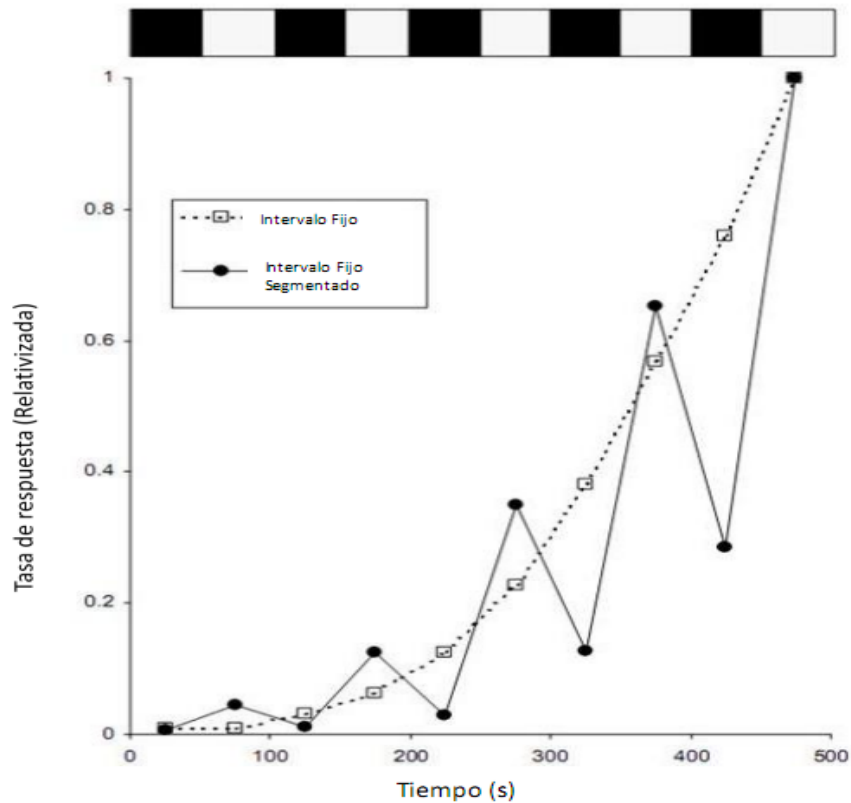


Figura 2. Tasa de respuesta relativa en función del tiempo desde la entrega del reforzador en intervalo fijo (cuadrados vacíos) e intervalo fijo segmentado (círculos llenos). El procedimiento de intervalo fijo segmentado está ilustrado en la parte superior de la figura: Los rectángulos negros indican el tiempo en el que estuvo presente el ruido blanco.

En el segundo experimento, repitieron las condiciones del experimento 1 pero agregaron un segmento más de ruido blanco durante el último segundo del ensayo para determinar el efecto de contingencia o asociación con la entrega de alimento. Concluyen que la discriminación temporal fue similar a la obtenida al experimento 1; es decir se observó que estimaron ambas duraciones: los segmentos con interrupción y la duración del intervalo total.



En los experimentos 2 a 5 evaluaron varias manipulaciones del procedimiento segmentado, observando los mismos patrones de respuesta. Estos resultados sugieren que el inicio del estímulo en intervalo fijo y el inicio del estímulo en los ensayos segmentados, sirven como estímulo discriminativo del tiempo en que estará disponible el reforzador. La ejecución de los animales en los ensayos segmentados demuestra que son capaces de estimar dos intervalos simultáneamente. La explicación de este hallazgo fue que los animales cuentan con dos relojes: uno activado por la entrega de reforzamiento y otro activado por el inicio del estímulo. Concluyen que la estimación temporal simultánea es resultado del procesamiento de la información proveniente de dos modalidades mediante reglas de integración de los estímulos.

La contribución de los experimentos de Meck y Church fue describir el problema de la estimación temporal de intervalos múltiples como un problema de procesamiento temporal simultáneo y explicarlo dentro de un modelo (SET). A partir del estudio de Meck y Church, se sugirió que el procesamiento temporal simultáneo puede estudiarse usando preparaciones experimentales especiales (tales como el procedimiento de huella y el de demora, manipulado la localización del reforzador en un ciclo o la duración del estímulo y la de los ciclos), debido a que estas preparaciones proveen más de una clave informativa con respecto a la entrega de reforzamiento. Es decir, postulan que el estudio de la contribución de cada uno de los diferentes marcadores temporales en este tipo de preparaciones, es fundamental para comprender la estimación temporal simultánea.

MacInnis (2007) llevó a cabo un estudio con procedimientos de demora y huella. En el caso del procedimiento de huella, un estímulo está presente durante un tiempo fijo y el reforzador es entregado al final de este intervalo; en el procedimiento de demora, un estímulo está presente durante un tiempo fijo y el reforzador es entregado transcurrido otro tiempo fijo a partir de la finalización del estímulo. Entrenó a 18 ratas: la mitad de los sujetos fueron entrenados en el procedimiento de demora y después experimentaron el procedimiento de huella; la otra mitad de los sujetos fue entrenada en el orden inverso. Se utilizó un estímulo (ruido blanco) y un reforzador. Cada ciclo consistió en 20 s de ruido blanco y 100 s sin ruido blanco. Los procedimientos manejaron tres marcadores temporales (encendido del estímulo, apagado del estímulo y la entrega de reforzamiento). El reforzador estuvo disponible al finalizar el estímulo para la mitad de los ciclos bajo el procedimiento de demora, mientras que bajo el procedimiento huella, el reforzador estuvo

disponible 10 s después de la terminación del estímulo. En el procedimiento de demora, el intervalo entre el inicio del estímulo y la entrega del reforzador fue de 20 s, el intervalo entre la finalización del estímulo y la entrega del reforzador fue 0 s y el intervalo entre reforzamiento fue de 120 s. Observaron que la tasa de respuesta incrementó cuando inició el estímulo, decrementó cuando éste finalizaba y hubo un pequeño incremento en la tasa de respuesta en los últimos 60 s del ciclo entre reforzadores. El procedimiento de huella también contó con tres marcadores temporales (encendido del estímulo, apagado del estímulo y reforzador). El intervalo entre el inicio del estímulo y la entrega del reforzador fue de 30 s, el intervalo entre la finalización del estímulo y la entrega de reforzador fue de 10 s y el intervalo entre reforzamiento fue de 120 s (Figura 3). Con esta preparación, se observó un incremento en la tasa de respuesta desde el inicio del estímulo hasta su finalización; la pendiente del patrón de respuesta fue más plana en comparación con el patrón de respuesta obtenido en el procedimiento de demora, sin embargo, también se observó un ligero incremento en la tasa de respuesta en los últimos 60 s del ciclo entre reforzadores.

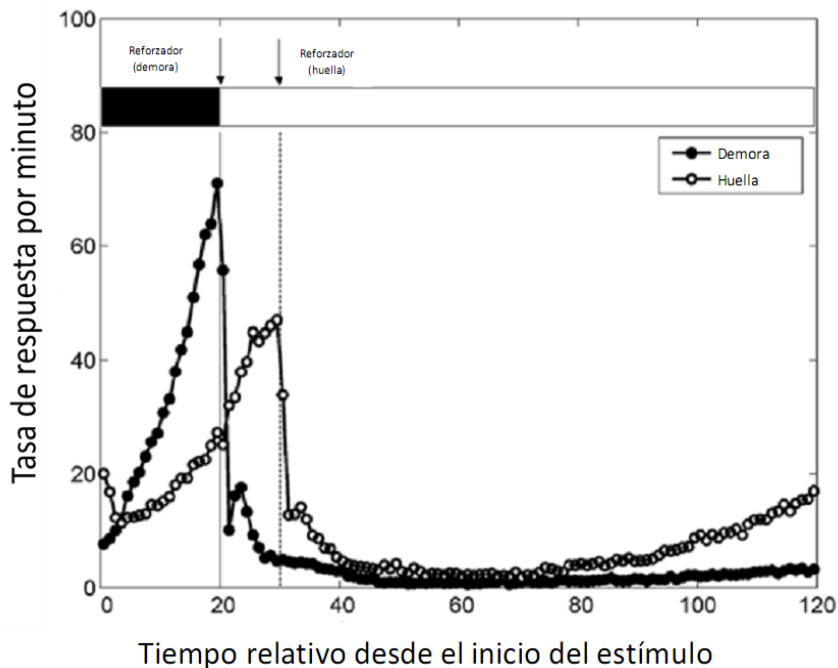


Figura 3. Tasa de respuesta en función del tiempo desde el inicio del estímulo bajo los procedimientos de demora y huella. Estos se muestran en la parte superior de la figura (Church et al., 2003).

Las distintas pendientes obtenidas en el patrón de respuesta sugieren que los animales utilizan toda la información provista por los diferentes marcadores temporales y que toman en cuenta más de una duración para determinar la respuesta, no únicamente el intervalo entre reforzadores. Adicionalmente, encontraron que la caída de la tasa de respuesta al inicio del ciclo para el procedimiento de huella es similar a la caída observada en el experimento de Meck y Church (1984; Figura 2), cuando se introdujeron los estímulos que segmentaban el intervalo, lo que fortalece las suposiciones de estos autores.

Siguiendo la hipótesis de que la estimación temporal se da simultáneamente pero no necesariamente combinando los distintos almacenes de memoria, Leak y Gibbon (1995; Experimento 1), propusieron que el procesamiento temporal de más de un intervalo sigue las mismas reglas que el de un intervalo. Deducen que si esta suposición es correcta, deberían observar que se cumple la propiedad escalar (la relación lineal entre la media y la desviación estándar de los estimados de tiempo). Otro de sus objetivos fue determinar el efecto de la distancia (relativa vs absoluta) entre las diferentes duraciones en una tarea de estimación temporal múltiple: según ellos, será más fácil observar picos múltiples en el patrón de respuesta, cuando más alejadas están las duraciones entrenadas. Su experimento consistió en la presentación, a 6 pichones, de tres intervalos fijos con duraciones de 15 s, 50 s y 120 s. El procedimiento constó de dos fases: en la primera fase (sesiones 1-33), se presentaban a los sujetos en la misma sesión, 12 ensayos IF cortos (15 s), 12 ensayos intermedios (50 s) y 12 ensayos largos (120 s). Cada intervalo terminaba con la entrega de reforzador y comenzaba el siguiente inmediatamente. Los ensayos fueron presentados en un orden aleatorio, con la excepción del primer intervalo, que siempre fue de 15 s. Todos los intervalos estuvieron asociados a una sola tecla de respuesta que se iluminaba con una luz blanca para indicar el inicio del intervalo; esta permanecía encendida durante todo el intervalo.

En la segunda fase (sesiones 34-64), se seleccionó aleatoriamente a 3 aves, a las que se les presentó la condición anterior, con la excepción de que el intervalo intermedio (50 s) fue señalado por una luz roja en la tecla de respuesta. El resto de los sujetos estuvieron bajo la condición de la primera fase, excepto que el intervalo largo (120 s) fue el señalado por la luz roja en la tecla de respuesta. Los dos intervalos restantes, eran señalados por la luz blanca, en ambos grupos.

Las funciones de respuesta para el intervalo de 120 s, en la primera fase, permiten evaluar la estimación de las otras dos duraciones entrenadas, por lo que son las que se reportan. En este caso, encontraron un pico a los 15 s, seguido de un decremento y una función de respuesta plana el resto del ensayo.

En la segunda fase en el intervalo intermedio (50 s) señalado de manera diferencial (luz roja), no se observó un pico a los 15 s como en la fase anterior, sólo se observó un pico a los 50 s. Pero, en los ensayos de 120 s con luz blanca, se observó que se estimaron de manera simultánea los intervalos 15 s y 120 s ya que obtuvieron dos picos en el patrón de respuesta: un pico a los 15 s y otro a los 120 s.

Cuando el intervalo largo (120 s) fue señalado de manera diferencial por la luz roja, no se observó un pico en la función de respuesta a los 15 s, sino que la función de respuesta incrementó gradualmente hacia los 120 s. Pero en los ensayos de 50 s con luz blanca, se observaron dos picos en el patrón de respuesta: uno a los 15 s y el otro a los 50 s, como si hubiesen sido estimados de manera simultánea.

Este procedimiento permitió la observación de la estimación temporal simultánea cuando no hubo señalamiento diferencial de las duraciones pero no cuando sí la hubo (señalización de 50 s, por ejemplo). Esto parece sugerir que los animales toman en cuenta la información provista por los diferentes marcadores temporales cuando está disponible.

Como se indicó, en la fase 1 no se observaron picos múltiples en el patrón de respuesta y los autores argumentaron que podría ser efecto de la distancia entre las duraciones (una razón 3.3 de 50 s a 15 s y de 2.4, de 120 s a 50 s), pues sólo se observó un pico en el patrón de respuesta alrededor de los 15 s. De acuerdo con los autores, la distancia relativa entre las duraciones fue muy pequeña para permitir la observación de más de un pico.

De esta manera se hace evidente que los marcadores temporales pueden jugar un papel fundamental en la estimación temporal simultánea; por ejemplo, cuando los diferentes intervalos son señalados con el mismo estímulo, la discriminación de las

duraciones es más difícil y a eso se puede sumar el efecto de la distancia relativa entre las duraciones. Esta afirmación pudo ser evaluada en la fase dos, donde una de las tres duraciones fue señalada con una luz roja (50 s o 120 s). Se observó que los pichones estimaban de manera independiente el intervalo señalado con la luz roja mientras que estimaban simultáneamente cualquiera de las combinaciones señaladas con el mismo marcador temporal (luz blanca) (figura 4).

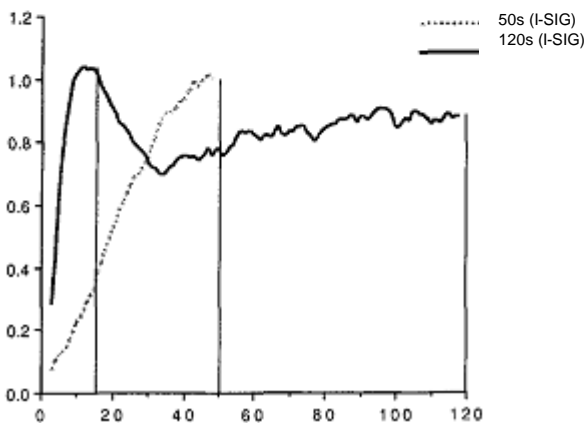
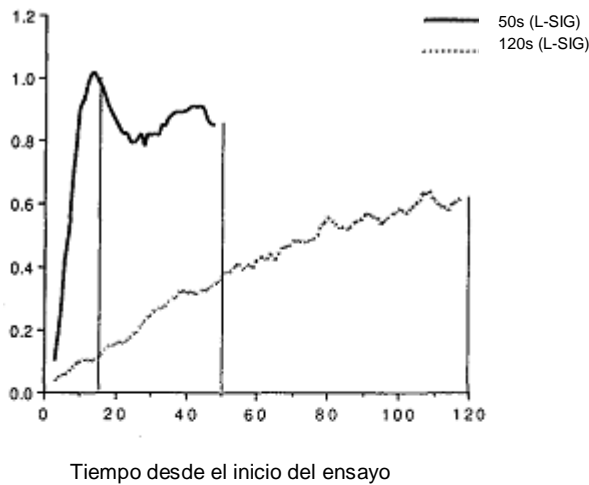


Figura 5. Tasa de respuesta promedio en la segunda fase. La gráfica superior muestra cuando el intervalo 120s fue señalado diferencialmente para la mitad de las aves. Los intervalos 15 s y 50 s fueron estimados simultáneamente. En la gráfica inferior, el intervalo 50 s fue señalado diferencialmente para el resto de las aves. Los intervalos restantes fueron estimados simultáneamente. (SIG=Señal.)

Por otra parte, Whitaker, Lowe y Wearden (2001) realizaron un experimento cuyo objetivo fue evaluar la estimación temporal en programas de intervalo fijo entremezclado, en el que las duraciones se entrenan de manera secuencial. En la primera fase, se entrenaron 4 ratas en una duración de 240 s señalada por una luz (29 a 32 sesiones); la

siguiente fase consistió de un intervalo fijo 30 s señalado con la misma luz (28 a 29 sesiones); en la fase de prueba se presentaron los intervalos entremezclados (50-53 sesiones) y se regresó a la condición de los intervalos presentados de manera independiente (programas de intervalo fijo 240 s y 30 s, 32-34 sesiones) y, finalmente en la última fase del experimento, se presentó de nuevo el intervalo 30 s (23-26 sesiones).

Los resultados indican que en la condición con los intervalos mezclados, cuando las ratas tenían que estimar la duración de 240 s, mostraron dos picos en la función de respuesta: uno cercano a los 30 s y otro a los 240 s. Sus experimentos demostraron que los animales son capaces de estimar diferentes intervalos de tiempo con un mismo marcador temporal y con un entrenamiento secuencial pero con criterios de respuesta separados, es decir, los criterios se formaron cuando cada una de las duraciones fue reforzada de manera independiente y se manifiestan en los dos picos de respuesta observados en la ejecución correspondiente al intervalo más largo.

Hasta ahora se ha demostrado que el uso de diferentes marcadores temporales y el entrenamiento afecta la estimación temporal de intervalos múltiples: al parecer, la discriminación de las distintas duraciones depende de estas condiciones. A continuación se describirán hallazgos que parecen indicar que pudiera existir una regla de combinación de los diferentes almacenes de memoria.

En un experimento de Cheng y Roberts (1989) se evaluó la estimación temporal en una preparación que presentó dos intervalos secuencialmente y un solo criterio de respuesta. A diferencia de los otros estudios aquí reportados, la utilización de eventos multimodales en uno de sus experimentos llevó al hallazgo del promediamento de las dos duraciones señaladas con diferentes estímulos. Cheng y Roberts entrenaron a un grupo de pichones a estimar un evento multimodal de 30 s; el evento consistió en la presentación de una duración fija de un tono o una luz (9 s), nunca reforzada, seguida de otra duración fija (21 s), señalada por el otro estímulo, que siempre fue reforzada.

En el experimento 1, después de entrenar a dos grupos de pichones de la manera ya indicada, presentaron una fase de prueba con ensayos pico de duración fija 90 s, los cuales terminaban sin reforzamiento. En estos ensayos, la duración de la primera señal fue de 3, 9 o 15 s, mientras que la segunda señal permanecía lo que restaba del ensayo

(i.e., 87, 81 o 75 s). La variación de la tasa de respuesta y el tiempo pico les permitió determinar cómo fue la estimación del evento multimodal (luz-tono). Una pendiente de 1 para la relación entre el tiempo de la tasa de respuesta pico y la duración de la primera señal indicaría que las aves estimaron solamente la segunda señal; una pendiente de 0, con la tasa de respuesta alcanzando el máximo alrededor de los 30 s indicaría que las aves estiman un evento complejo de 30 s, cuya naturaleza cambia a la mitad del evento. Una pendiente de valor intermedio indicaría un compromiso entre las dos estrategias mencionadas (Cheng, & Roberts, 1989). La pendiente de los datos ajustados fue de 1, con una ordenada de 22.36, indicando que las aves no estuvieron estimando el evento multimodal. Concluyen que el estímulo que está más cercano a la entrega del reforzador será predominante sobre el otro e, incluso, sobre la naturaleza de las señales.

En el experimento 2, evalúan si, con entrenamiento adecuado, los pichones pueden estimar un evento complejo de 30 s de duración. Para ello, exponen a las aves a una señal de 9 s, seguida de otra señal de 21 s, y a la combinación contraria (21 s – 9 s), contrabalanceando los estímulos asociados a estas duraciones (luz o tono). Probaron en ensayos pico de 90 s, en los que la duración de la primera señal varió entre 3, 9, 15, 21 o 27 s. Utilizaron los mismos sujetos del experimento 1. Los animales fueron entrenados durante dos sesiones a ensayos de 21 s señalados por una señal en una modalidad, seguida de 9 s de una señal con diferente modalidad. Después fueron entrenados tres días con los dos eventos multimodales (21-9 s y 9-21 s). La mitad de los ensayos inició con el evento 9-21 s y la otra mitad con 21-9 s, todos presentados de manera aleatoria (estos ensayos fueron llamados de entrenamiento). Esta fase estuvo vigente durante 5 sesiones.

La fase 1 (con duración de 22 sesiones) consistió en los mismos ensayos multimodales más 12 ensayos prueba. En la mitad de las sesiones, los ensayos prueba consistieron en 9 s de la primera señal seguidos de 81 s señalados por otra modalidad. Y la otra mitad de los ensayos consistió en 21 s de la primera señal y 69 s señalados por la segunda señal. Se analizaron las últimas dos sesiones de cada condición.

En la fase 2 todos los ensayos prueba fueron de 21 s señalados por la primera señal y 69 s de la segunda señal. Esta fase duró 5 sesiones. La fase 3 fue exactamente igual a la fase 1 y estuvo vigente 5 sesiones. Finalmente en la fase 4 los animales fueron

probados en 30 sesiones con 5 tipos de ensayos prueba. Todos los ensayos multimodales (tono-luz o viceversa) tuvieron una duración de 90 s, pero la duración de la primera señal variaba. Podía ser 3, 9, 15, 21 o 27 s. En cada sesión sólo se usó una condición que cambiaba cada 5 sesiones. Los ensayos fueron presentados en bloques de 8 ensayos, dos ensayos de prueba, precedidos por lo menos por dos ensayos de entrenamiento. Los ensayos de entrenamiento comenzaban con 9 o 21 s señalados por luz (o tono). El orden de presentación de éstos durante el entrenamiento y la prueba fue el mismo para todas las aves.

Los datos se analizaron de la misma manera que los datos del experimento 1. Los resultados mostraron dos animales comportándose como en el experimento 1: estimando únicamente la segunda señal mientras que de los restantes tres sujetos, uno mostró un patrón de respuesta con un solo pico y dos aves mostrando dos picos, determinados por la duración de la primera señal y con pendiente menor a 1. La interpretación de este resultado, de acuerdo con los autores, fue que los pichones utilizaron un solo reloj para estimar, pero promediaron dos almacenes de memoria de referencia para obtener un solo criterio de respuesta en los ensayos de prueba o pico: una duración en memoria de referencia correspondiente a la duración de la segunda señal y otra correspondiente a la duración del evento multimodal de 30 s. Para explicar estos resultados en el marco de la teoría SET, asumen que hay un solo reloj y una sola memoria, pero que ésta es sensible a la modalidad de la señal, la cual determina el criterio de respuesta. El cambio entre la modalidad de las señales afecta la memoria porque los tiempos pico cambian, sin embargo no explican cómo es que el reloj distingue los cambios de las señales. Es importante remarcar que la asociación de las diferentes señales con las duraciones entrenadas, predicen el mismo evento (entrega de reforzamiento a los 30 s). Esto podría sugerir que el hallazgo de promedio de las duraciones depende de la naturaleza del entrenamiento y del número de duraciones reforzadas.

Otro de los estudios que ha reportado el promedio como proceso en la estimación de intervalos múltiples fue el realizado por Swanton, Gooch, y Mattell (2009). Su objetivo fue evaluar la respuesta de los animales a estímulos compuestos. Se les presentó una señal indicando que el reforzamiento estaría disponible después de una demora corta, y otra señal indicando que el reforzamiento estaría disponible después de una demora larga y después se les probó en ensayos con señales únicas o compuestas. En estos últimos



tipos de ensayo los sujetos podían responder de distintas maneras: por ejemplo, a ambas duraciones, respondiendo primero al tiempo más corto y, al no recibir reforzador, deberían continuar respondiendo hasta alcanzar la duración mayor y, consecuentemente, recibir el reforzador programado.

Otra alternativa es que el animal responda a cualquiera de las dos duraciones, ya sea a la corta o a la larga, pero no a ambas. Esta suposición se basa en trabajos anteriores en donde se reporta que la selección de juicios en memoria temporal, al inicio del ensayo, se basa en la probabilidad del estímulo o en claves de predictibilidad (Meck, & Church, 1984) y en otros trabajos en los que la conducta está controlada por la distancia temporal al reforzador (Fairhust, Gallistel, & Gibbon, 2003). Una tercera alternativa puede ser que los animales combinen la información, y respondan al promedio de las dos duraciones. Esta alternativa se derivó de trabajos en memoria espacial, temporal, espacio-temporal y de intervalos circadianos que muestran que los pichones promedian los tiempos entrenados (Cheng, 1989; Cheng, & Roberts, 1991; Cheng, Spetch, & Miceli, 1996; Fairhust, Gibbon, & Goldberg, 1997).

El experimento de Swanton, Mattell y Gooch (2009) en el que evalúan estas posibilidades, estuvo dividido en tres fases: en la primera se entrenó a los ratas en programas de intervalo fijo; en la segunda fase se introdujo el procedimiento de pico, el cual consiste en una mezcla de ensayos en intervalo fijo reforzados y ensayos extendidos no reforzados; en una tercera fase se introdujo un procedimiento de pico con ensayos compuestos (ambas señales presentes). En el entrenamiento de intervalos fijos, se presentó de manera aleatoria un intervalo corto (10 s) señalado por un tono de 4 kHz o una luz o bien un ensayo largo (20 s) señalado por un tono de 4 kHz o una luz. Estos ensayos estuvieron contrabalanceados. La primera introducción del hocico dentro de la apertura del comedero, después de transcurrida la duración, era reforzado y finalizaba el ensayo. Enseguida se presentaba un intervalo entre ensayos distribuido uniformemente entre 30 y 70 s. En la segunda fase del experimento se agregaron ensayos pico, presentados de la misma forma que los intervalos fijos, sólo que fueron ensayos sin reforzamiento y con una duración 2.5 a 3.5 veces mayor que la duración del intervalo fijo para cada señal; por ejemplo, la duración corta tuvo un valor de 25 a 35 s, finalizando sin entrega de reforzador. En la tercera fase se introdujeron ensayos pico compuestos (25%). El ensayo comenzaba con el tono y la luz presentados simultáneamente, y terminaba, sin

reforzamiento, después de 50–70 s. Sus resultados mostraron un pico alrededor de los 15 s (entre la duración corta y la duración larga) en los ensayos compuestos, mientras que en los ensayos en donde se presentaron de manera diferenciada las duraciones, se observó un pico alrededor de los 10 s y un pico alrededor de los 20 s, concordantes con las duraciones entrenadas inicialmente. Estos datos demuestran que cuando se presenta a las ratas estímulos que compiten para proveer información temporal, los animales promedian esas duraciones.

De acuerdo con Swanton et al., los patrones de conducta se pueden describir en términos de la estrategia utilizada por los animales. Sin embargo, debe de señalarse que ésta puede ser producto de la preparación experimental y no el reflejo de una estrategia de estimación de uso amplio. En general, los estudios que han reportado el promedio como posible mecanismo utilizado para decidir la respuesta en la estimación de intervalos múltiples tienen el reto de explicar este hallazgo en condiciones donde se pueda evaluar la información temporal provista por cada uno de los marcadores temporales. La preparación experimental hasta ahora utilizada no es apropiada para evaluar las otras dos posibles estrategias (responder a la duración corta y después a la larga o responder sólo a una duración) y podría propiciar el promedio. Además, este hallazgo debe ser reconsiderado porque no evalúa la contribución de las diferentes memorias de manera aislada. La razón es que, si suponemos que la formación de los almacenes de memoria se da a partir de la entrega de reforzamiento, entonces se promueve que la estrategia sea la combinación de los distintos almacenes de memorias al presentar al mismo tiempo los estímulos asociados a distintas duraciones. De cualquier manera, los dos tipos de hallazgos reseñados se han explicado con el modelo de Expectancia Escalar (SET) en el entendido de que para cada duración reforzada se conforma un almacén de memoria.

Otro modelo para explicar la estimación temporal es el propuesto por Fetterman y Killeen (1995) denominado teoría conductual de la estimación temporal (BET). Estos autores sostienen que la estimación resulta de la transición del organismo por distintos estados conductuales organizados en una secuencia invariante que soportan la conducta temporalmente regulada. La velocidad de las transiciones entre estados es controlada por un generador de pulsos Poisson, cuya tasa es función de la frecuencia de reforzamiento de las duraciones entrenadas (Killeen, & Fetterman, 1988, 1993; Bizo, & White, 1994; Fetterman, & Killeen, 1995; Machado, 1997; Bizo, Chu, Sanabria, & Killeen, 2006).

Para evaluar la conducta bajo intervalos múltiples, los autores mencionados elaboraron un procedimiento que produce datos ordenados y ofrece mediciones más detalladas de la respuesta, como el tiempo y orden en el que se hacen las transiciones entre cada una de las duraciones. Este procedimiento es el escalamiento categórico. En él se estiman tres intervalos y cada intervalo está asociado a una tecla de respuesta diferente. Un ensayo inicia con el encendido de una luz color ámbar detrás de una de las tres teclas de respuesta durante 5 s: si el animal no responde dentro de este periodo, se apaga la luz y se da acceso al comedero durante 3 s; si el animal emite una respuesta en la tecla iluminada, el reforzador se entrega inmediatamente. La presentación de reforzamiento es seguido de un intervalo entre ensayos de 30 s con la luz de la tecla apagada. A lo largo de los ensayos, la presentación de la luz en las teclas de respuesta sigue un orden cuasi aleatorio, presentándose 30 ensayos de cada asociación duración-tecla, por seis sesiones.

Después de que la conducta de picoteo se establece, el procedimiento se modifica para que las respuestas sean reforzadas de acuerdo a un programa de intervalo fijo (IF) de valor diferente en cada tecla: en la tecla derecha se presenta un IF 8 s, en la tecla del centro un IF 16 s y en la tecla izquierda un IF 32 s (esta fase consta de 90 ensayos por sesión y permanece vigente por 10 sesiones). Posteriormente se cambia a una condición de elección en dos teclas. En esta condición, las sesiones constan de 60 ensayos. En la primera mitad de los ensayos, la tecla derecha (8 s) y la tecla del centro (16 s) están iluminadas simultáneamente; en la otra mitad de los ensayos lo hacen la tecla central (16 s) y la izquierda (32 s). En cualquiera de los casos, en cada ensayo el reforzamiento sólo estaba vigente en una de las teclas de respuesta. Si el animal responde en la tecla no vigente, el ensayo concluye, efectuándose una nueva aleatorización de manera que todas las duraciones tengan la misma probabilidad de ser reforzadas. Los autores reportan que las aves adaptan su conducta rápidamente a las contingencias, respondiendo al inicio del ensayo a la tecla asociada al intervalo “corto” y, si no recibían comida en ese intervalo, cambiaban su respuesta a la tecla asociada al intervalo “largo”.

Una vez establecida la respuesta en este procedimiento de dos teclas, la tarea se modifica para que las tres teclas estén disponibles en cada ensayo. Los ensayos comienzan con el encendido de la luz color ámbar detrás de la tecla derecha; si el animal

responde en esta tecla, se iluminan las teclas central e izquierda. De esta manera, todas las teclas quedan disponibles; el reforzamiento se asigna con una probabilidad de un tercio a cada tecla en un orden cuasi aleatorio, y el reforzador debe ser tomado antes de que otro sea programado. Si por ejemplo, el pichón falla en tomar el reforzador asignado a la tecla derecha, se repite la asignación en ensayos subsecuentes, hasta que el animal reciba el reforzador programado. Este procedimiento de corrección aseguró que el programa y los reforzadores obtenidos concordasen.

La versión final de la tarea incluyó varias características. Primero, las teclas derecha, central e izquierda se asociaron con una duración corta, intermedia y larga, respectivamente, en todas las condiciones. Segundo, los ensayos comenzaban con el encendido de la luz en la tecla corta solamente y las otras dos teclas permanecían apagadas. Tercero, si los sujetos cambiaban de tecla no se les permitía regresar a la tecla en la que habían estado respondiendo, una vez que se habían cambiado la esta tecla anterior inactiva e inaccesible. Cuarta, cambiar de la tecla corta a la larga, evitando la tecla central, causaba que los ensayos terminaran inmediatamente sin reforzamiento; los pichones aprendieron la penalización de este cambio. Quinta, el reforzamiento consistió de 3 s de acceso al comedero. Sexta, todas las condiciones incluían un límite en la disponibilidad de reforzamiento. Por ejemplo, si el reforzamiento estaba disponible a los 8 s, la comida permanecía disponible entre 8 y 10 s. Durante los intervalos entre ensayos, los cuales duraban 20 s, la luz general estaba encendida y todas las demás luces permanecían apagadas. La sesión terminaba después de 60 ensayos.

En la siguiente condición, el valor absoluto del conjunto cambiaba mientras la relación entre todos los pares de duraciones programadas permanecía constante. Se usaron cuatro conjuntos de valores: Base 4 (4-8-16 s), Base 8 (8-16-32 s), Base 16 (16-32-64 s), Base 32 (32, 64, 132 s). El reforzamiento estuvo disponible en cada ensayo, distribuido de manera equiprobable en las tres teclas. La media y la desviación estándar del cambio de tecla se usaron para determinar la estabilidad del comportamiento.

En el siguiente conjunto de condiciones, las sesiones contenían ensayos más largos denominados ensayos extendidos, mezclados con los intervalos base 4 (4-8-16 s) y 8 (8-16-32 s). Los ensayos extendidos duraban más del doble de tiempo del intervalo más largo en el conjunto de valores programados y terminaban sin reforzamiento,

independientemente de la conducta. Esto es similar a los ensayos pico del procedimiento del mismo nombre. En la base 4 (4-8-16 s) los ensayos extendidos duraban hasta 32 s y ocurrieron con una probabilidad de .75 y eran mezclados aleatoriamente con ensayos reforzados. Cada condición de ensayo extendido era seguida de una de las condiciones estándar en las que se entregaba reforzamiento en cualquier ensayo.

Para el análisis de datos, se agruparon las respuestas de acuerdo a la localización de la tecla y duración asociada. Las tasas de respuesta (o curvas de respuesta) en cada una de las teclas tuvieron su máximo en el tiempo en el cual habían sido reforzadas con anterioridad. Las curvas obtenidas reflejaron un excelente control de las contingencias espacio-temporales. También obtuvieron distribuciones de registros acumulados donde cada distribución representó el tiempo de entrada a un estado (responder en intervalo corto, intermedio o largo) y la otra, el tiempo de salida de ese estado. Cada curva tenía dos parámetros: media y desviación estándar. Estos parámetros pueden ser vistos como indicadores descriptivos empíricos de la ejecución, pero también pueden ser usados como indicadores del mecanismo del reloj. En algunos casos, cuando se contrastan en una misma gráfica la tasa de respuesta de las tres palancas, sólo la salida (tecla corta) o entrada (tecla larga) de la curva son visibles; durante los ensayos, los pichones normalmente comenzaron respondiendo exclusivamente en la tecla “corta” y terminaron respondiendo exclusivamente en la tecla “larga”. Estas curvas generalmente no mostraron ascensos y descensos. En contraste, la tecla del centro (intermedia) revela un patrón de ascenso y descenso comparable al patrón característico del procedimiento de pico.

El ajuste de las curvas dio cuenta de los cambios de la respuesta a lo largo del tiempo. Estas curvas fueron muy similares a través de las bases de los programas y fueron consistentes con el efecto de superposición. Los tiempos de cambio de una tecla se tomaron como índices de transición de estado a estado. Estos cambios ocurrieron en forma ordenada respecto a la tasa de reforzamiento: Cuando la tasa de reforzamiento disminuye, debería haber un decremento en la velocidad del generador de pulsos, lo cual debería producir también un decremento en la precisión y subestimaciones de las duraciones largas, sesgando la respuesta del animal hacia la duración corta. Todo esto se reflejaría en un desplazamiento de la función psicofísica hacia la izquierda con respecto al intervalo entrenado. Cuando la tasa de reforzamiento incrementa, también debería

incrementar la velocidad del generador. Esto produciría una sobreestimación de las duraciones y llevaría al sujeto a responder largo cuando se presenta una duración corta.

Dado que se presentaron tres pares de respuesta-duración a los sujetos, se obtuvieron dos indicadores de la regla de la media geométrica (punto de indiferencia) para cada condición base: el tiempo en el cual el pichón cambiaba de la primera tecla a la segunda y el tiempo en que cambiaba de la segunda tecla a la tercera. La media de los tiempos de cambio entre las teclas fue aproximadamente la media geométrica en todos los sujetos, como se ha observado también en tareas con humanos (Church, & Deluty, 1977; Fetterman, & Killeen, 1995).

Los autores concluyen que el procedimiento de estimación categórico produce patrones de respuesta espacio-temporales muy regulares y tiempos máximos de respuesta en cada una de las duraciones entrenadas, además de varias características consistentes con los principios establecidos en el área de estimación temporal, conocidos como estimación escalar (coeficiente de variación constante; media geométrica y fracción de Weber; Allan, & Gibbon, 1991; Gibbon, 1977, 1991; Church, 1978, 1984; Malapani, & Fairhurst, 2002). Por último cabe hacer notar que el procedimiento utilizado por Killeen y Fetterman (1995, 2010) es muy parecido al procedimiento de pico y que ambos producen patrones de respuesta muy similares, bajo los cuales se puede estudiar el fenómeno de estimación temporal de intervalos múltiples.

En el presente estudio se utiliza el procedimiento pico con interrupciones porque proporciona la oportunidad de evaluar la manera en que se procesa la información temporal de distintos intervalos señalados por un mismo estímulo. El procedimiento de pico con interrupciones (Cabeza de Vaca, et al., 1994) es una modificación del procedimiento de pico (Catania, & Reynolds, 1968), el cual consiste en entrenar al organismo a responder a un programa de intervalo fijo por ensayos en el que la duración objetivo es indicada por un tono o una luz (Menez, & López, 2006).

Los ensayos están separados por intervalos entre ensayos (IEE), de duración fija o variable, durante los cuales la cámara operante permanece oscura y silenciosa. En una siguiente fase, se prueba el recuerdo del tiempo reforzado mediante la presentación de ensayos de duración tres veces mayor a la del IF, en los que se omite la entrega del

reforzador (ensayos vacíos). El patrón de respuesta promediado muestra que los animales responden al máximo justo o cercano al tiempo en que el reforzador fue entregado en el pasado (el patrón de respuesta durante esta parte del intervalo es equivalente al obtenido en IF). Este tiempo se denomina el tiempo pico. Pasado éste y al no recibir el reforzador, la tasa de respuesta cae de una manera aproximadamente simétrica, tomando la forma de una campana de Gauss, lo que permite calcular indicadores muy importantes de la estimación temporal: el tiempo pico, la tasa de respuesta máxima o tasa pico y la precisión de la estimación, indicada por la amplitud de la curva y a partir de la cual se puede obtener el coeficiente de variación. Estas medidas se estiman mediante un proceso iterativo (Roberts, 1981, 1984) o por un ajuste de curva (Buhusi, & Meck, 2000).

La modificación conocida como procedimiento de pico con interrupciones o procedimiento de gap consiste en que después de entrenar en el procedimiento estándar recién descrito, se procede a introducir una interrupción de la señal en una proporción de los ensayos vacíos: en algún punto del intervalo no reforzado, la señal asociada a la duración a estimarse desaparece por unos segundos, después de los cuales vuelve a aparecer. Dicha interrupción suele presentarse únicamente durante la porción inicial del ensayo (antes que se alcance la duración originalmente entrenada), en una sola ocasión y en la misma o diferentes localizaciones temporales. El patrón de respuesta que se obtiene usando este procedimiento se ejemplifica en la Figura 5. Se observa que la interrupción produce un desplazamiento a la derecha del patrón de respuesta (círculos grises), respecto del patrón observado sin interrupción (círculos llenos). El indicador del modo de operación que está actuando es la magnitud del desplazamiento, obtenido al descontar el tiempo pico de los ensayos vacíos sin interrupción del tiempo pico de los ensayos vacíos con interrupción. En los primeros estudios de Roberts y Church, estos desplazamientos se correspondieron con la duración de la interrupción, indicando que el reloj interno podía ser detenido y vuelto a echar a andar (Menez, 2012).

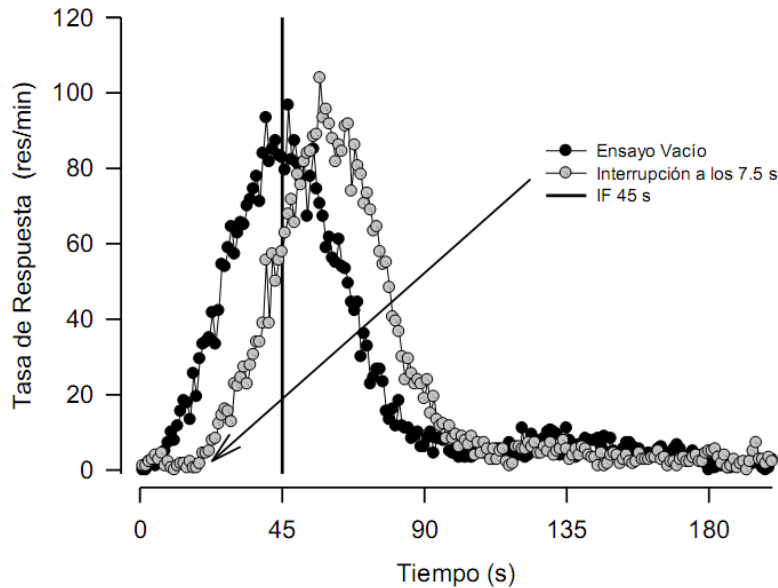


Figura 5. Patrón de respuesta al introducir una interrupción de 3s en la luz que señala un IF de 45 s. Ensayo vacío (círculos llenos). Ensayo con interrupción (círculos grises).

Hasta ahora el fenómeno de estimación temporal simultánea se ha tratado de explicar haciendo referencia a la conformación simultánea de diferentes almacenes de memoria, que actúan dentro de uno o más criterios de respuesta o mediante la transición de distintos estados conductuales. Todas estas explicaciones se han probado utilizando preparaciones que se parecen al procedimiento pico y que permiten evaluar los cambios en la estimación de los intervalos múltiples dentro de un solo ensayo.

Ahora bien, a partir de la evidencia de los diferentes estudios citados debemos considerar lo siguiente:

1.- Se ha observado que los picos múltiples se pueden obtener por medio de entrenamiento con un mismo estímulo o con distintos para señalar diferentes duraciones, sin embargo en la fase de prueba (procedimiento pico), la discriminación de distintos intervalos temporales es mejor cuando se entrena cada una de las duraciones con un estímulo distinto que con el mismo, ya que la discriminación se obtiene en un número menor de sesiones (Meck, 1987; Olton, Wenk, Church, & Meck, 1987; Cheng, & Roberts, 1989; Leak, & Gibbon, 1995; Kirkpatrick, & Church, 2000; Church, Guilhardi, MacInnis, & Kirkpatrick, 2003; MacInnis, 2007; Swanton, Gooch, & Mattell, 2009; Whitaker, Lowe, & Wearden; 2003).



2.- Cuando el entrenamiento es entremezclado y diferenciado para cada una de las distintas duraciones (Cheng, & Roberts, 1989; Leak, & Gibbon, 1995; MacInnis, 2007) la discriminación es más rápida comparado con un entrenamiento en bloques o sucesivo (Whitaker, Lowe, & Wearden; 2003; Caetano, Guilhardi, & Church, 2006).

3.-La distancia entre los intervalos podría determinar la observación de picos múltiples en el patrón de respuesta; entre más alejadas esté una de la otra es más probable que se observen picos múltiples (Leak, & Gibbon, 1995; Whitaker, Lowe, & Wearden; 2003).

## **Propuesta Experimental**

La hipótesis de la combinación de almacenes de memoria en la estimación temporal múltiple ha proporcionado evidencia sobre dicha conformación a partir de diferentes marcadores temporales. Los resultados obtenidos proponen que los almacenes de memoria se deben combinar para predecir el tiempo de entrega de reforzador, sin embargo se ha reportado que no es la única estrategia que pueden adoptar los animales para la estimación de distintas duraciones.

El presente estudio pretende evaluar cómo se selecciona e integra la información temporal provista por diferentes fuentes, en un intento por comprender cómo se conforman e interactúan los diferentes almacenes de memoria cuando cada uno de los marcadores temporales predice la ocurrencia del mismo. Si los distintos almacenes de memoria son independientes, los animales no necesitarán aplicar una regla de combinación. Podemos suponer que si efectivamente los animales estiman los tiempos asociados entre la presentación de un marcador temporal y la entrega de reforzamiento de manera independiente, se crearán diferentes almacenes de memoria para cada una de las duraciones y los animales transferirán las duraciones así almacenadas a la siguiente condición.

Para probar esta suposición, se entrenaron tres diferentes duraciones presentadas de manera entremezclada (corta, intermedia y larga), cada una asociada a un operando de respuesta distinto pero señaladas con el mismo estímulo (luz) y con un solo operando vigente en cada ensayo. Enseguida se introdujo un procedimiento pico, consistente en la presentación entremezclada de ensayos reforzados (IF) y no reforzados (pico). En esta fase se presentaron al mismo tiempo los tres operandos, señalados por el mismo estímulo usado en el entrenamiento (luz general). Esta manipulación permitió evaluar si los animales crean diferentes almacenes de memoria a partir de los diferentes momentos en que se entrega el reforzamiento (Meck, & Church, 1984; Olton, Wenk, Church, & Meck, 1987; Meck, 1987; Leak, & Gibbon, 1995; Meck, & Williams, 1997; Kirkpatrick, & Church, 2000; Church, Guilhardi, MacInnis, & Kirkpatrick, 2003; MacInnis, 2007).

Si la estimación temporal de las diferentes duraciones ocurre de manera simultánea, los animales comenzarán a estimar las distintas siempre en el mismo momento (0 s o, inicio del ensayo). En la fase de procedimiento de pico los sujetos comenzarán respondiendo en la palanca asociada a la duración corta, si no reciben reforzador cumplido el criterio de reforzamiento, cambiarán a la siguiente palanca en donde su estimación no tiene que comenzar de nuevo en 0 s, sino que los sujetos tomarán en cuenta el tiempo transcurrido hasta ese momento y solamente tendrán que responder en esa palanca durante el tiempo faltante para alcanzar el criterio de reforzamiento en esa segunda palanca. Este mismo proceso se repetiría para el cambio a la palanca asociada a la duración larga. De esta manera, los patrones de respuesta esperados en esta fase mostrarían picos múltiples, cada pico cercano a la duración reforzada previamente en el entrenamiento.

Para evaluar la independencia de los almacenes de memoria se utilizó un procedimiento de pico con interrupciones, introduciendo interrupciones de 6 s en los ensayos pico, localizadas a los 6 s de iniciado el ensayo. Se espera que si el almacenamiento de las duraciones es independiente, al introducir la interrupción sólo resulte afectado el almacén en el que esté actuando la interrupción; si la interrupción se localiza a los 6 s se espera observar un desplazamiento en el tiempo pico de la duración corta, únicamente; si, por el contrario, se observa el desplazamiento hacia la derecha de todos los tiempos pico, implicaría algún tipo de dependencia entre los almacenes de memoria.

## **Método**

### **Sujetos**

Cinco ratas albinas macho de la cepa Wistar, inexpertas, de aproximadamente cuatro meses de edad al inicio del experimento provenientes del bioterio de la Facultad de Psicología de la UNAM, alojadas en cajas habitación individuales, bajo un ciclo luz-oscuridad de 12x12 hrs, con acceso libre a agua y mantenidas al 85% de su peso bajo ingesta libre durante todo el estudio. Las sesiones experimentales se condujeron 7 días a la semana, por las mañanas y parte de las tardes.

### **Aparatos**

El experimento se condujo en dos cajas de condicionamiento operante, de 21.0 cm de altura x 30.5 cm de largo x 24.1 cm de ancho, marca MED-Associates. Cada caja contó con tres palancas retráctiles alineadas a la misma altura y colocadas en la pared frontal de la caja. Una palanca estuvo colocada del lado derecho del panel de respuesta, otra al centro y la última del lado izquierdo. El reforzador fue leche condensada diluida en agua en una proporción de 1:2, el cual fue provisto por un dispensador colocado en la pared trasera de la caja. La activación del dispensador de líquido se señaló con el encendido de una luz (28 Volts) colocada encima del mismo. La iluminación general fue proporcionada por un foco de 28 Volts, colocado en la parte trasera de la caja y una luz (20 Volts) colocada sobre la palanca del centro. Una computadora de escritorio marca Gateway 2000 con el programa MED PC-IV versión para Windows (Tatham et al., 1991) y provista de una interfase MED, controló y registró los tiempos de ocurrencia de las respuestas del animal; los eventos experimentales se registraron en tiempo real, con una aproximación a la centésima de segundo.

### **Procedimiento**

**Pre-entrenamiento:** Se dieron dos sesiones de entrenamiento al comedero, la sesión comenzó con el encendido de la luz general y la luz localizada sobre la palanca central, estas se apagaban transcurridos 60 s; enseguida se encendía la luz del comedero, indicando el acceso al comedero durante 5 s; una vez transcurrido este tiempo, se apagaban estos estímulos y se restablecían la luz general y la luz de la palanca central, esto se repitió hasta completar 30 reforzadores entregados. En el tercer día se inició el entrenamiento a responder diferencialmente a las tres palancas. La presentación de las

palancas fue de manera aleatoria. La sesión inició con el encendido de la luz general, la luz colocada sobre la palanca central y la presentación de una de las palancas. El criterio para la entrega del reforzador fue el siguiente: cada vez que la rata oprimía la palanca o transcurrían 15 s sin respuesta, se apagaba la luz general y de la palanca, se retraía la palanca y se activaban el comedero y su luz por 5 s; una vez transcurridos estos segundos, se apagaba la luz del comedero, para reanudarse las señales y reiniciar el ciclo. Como criterio de finalización de la sesión se entregaron 20 reforzadores en cada una de las palancas. Esta condición permaneció vigente hasta que se estableció la conducta de palanqueo en las ratas.

En el caso en el que los animales no adquirieran la conducta de palanqueo con el procedimiento anterior, se les entrenó manualmente (una sola palanca a la vez). La sesión comenzaba con el encendido de la luz general, la luz colocada sobre la palanca central y la introducción de la palanca correspondiente, seleccionada de manera aleatoria. Se entrenó al animal por medio de aproximaciones sucesivas durante 60 ciclos, 20 ciclos en cada una de las palancas.

### **Fase 1. Entrenamiento a Intervalo Fijo**

La primera fase consistió en la presentación de un programa de intervalo fijo: se entrenaron tres duraciones diferentes señaladas por el encendido de la luz general y la luz de la palanca central (15, 60, 90 s), cada uno de estos intervalos estuvo asociado a un operando de respuesta distinto. El intervalo fijo 15 s (corto) estuvo asociado a la palanca izquierda; el IF 60 s (intermedio) estuvo asociado a la palanca del centro y el IF 90 s (larga) estuvo asociado a la palanca derecha; sólo una palanca estuvo presente por ensayo. Esta condición estuvo vigente hasta que se observó un patrón de respuesta típico para los cada uno de los intervalos, entre 70 y 90 sesiones. La sesión siempre comenzó con un intervalo corto y la presentación de los ensayos restantes fue de manera aleatoria. Los ensayos fueron separados por un intervalo que duró en promedio 20 s.

### **Fase 2. Entrenamiento en el procedimiento de pico**

Consistió en la introducción de ensayos pico de duración fija 180 s (el doble de la duración más larga entrenada, 90 s). Se entremezclaron ensayos no reforzados (12 ensayos) con ensayos reforzados (48 ensayos). El primer ensayo siempre fue reforzado. Todas las palancas estuvieron presentes durante la sesión y durante los intervalos entre

ensayos (de duración promedio 20 s, como en la fase anterior). Esta fase estuvo vigente durante 45 sesiones.

### **Fase 3. Procedimiento de pico con interrupciones**

Finalmente, en esta fase, las condiciones se mantuvieron como en la fase previa, excepto porque se introdujeron interrupciones en la mitad de los ensayos pico. Se introdujo una interrupción de 6 s, transcurridos seis segundos de iniciada la señal. Al término de la misma, la señal se reanudó y permaneció encendida hasta completar 180 s. La presentación de estos ensayos fue aleatoria y entremezclada con ensayos reforzados. Todas las palancas estuvieron presentes durante todos los ensayos y durante los intervalos entre ensayos. Esta fase estuvo vigente durante 12 sesiones.

## Resultados

Se analizaron los datos correspondientes a las últimas cinco sesiones de las fases de entrenamiento a intervalo fijo y entrenamiento de procedimiento pico mientras que para el análisis de la fase de procedimiento de pico con interrupciones, se tomaron las doce sesiones en las que estuvo vigente esta condición.

A fin de obtener una descripción empírica de la tendencia de los gradientes de respuesta obtenidos en la fase de entrenamiento, se aplicó la siguiente función sigmoidea a la distribución de respuestas obtenida en cada uno de los tres intervalos (véase, Guilhardi, & Church, 2005):

$$y = \frac{c}{1+e^{-(x-a)/b}} \quad (1)$$

Donde  $c$  es el *centro*  $b$  es la *forma* y  $a$  es la tasa máxima de respuesta estimada. En la figura 6, se presentan las curvas de tasa de respuesta promedio y el ajuste obtenido para los ensayos de intervalo fijo. Como se puede observar, el ajuste a los datos de la duración corta (15 s) fue muy pobre, particularmente en dos de las ratas (S-134 y S-141); el patrón de respuesta observado no se asemeja al patrón típico obtenido bajo este procedimiento (López, & Menez, 2012). Sin embargo, en los valores intermedio (60 s) y largo (90 s) la función sigmoidea describió apropiadamente todos los casos, indicando que las curvas de respuesta muestran un buen control temporal.

La tabla 1 muestra los valores de los parámetros de ajuste de la función sigmoidea. Como puede verse, en todos los casos el ajuste del valor corto siempre fue más pobre que el de los valores intermedio y largo, confirmando lo que se observa en las figuras. Además, el parámetro *centro* obtenido en los valores cortos fue notablemente más pequeño que en los otros dos casos, indicando la propensión de las ratas a empezar a responder al inicio del intervalo. Lo anterior, junto con las diferencias en la forma en que crecen las curvas, tiene el efecto de que los valores del parámetro *forma* sean muy pequeños en los valores cortos, comparados con los intermedios y los largos.

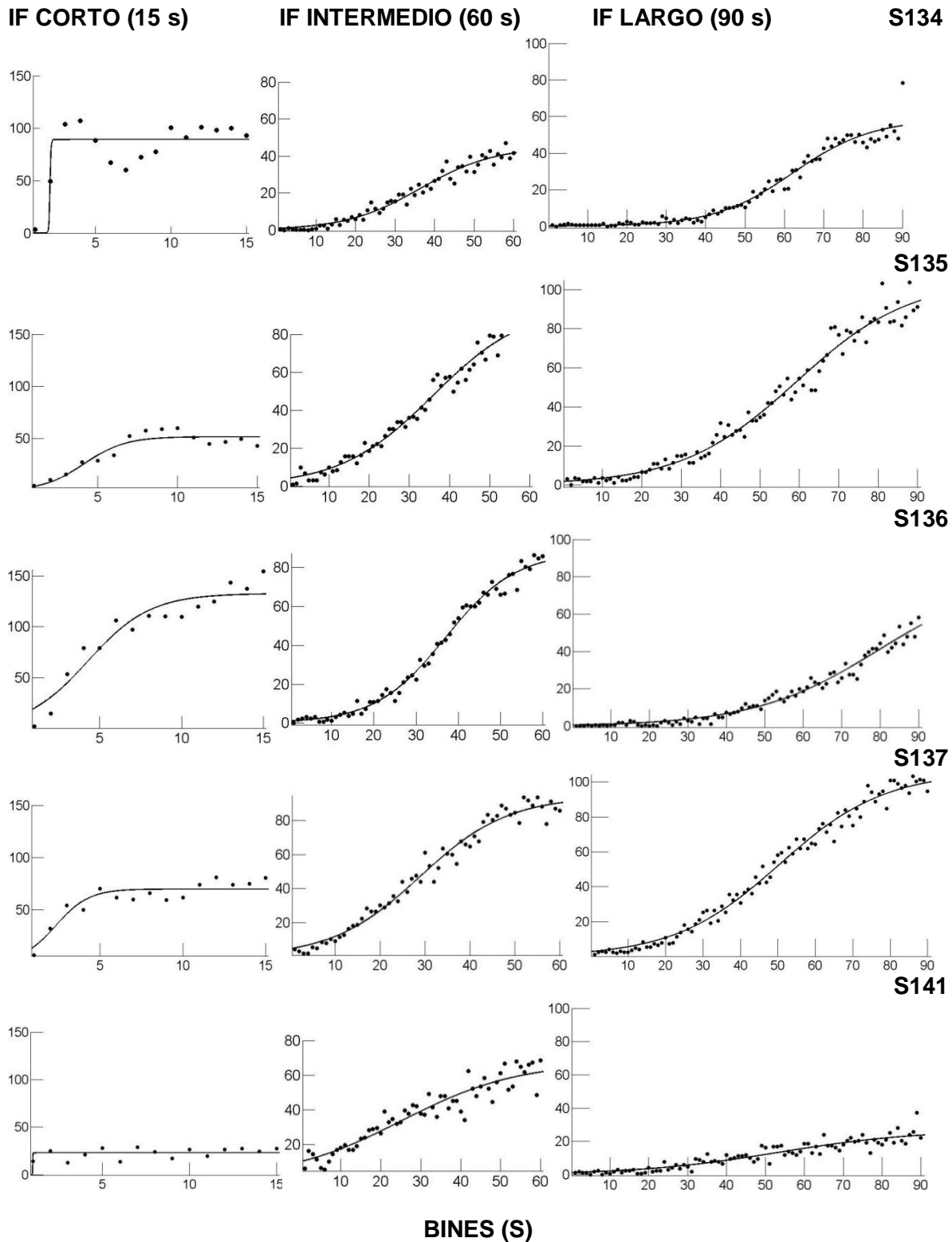


Figura 6 Ajuste sigmoideo a la tasa de respuesta en la fase de entrenamiento a intervalo fijo. Cada gráfica corresponde a las últimas 5 sesiones en que estuvo vigente esta condición.



Tabla 1. Ajuste a las curvas de tasa de respuesta con la función sigmoide a la distribución de respuestas obtenida en cada uno de los tres intervalos. Los datos corresponden a las últimas 5 sesiones de la fase de entrenamiento a intervalo fijo.

<b>Sujeto</b>	<b>Sesiones Totales</b>	<b>Duración Seg</b>	<b>Centro</b>	<b>Forma</b>	<b>Tasa Máxima</b>	<b>Valor de R<sup>2</sup></b>
134	78	15	1.99	.036	89.28	0.74
		60	36.39	9.44	45.03	0.96
		90	60.28	9.09	54.04	0.98
135	90	15	4.13	1.29	51.83	0.88
		60	35.91	11.53	95.34	0.98
		90	59.12	14.55	105.3	0.97
136	72	15	4.28	1.89	132.7	0.91
		60	37.04	8.34	87.95	0.99
		90	80.18	16.48	82.99	0.97
137	83	15	2.33	1	69.8	0.84
		60	28.9	9.79	94	0.97
		90	50.46	14.05	105.7	0.98
141	72	15s	.99	.005	23.1	0.15
		60s	25.25	14.59	67.48	0.89
		90s	53.45	18.07	26.91	0.86

En la figura 7, se presentan las curvas de tasa de respuesta promedio en las últimas 5 sesiones obtenidas para los ensayos intervalo fijo cuando éstos fueron presentados de manera entremezclada con los ensayos pico. En esta condición el ajuste de la función sigmoidea a los datos de los ensayos de intervalo fijo fue un tanto menor para casi todos los sujetos, en comparación con su ejecución en la primera fase. La precisión en la estimación temporal de los distintos intervalos disminuyó ya que los patrones de respuesta muestran mucha variabilidad y un decremento en la tasa de respuesta en todos los intervalos. La ejecución durante los ensayos cortos (15 s) en todos los sujetos muestra un rápido incremento en la tasa de respuesta durante los primeros segundos del intervalo y el crecimiento de las curvas de respuesta fue más rápido en los sujetos S-134, S-136 y S-141. La estimación temporal del intervalo intermedio (60 s) y largo (90 s) también se vio afectada, ya que todos los sujetos comenzaron a responder antes de lo que habían respondido en los ensayos en los que sólo habían experimentado ensayos reforzados. Adicionalmente, se observa un decremento en la tasa de respuesta global para todos los sujetos.

Sin embargo, como se puede observar en la tabla 2, si bien los ajustes de la función sigmoidea resultaron moderados, se puede decir que la función siguió describiendo apropiadamente los datos. Solo en dos casos se obtuvo una explicación de la varianza de moderada a pobre (S-136 y S-137,  $R^2 = .45$  y  $R^2 = .57$ , respectivamente en IF 15 s), en todos los demás se obtuvieron varianzas explicadas de alrededor del 80%. La tendencia en la estimación de los diferentes intervalos se mantuvo con respecto a su estimación en la primera fase. En todos los casos, el ajuste del valor corto siempre fue más pobre que el de los valores intermedio y largo.

**IF CORTO (15 s)**

**IF INTERMEDIO (60 s)**

**IF LARGO (90 s)**

**S134**

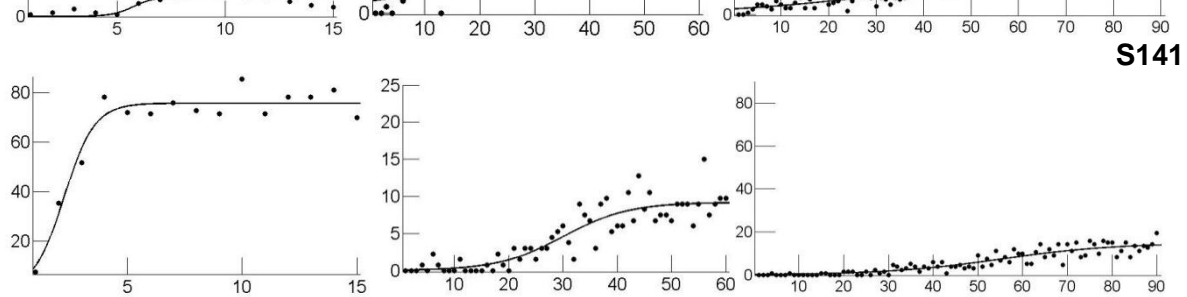
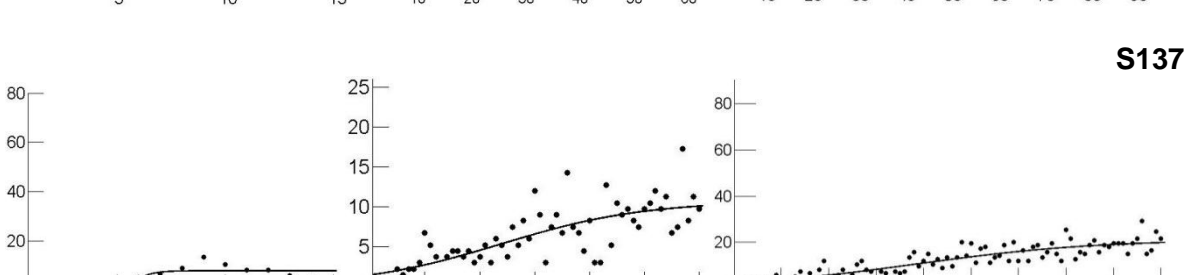
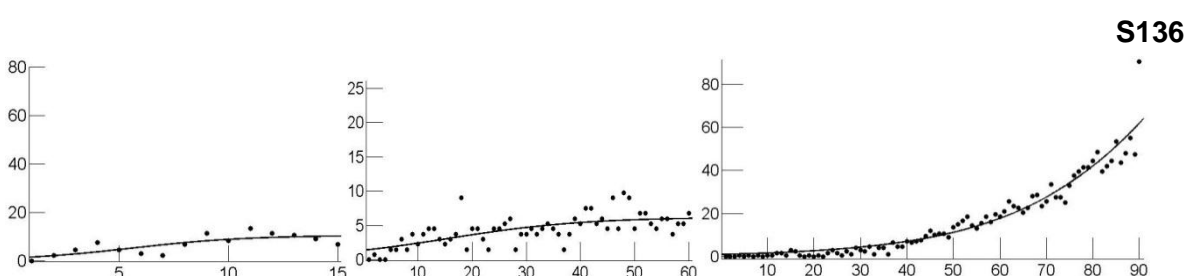
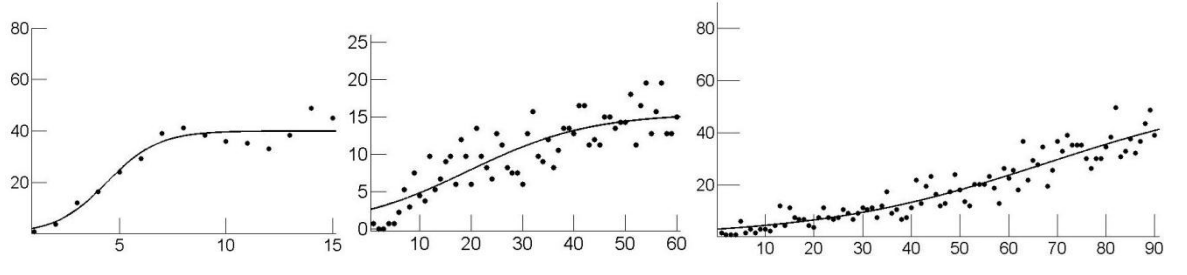
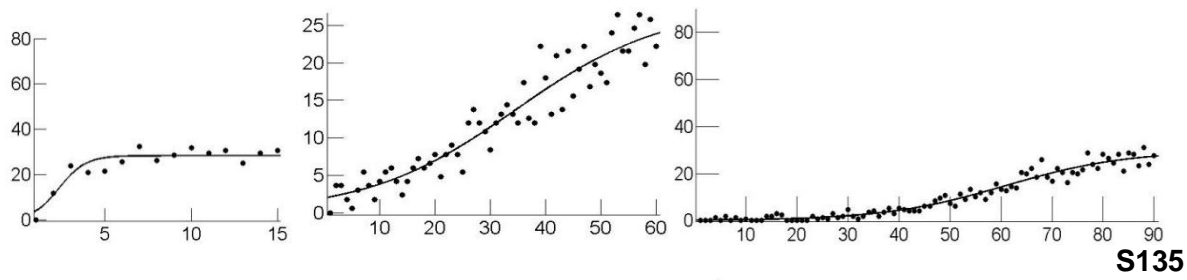


Figura 7 Ajuste sigmoideo a la tasa de respuesta en los ensayos de intervalo fijo durante la fase de entrenamiento del procedimiento pico. Cada gráfica corresponde a las últimas 5 sesiones en que estuvo vigente esta condición.

Tabla 2. Ajuste a las curvas de tasa de respuesta de los ensayos reforzados con la función sigmoidea (a la distribución de respuestas obtenida en cada uno de los tres intervalos. Los datos corresponden a las últimas 5 sesiones en la fase de procedimiento pico.

<b>Sujeto</b>	<b>Sesiones Totales</b>	<b>Duración seg</b>	<b>Centro</b>	<b>Forma</b>	<b>Tasa Máxima</b>	<b>Valor de R<sup>2</sup></b>
134	45	15	2.35	.076	28.38	0.85
		60	34.7	13.54	27.58	0.90
		90	60.89	11.87	29.68	0.95
135	45	15	4.40	1.2	39.99	0.92
		60	19.34	11.9	15.49	0.72
		90	67.7	23.39	56.62	0.88
136	45	15	5.57	2.59	10.48	0.45
		60	16.14	12.14	6.2	0.52
		90	25.2	12.11	6.19	0.62
137	45	15	5.75	.49	7.92	0.57
		60	23.89	13.05	10.72	0.58
		90	38.41	19.07	21.23	0.76
141	45	15	2.23	.66	75.62	0.94
		60	30.05	6.02	9.18	0.81
		90	55.28	12.74	14.74	0.83

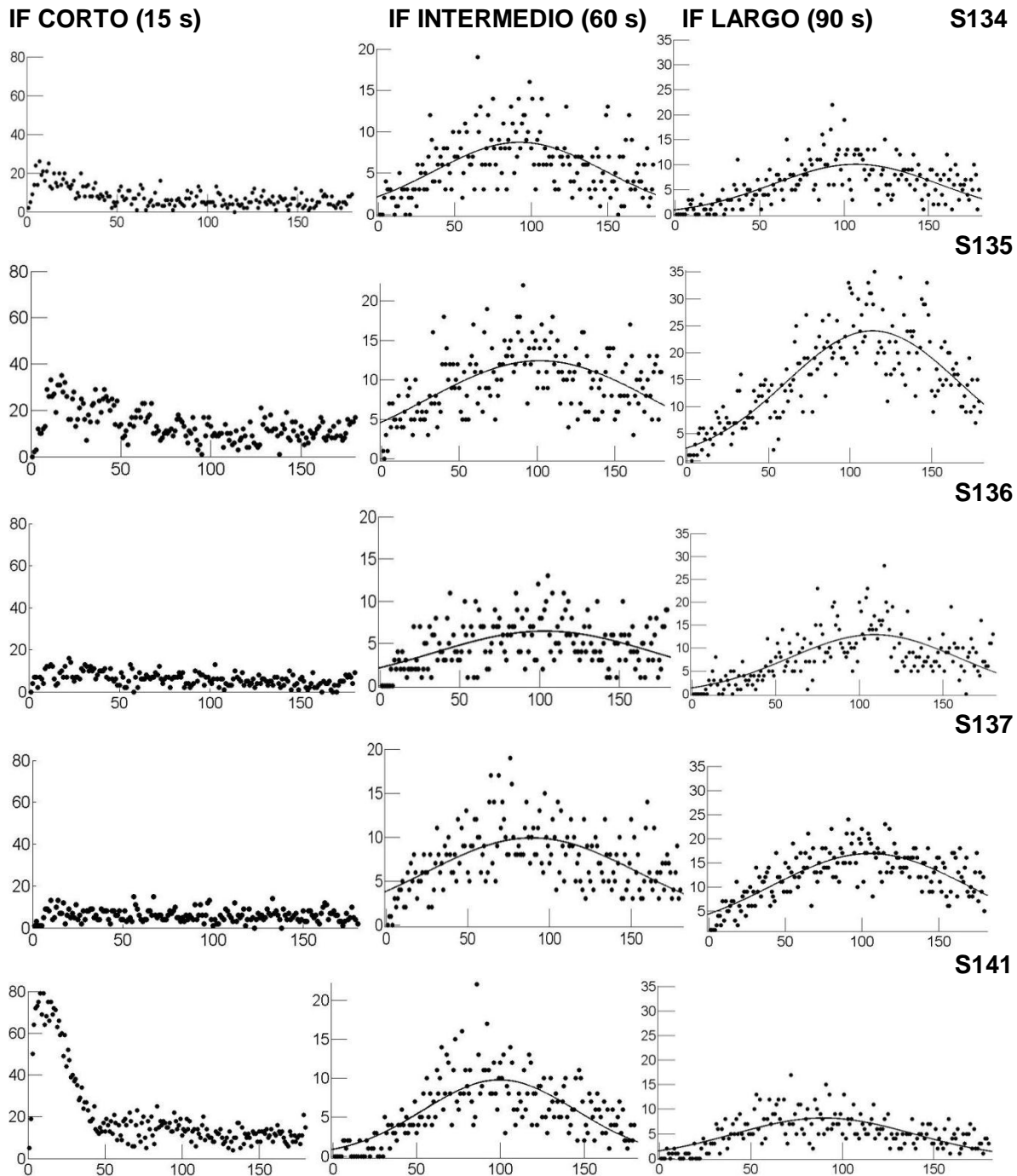
En la figura 8, se presentan las curvas de tasa de respuesta promedio de doce sesiones obtenidas en cada uno de los operandos en los ensayos pico, en los que todos los operandos estuvieron disponibles al mismo tiempo. Las respuestas emitidas fueron ordenadas en bins de 1 s. Se tomó el intervalo de 0 a 180 s. Estos datos se utilizaron para estimar el tiempo pico, la tasa pico y la precisión de la estimación, mediante una función gaussiana de tres parámetros:

$$y = \sum a_i e^{-\left[\frac{(x-b)^2}{c}\right]} \quad (2)$$

Donde  $a$  es valor de la tasa pico,  $b$  es la localización del tiempo pico y  $c$  es la precisión de la estimación. La respuesta en el operando asociado a la duración corta (15 s), muestra gradientes planos en todos los sujetos lo que dio lugar a que las funciones gaussianas no ajustaran a los datos. La respuesta en los operando asociados a las duraciones intermedia (60 s) y larga (90 s) también se vio afectada. En general, aunque la tendencia fue obtener distribuciones centradas en un valor mayor al entrenado, éstas mostraron gran variabilidad y dispersión, indicando falta de precisión en la estimación temporal (ver tabla 3).

En cuanto a las curvas de respuesta obtenidas en los ensayos picos con interrupciones (datos correspondientes a 12 sesiones), la dispersión de los datos incrementó aún más. Dada la magnitud de error obtenido se consideró como poco informativa su representación gráfica y sólo se incluyen las tablas con los valores de los parámetros en los ensayos pico y pico con interrupciones.

En la tabla 4 se muestran los parámetros del ajuste de los seis ensayos pico sin interrupción, para cada sujeto (se omiten los valores de los ajustes en la palanca izquierda porque no resultaron significativos). Los sujetos respondieron a tasas locales más elevadas comparadas a la tasa obtenida en los ensayos pico de la fase 2. El tiempo pico no se localizó en ninguna de las duraciones antes entrenadas y el valor del ajuste fue menor que el obtenido en la fase 2.



**BINES (S)**

Figura 8. Ajuste gaussiano a la tasa de respuesta en los diferentes operando en los ensayos pico durante la fase del procedimiento de pico. Cada gráfica corresponde al promedio de las últimas 5 sesiones en que estuvo vigente esta condición.

Tabla 3. Ajuste gaussiano a las curvas de tasa de respuesta en los ensayos pico en la fase de procedimiento de pico. Los datos corresponden a las últimas 5 sesiones.

<b>Sujeto</b>	<b>Operando</b>	<b>Tasa Pico</b>	<b>Tiempo pico</b>	<b>Amplitud</b>	<b>Valor de R<sup>2</sup></b>
134	Izquierdo				
	Central	8.70	92.48	78.34	0.32
	Derecho	10.05	107	69.45	0.47
135	Izquierdo				
	Central	12.41	101.7	102.7	0.31
	Derecho	24.06	113.8	74.7	0.68
136	Izquierdo				
	Central	6.44	103.2	97.83	0.21
	Derecho	12.89	108.9	72.05	0.45
137	Izquierdo				
	Central	9.89	89.28	91.65	0.31
	Derecho	16.87	105.1	90.38	0.57
141	Izquierdo	65.32	13.48	26.79	0.57
	Central	8.19	89.83	69.49	0.43
	Derecho	9.77	99.45	63.97	0.54

Tabla 4. Ajuste gaussiano a las curvas de tasa de respuesta en los ensayos pico en la fase de pico con interrupciones. Los datos corresponden a las 12 sesiones durante esta condición. Se omiten los valores de la palanca izquierda porque no se obtuvieron ajustes significativos.

<b>Sujeto</b>	<b>Operando</b>	<b>Tasa Pico</b>	<b>Tiempo Pico</b>	<b>Amplitud</b>	<b>Valor de R<sup>2</sup></b>
134	Central	6.64	90.66	61.73	0.43
	Derecho	8.35	96.9	56.48	0.51
135	Central	8.88	83.89	94.58	0.25
	Derecho	18.73	103.1	70.77	0.66
136	Central	3.76	105.1	103.8	0.13
	Derecho	5.81	111.8	87.65	0.26
137	Central	14.82	78.22	78.71	0.29
	Derecho	16.97	88.28	101	0.17
141	Central	9.26	80.2	75.86	0.24
	Derecho	10.04	90.36	68.66	0.29



En la tabla 5 se muestra el valor de los parámetros obtenidos en los seis ensayos pico con interrupciones, por sujeto (se omiten los valores de los ajustes del sujeto 141 en la palanca izquierda porque no fueron significativos). Se observó un desplazamiento del tiempo pico en la dirección esperada, sin embargo, este desplazamiento no corresponde al tamaño de la interrupción ni al momento de su localización (6 s). Los sujetos respondieron a una tasa más baja, comparada con los ensayos pico sin interrupción. Esto demuestra que el control temporal se fue perdiendo a lo largo de las sesiones ya que el valor del ajuste se redujo en las últimas 12 sesiones del experimento.

Tabla 5. Ajuste gaussiano a las curvas de tasa de respuesta en los ensayos pico con interrupciones en la fase de prueba. Los datos corresponden a las 12 sesiones en esta condición.

<b>Sujeto</b>	<b>Operando</b>	<b>Tasa Pico</b>	<b>Tiempo Pico +Interrupción</b>	<b>Amplitud</b>	<b>Valor de R<sup>2</sup></b>
134	Izquierdo	11.64	-24.63	162.1	0.19
	Central	11.16	97.62	65.59	0.38
	Derecho	12.13	116.5	72.12	0.40
135	Izquierdo	41.84	-199	309.7	0.19
	Central	16.8	105.6	102.6	0.27
	Derecho	31.8	109.1	71.26	0.62
136	Izquierdo	6.32	76.35	177.7	0.01
	Central	7.09	104.5	96.04	0.15
	Derecho	10.76	121.9	88.81	0.29
137	Izquierdo	7.8	72.26	141.8	0.04
	Central	10.9	101.4	97.9	0.20
	Derecho	17.72	106.8	86.61	0.33
141	Izquierdo	--	--	--	--
	Central	10.8	81.21	67.47	0.39
	Derecho	11.94	94.98	67.83	0.41

## Discusión

El objetivo de este trabajo fue estudiar el mecanismo involucrado en la estimación temporal de intervalos múltiples. En particular, se intentó la evaluación de algunas afirmaciones acerca de la existencia de almacenes de memoria múltiples, presuntamente conformados a partir de diferentes criterios de respuesta. Se trató de determinar la estrategia adoptada por los animales al enfrentar una tarea que, presumiblemente, facilitó la conformación de dichas memorias. Así, se entrenó a los animales en un procedimiento similar al procedimiento de pico con interrupciones. Se analizó el tiempo pico, la tasa pico y los desplazamientos del tiempo pico en los ensayos interrumpidos. No se obtuvo evidencia clara que permitiera evaluar ampliamente la hipótesis planteada, no obstante, se encontró que los animales de este estudio fueron capaces de estimar tres diferentes duraciones a partir del mismo marcador temporal, pero de manera imperfecta; lo cual sugiere que el procedimiento empleado en este trabajo puede ser modificado para observar de manera más consistente del fenómeno de estimación temporal de intervalos múltiples. Una de las dificultades encontradas fue conseguir el establecimiento de una buena discriminación de las tres duraciones entrenadas de manera independiente; otra dificultad fue la variabilidad en los patrones de respuesta observados durante la fase en la que se introdujeron los ensayos pico, con y sin interrupciones.

A pesar de lo anterior, enseguida se desarrollan algunas ideas que se desprendieron de la revisión de la literatura en estimación temporal múltiple y se mencionan aspectos que no han sido considerados para la explicación de este comportamiento.

La idea de que los animales son capaces de estimar de manera simultánea varias duraciones se apoya en el hallazgo de patrones de respuesta con picos múltiples en preparaciones semejantes al procedimiento de pico (Buhusi, & Meck, 2009). En éstas, se entrena a pichones a estimar distintas duraciones al reforzador, señaladas por un estímulo diferente presentado en un mismo operando. Una vez que estas discriminaciones individuales están claramente establecidas, se presentan a los sujetos ensayos prolongados, en los que suele observarse un incremento en la tasa de respuesta justo en el menor de los tiempos previamente entrenados, que tiende a caer de nuevo si el reforzador no se entrega en esa oportunidad; este patrón se repite si la siguiente

duración entrenada tampoco es reforzada, dando lugar a los picos múltiples ya mencionados.

Sin embargo, cuando las distintas duraciones se entrenan y prueban con el mismo estímulo, algunos investigadores obtienen patrones de respuesta con un solo pico (Whitaker, Lowe, & Wearden, 2001) mientras que otros obtienen patrones con picos múltiples (Leak, & Gibbon, 1995). Es más, varios estudios reportan un efecto de promediamiento cuando los distintos estímulos con los que se entrenaron distintas duraciones se presentan de manera simultánea, implicando la combinación de los diferentes almacenes de memoria (Swanton, Gooch, & Matell, 2009; Swanton, & Matell, 2011). Cabe señalar que estos autores también mencionan que este resultado podría ser efecto de la naturaleza de los marcadores temporales, (por ejemplo, modalidad visual vs modalidad auditiva). Los resultados discordantes en estos estudios sugieren que el entrenamiento puede determinar el patrón de respuesta observado en la fase en que los animales deben estimar las tres duraciones simultáneamente.

Otra condición en la que es posible observar patrones claramente discriminables, comparables a los picos múltiples ya mencionados, es cuando las duraciones se asocian a distintos operandos, sin importar que sean señaladas por el mismo estímulo, como es el caso del procedimiento de escalamiento categórico desarrollado por Killeen y Fetterman (1995). Se supone que en esta condición los animales no necesitan promediar las distintas duraciones, ya que cada operando predice la ocurrencia del mismo evento (el reforzador) pero en distintos momentos y lugares, lo que crea diferentes criterios de respuesta. Otra manipulación que facilita la observación de picos múltiples es cuando la distancia entre las duraciones entrenadas es grande: entre más alejadas estén entre sí, es más probable obtener picos múltiples en el patrón de respuesta (Leak, & Gibbon, 1995; Whitaker, Lowe, & Wearden, 2003).

En el presente estudio se replicaron algunas características del procedimiento de escalamiento categórico que se consideraron importantes para poder inducir la estimación temporal múltiple, pero modificaciones al procedimiento original (como la omisión del entrenamiento por pares, previo a la presentación simultánea de los tres operandos) impidieron replicar los resultados. En el presente estudio, hubo distintas fuentes de información disponibles para poder estimar las distintas duraciones a la entrega del

reforzador durante el entrenamiento: la extensión de cada una de las palancas, su localización espacial y el encendido de la luz general; pero la información que fue relevante en el entrenamiento dejó de serlo durante el entrenamiento del procedimiento de pico, debido a que el único estímulo que se mantuvo sin cambios en su presentación en esa fase, fue el encendido de la luz general; aparentemente, ésta controló la conducta de los animales durante los ensayos reforzados y no reforzados, así como también lo hizo, aunque en menor medida, la localización de las palancas, ya que los resultados de los ensayos pico mostraron que los sujetos respondieron a tres diferentes duraciones. Esto pudo ser resultado de dos cambios introducidos en este estudio al procedimiento estándar: 1) Las tres palancas de respuesta estuvieron presentes tanto en los ensayos reforzados como en los no reforzados, cuando usualmente solamente se presentan juntas durante estos últimos, y 2) durante las sesiones iniciales de presentación de los ensayos no reforzados, no se penalizaron las transiciones incorrectas entre palancas. Se asumió que los animales cambiarían entre palancas de manera ordenada, a medida que transcurriese el tiempo en el ensayo, cosa que no ocurrió. Es posible que las transiciones desordenadas impidieran observar que las duraciones aprendidas en la fase de entrenamiento pudieran haber sido estimadas de manera simultánea en la fase de prueba.

El análisis de los ensayos pico mostró que hubo un desplazamiento hacia la derecha en el patrón de respuesta. Se analizó si este desplazamiento fue producto de algún promedio entre las duraciones previamente entrenadas pero no se encontraron indicadores de que así hubiese ocurrido. Podríamos suponer que los animales estimaron de manera simultánea las distintas duraciones debido a que el desplazamiento se observó en todas las duraciones, sin embargo, debido a la pobre discriminación temporal y a la variabilidad en la tasa de respuesta, este hallazgo es poco concluyente. Adicionalmente y con respecto al modo de operación del presunto reloj interno, se puede mencionar que la ejecución en los ensayos pico con interrupciones proporcionaron una ligera evidencia de que el modo de operación del reloj utilizado por las ratas fue detención, sin embargo los resultados no fueron significativos porque el tamaño del desplazamiento no varió de manera sistemática en todos los sujetos y su valor no correspondió al tamaño de la interrupción.

Una posible explicación de los resultados obtenidos en este estudio es la pobre discriminación de las diferentes duraciones a lo largo del experimento, debidos, quizás, a algunos aspectos de la preparación experimental utilizada. Los diferentes cambios presentados a lo largo de las fases no permitieron que los animales aprendieran completamente las relaciones temporales relevantes para la estimación; por ejemplo, el cambio de marcador temporal de la fase de entrenamiento (una sola palanca presente) a la fase de prueba (tres palancas presentes) pudo ser determinante para la no aparición de la estimación simultánea. Otro cambio importante, como ya se mencionó, fue la no penalización de las transiciones incorrectas entre operandos, lo cual posiblemente produjo una disminución en la discriminación temporal y variabilidad en la secuencia de respuesta a los distintos operandos, lo que a su vez dificultó la aparición de la estimación temporal simultánea a la introducción de los ensayos pico.

Al parecer, la forma de entrenar la discriminación de las distintas duraciones determina la aparición de picos múltiples o el efecto de promediado de las duraciones almacenadas en memoria, sugiriendo que el procesamiento de la información temporal en estos procedimientos involucra diferentes reglas. Aquí se propone que no basta con que las distintas duraciones se almacenen en distintas memorias para que la estimación temporal simultánea ocurra; al parecer, las características de los estímulos que señalan las duraciones (naturaleza de los marcadores temporales), la distancia entre ellas y aspectos del entrenamiento, determinan cómo se procesarán las distintas duraciones (Meck, 1987; Brunner et al., 1992; MacInnis et al., 2010 & Swanton, et al., 2009, 2011).

En conclusión, los resultados obtenidos en este trabajo resaltan la importancia de desarrollar un procedimiento apropiado para el estudio y explicación de la estimación temporal simultánea pues las investigaciones hasta ahora reportadas no incluyen en sus procedimientos todas las variables involucradas. Church y colaboradores sugieren que la estimación temporal simultánea se puede observar bajo procedimientos estándar, sin embargo, queda por determinar cuál es el proceso involucrado en la integración de la información proveniente de los distintos marcadores temporales y el papel que éstos juegan en la conformación de los almacenes de memoria y la aplicación de los distintos criterios de respuesta. La revisión presentada muestra que se debe generar un procedimiento sencillo, el cual incluya la forma de presentación de los intervalos, su señalización y la distancia entre las distintas duraciones, para poder evaluar de manera

directa los distintos componentes involucrados en la estimación temporal múltiple y los supuestos de los diferentes modelos de estimación temporal acerca del fenómeno.

Uno de los objetivos de las próximas investigaciones será evaluar adecuaciones pertinentes al procedimiento utilizado en este estudio a fin de determinar si algunos de los resultados referidos en el procedimiento de escalamiento categórico, su antecedente más directo, son replicables en la especie aquí utilizada y si dichos resultados pueden ser explicados por los modelos ya mencionados. Otro objetivo es incorporar procedimientos provenientes del condicionamiento clásico (demora y huella), como los ya ensayados por Church y cols., para estudiar cómo se da la integración de la información temporal de las distintas duraciones y marcadores temporales, cuando se proporcionan al animal al menos dos claves para anticipar cuando estará disponible el reforzador: el inicio del estímulo y el reforzador (Kirkpatrick et al., 2000), todo esto con el objetivo de determinar las implicaciones de estos hallazgos para las teorías actuales de estimación temporal.

## Referencias

- Allan, L., & Gibbon, J. (1991). Human Bisection at the geometric mean. *Learning and Motivation*, 22, 39-58.
- Bizo, L., & White, G. (1994). Pacemaker rate in the behavioral theory of timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3, 308-321.
- Bizo, L., Chu, J., Sanabria, F., & Killeen, P. (2006). The failure of Weber Law in time perception and production. *Behavioural Processes*, 71, 201-210.
- Brunner, D., Kacelnik, A., & Gibbon, J. (1992). Optimal foraging and timing processes in the starling, *Sturnus vulgaris*: effect of inter-capture interval. *Animal Behavior*, 44, 4,597-613.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2000). Timing for the absence of a stimulus: the gap paradigm reversed. *Journal of Experimental Psychology Animal Behavioral Processes*. 26,305-322.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2009). Relativity Theory and time perception: Single or multiple clocks?. *PlosOne*, 4, 1-6.
- Cabeza de Vaca, S., Brown, B. L., & Hemmes, N. (1994). Internal Clock and memory processes in animal timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 184-198.
- Caetano, M. S., Guilhardi, P., & Church, R. (2007). Differences between simultaneous and blocked training detected by a transfer test. *Behavioral Processes*, 75, 176-181
- Catania, C., & Reynolds, G. S. (1968). A quantitative analysis of the responding maintained by interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 327-383.
- Cheng, K., & Roberts, W. A. (1989). Timing light and tone signals in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 15, 21-35.
- Cheng, K., & Roberts, W. A. (1989). Timing multimodal events in pigeons. *Journal of Experimental Analyses of Behavior*, 52, 363-376.
- Cheng, K., & Roberts, W. A. (1991). Three Psychophysical principles of timing in pigeons. *Learning and Motivation*, 22, 112-128.
- Cheng, K., Spetch, M., & Miceli, P. (1996). Averaging temporal duration and spatial position. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavioral Processes*, 22, 175-182.
- Church, R. (1978). The Internal Clock. En Hulse, H. S., Fowler, H. y Honig, W. K. (Eds). *Cognitive Processes in animal behavior*. Hillsdale, NJ: Erlabum, pp 277-310.
- Church, R. (1984). Properties of the Internal Clock. En Gibbon, J. & Allan, L. (Eds.) *Annals of the New York Academy of Science: Vol. 423. Timing and Perception*. New York Academy of Science, New York, pp 566-582.
- Church, R., & Deluty, M. Z. (1977).The bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3, 216-228.
- Church, R., Guilhardi, P., Keen, R., Maclnnis, M., & Kirkpatrick, K. (2003). Simultaneous Temporal Processing.En H. Helfrich (Ed.), *Time and Mind II*:



- Information processing perspectives. Gottingen, Germany: Hogrefe & Huber Publishers, p 3-19.
- Fairhurst, S., Gibbon, J., & Goldberg B. (1997). Cooperation, conflict and compromise between circadian and interval clocks in pigeons. *Advances in Psychology, Volume 120, pp 329-384.*
- Fairhurst, S., Gallistel, C. R., & Gibbon, J. (2003). Temporal landmarks: proximity prevails. *Animal Cognition, 6, 2, 113–120.*
- Fetterman, J. G., & Killeen, R. P. (1995). Categorical Scaling of Time: Implications for Clock Counter Models. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 21, 43-63.*
- Fetterman, J. G., & Killeen, R. P. (2010). Categorical counting. *Behavioral Processes, 85, 28-35.*
- Gibbon, J. (1977). Scalar Expectancy Theory and Weber Law's in animal timing. *Psychological Review, 84, 279-325.*
- Gibbon, J. (1990). Representation of time. *Cognition, 37, 23-54.*
- Gibbon, J. (1991). Origins of Scalar timing. *Learning and Motivation, 22, 3-38.*
- Gibbon, J., & Church, R. (1984). Sources of variance in an information processing theory of timing. En Roitblat, H. L., Bever T. G. y Terrace H.S. (Eds.) *Animal Cognition*. Hillsdale, NJ: Erlabum, pp 465-482.
- Guilhardi, P., & Church, R. (2005). Dynamics of temporal discrimination. *Learning and Behavior, 33, 399-416.*
- Kirkpatrick, K., & Church, R. M. (2000). Independent effects of stimulus and cycle duration in conditioning: The role of timing processes. *Animal Learning & Behavior, 28, 373 – 388.*
- Killeen, P., & Fetterman, G. (1988). A behavioral Theory of timing, *Psychological Review, 2, 274-295.*
- Killeen, P., & Fetterman, G. (1993). The behavioral Theory of timing: Transition Analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 59, 411-422.*
- Leak, T. M., & Gibbon, J. (1995). Simultaneous Timing of multiple intervals: Implications of the scalar property. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 21, 3-19.*
- López, F., & Menez, M. (2012). Transference effects of prior non-contingent reinforcement on the acquisition of temporal control on fixed-interval schedules. *Behavioral Processes, 90, 402-407.*
- Machado, A. (1997). Learning the temporal dynamics of behavior. *Psychological Review, 104, 241-265.*
- MacInnis, M. (2007). Do rats time filled and empty intervals of equal duration differently? *Behavioral Processes, 75, 182-187.*
- MacInnis, M., Marshall, A., Freestone, D., & Church, R. (2010). A simultaneous temporal processing account of response rate. *Behavioral Processes, 84, 506-510.*
- Malapani, C., & Fairhurst, S. (2002). Scalar timing in Animals and humans. *Learning and Motivation, 33, 156-172.*

- Meck, W., & Church, R. (1984). Simultaneous Temporal Processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 1-29.
- Meck, W. (1987). Vasopressin metabolite neuropeptide facilitates simultaneous temporal processing. *Behavioral Brain Research*, 23, 147-157.
- Meck, W., & Williams, C. L. (1997). Simultaneous temporal processing is sensitive to prenatal choline availability in mature and aged rats. *Neuroreport* 8, 3045-3051.
- Menez, M., & López, L. (2006). Interrumpiendo el Reloj interno: Efectos de la discriminabilidad y la localización de la interrupción. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 32, 27-36.
- Menez, M. (2012). Flexibilidad de la estimación de intervalos. En *Guilhardi, P., Menez, M., López, F., (Ed.)*, Tendencias en el estudio contemporáneo de la estimación temporal (en prensa).
- Olton, D., Wenk, G. L., Church, R., & Meck, W. (1988). Attention and the frontal cortex as examined by simultaneous temporal processing. *Neuropsychologia*, 26, 307-318.
- Roberts, S. (1981). Isolation of the Internal Clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 242-268.
- Roberts, S. (1984). What starts an internal clock?. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 273-295.
- Swanton, D. N., Gooch, C. M., & Matell, M. (2009). Averaging of temporal memories by rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 35, 434-439.
- Swanton, D. N., & Matell, M. (2011). Stimulus Compounding in interval timing: the modality-duration relationship of the anchor durations results in qualitative different response patterns to the compound cue. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 37, 94-107.
- Tatham, T.A., Davison, V.E., & Zurn, K.R., (1991). MED-PC Medstate Notation Version 2.0. *MED Associates Inc.*, Vermont
- Whitaker, S., Lowe, C., & Wearden, J. H. (2003). Multiple Interval timing in rats: Performance on two-valued mixed fixed-interval schedules. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 29, 277-292.
- Williams, D., Chubala, C., Mather, A., & Johns, K. (2009). Interstimulus interval and delivery cues influence timed conditioned responding in rats. *Learning and Motivation*, 40, 394-407.