



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Maestría y Doctorado en Psicología

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO

ESTIMACION Y MEMORIA DE SECUENCIAS TEMPORALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN PSICOLOGÍA

P R E S E N T A:

OSCAR ZAMORA AREVALO

Comité Tutorial

Tutor principal:

Tutor adjunto:

Tutor externo:

Jurado A:

Jurado B:

Jurado C:

Dr. Arturo Bouzas Riaño

Dr. Florente López Rodríguez

Dr. Carlos Fernando Aparicio Naranjo.

Dr. Javier Nieto Gutiérrez

Dr. Germán Palafox Palafox

Dr. David Natanael Velázquez Martínez

CIUDAD DE MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

De Dedicatorias

De nuevo y como siempre a mis jefes Silvia y José de Jesús, solo como un pequeña muestra de mi infinito agradecimiento.

A mis carnales (Gabriel, Zulma y Claudia) y familia en general.

A Renata, Arantxa, Amos Sebastian y Ambar Zoe como una señal de que desear no basta y de mi irrenunciable respeto y compromiso hacia ellos.

De Justificaciones y Agradecimientos

Antes, será mejor que haga explícita una implícita solicitud de perdón. Si quien lea esto se divierte poco con la imagen de alguien sentado frente a la computadora intentando dar coherencia al conocimiento acumulado del trabajo cotidiano de un laboratorio, lo siento mucho, pero nada puedo hacer al respecto. Lo que aquí se va a presentar es la experiencia acumulada de alguien que intenta ser un experto y profesional de este modo de ver la disciplina. El término profesional, no supone la posesión de un talento ni de grandes méritos, como ocurre con los futbolistas, artistas de vodevil o videntes. Significa supeditación a un modo de ganarse la vida. En la ocupación de idear, diseñar, correr experimentos e integrar pedazos de conocimiento, la acción no se limita a trabajo mental sino también físico, programar, reparar, meter y sacar sujetos, paseos de arriba a abajo mascullando las propias limitaciones, los irritados correcciones frente a computadora, entre muchos otros. La vida en un laboratorio se da adentro con estos sucesos y se expresa afuera con algunos otros (tesis, artículos, exámenes de grado, etc., etc.). Y sin embargo yo creo que es algo que debe contarse ¿Para qué? Para que genere algún ligero asombro el hecho de que la profesión pueda siquiera ejercerse. Ahí va, por consiguiente el recuento de unos cuantos fracasos y otras tantas equivocaciones, pero también de alguno pequeño logro. Pido disculpas por haber infringido mi innata modestia al mencionar este último. Pero, en un aspirante a doctor, el mero hecho de haber sobrevivido el proceso como tal ya justifica el clamor unísono de tres redobles de tambor e igual número de trombones en do. ¿Estoy satisfecho? Seguro que no. Ya he rebasado el límite de edad para obtener un doctorado prescrito por nuestras instituciones académicas, sin embargo pienso que el lapso fue necesario como una buena preparación a semejante fin.

Durante al menos los dos últimos años he acariciado la oportunidad de redactar esta página, que aunque uno quisiera que fuera natural y espontánea, hay a quienes les parece insignificante y hasta ridícula, con todo, creo que representa algo preciado para quien lo escribe, ya sea porque es el único momento y espacio de esparcimiento en el cual uno puede perder la formalidad, en ciertos casos hasta la compostura y en otros más extremos hasta herir involuntariamente susceptibilidades desconocidas.

No obstante es un placer abandonarse a ese tipo de deslices, aparte de que agradecer a todos aquellos que voluntaria o involuntariamente se atravesaron en el camino hacia un postgrado, creo que es una señal de benevolencia al agradecimiento. Una vez aclarado el punto.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y sus diversas dependencias, por el privilegio y la oportunidad de aspirar a obtener el máximo grado que concede esta institución (a pesar de mis reticencias), además de proporcionarme todos los recursos disponibles para que mi formación fuese más enriquecedora.

Uno quisiera poder expresar, a todos aquellos que moral, afectiva y materialmente contribuyeron a la realización de este trabajo y que fueron en más de una ocasión con sus consejos o con su amistad, el apoyo oportuno, que me permitió sobrellevar contrariedades y vencer los diversos obstáculos que presenta en ocasiones la vida académica (y la otra también), todo el agradecimiento y el sincero y leal afecto que por ellos siento, así como el homenaje que me complace en rendir a los que fueron mis verdaderos formadores mis colegas y amigos del Laboratorio de Comportamiento y Adaptación y de otros Laboratorios vecinos (primer piso Edificio D, para más especificaciones). Una palabra de afecto y agradecimiento para el Dr. Arturo Bouzas, que aparte de ser un científico y docente universitario íntegro, es quien más conoce de la disciplina sin que este “estar al tanto” suene a presunción. Mi agradecimiento a mis revisores los Doctores Florente López, Javier Nieto, Germán Palafox y David Velázquez, por su valiosas críticas y consejos para la mejora del presente trabajo, a si mismo al Doctor Carlos Aparicio por las pulcras e invaluable, críticas, revisiones y recomendaciones, quien corrigió y pulió este trabajo con un grado de compromiso y competencia, que quien solo vio el trabajo antes y después puede apreciar, mi más profundo respeto y agradecimiento.

Finalmente pero no menos importante, a los que en un principio fueron cuates y conocidos, de la chela, del rock, de la música, de las lecturas doctas y compartidas, del barrio, de los proyectos inacabados, de la fiesta interminable, de los maratones Guadalupe-Reyes, etc., etc. y que después se han convertido en compañeros y amigos de la convivencia y el transcurrir cotidiano, a todos ustedes, ¡Muchas gracias;

ÍNDICE

Resumen	3
ABSTRACT	4
A manera de introducción	5
CAPÍTULO 1	8
INTRODUCCION HISTORICA	8
CAPÍTULO 2	10
MÉTODOS DE ESTUDIO PARA LA DISCRIMINACIÓN Y LA REGULACIÓN TEMPORAL	10
Procedimientos de estimación y producción temporal en la experimentación animal	12
Procedimientos de estimación	12
Procedimientos de producción	13
CAPÍTULO 3	15
MEMORIA, PSICOFÍSICA Y ESTIMACIÓN TEMPORAL	15
CAPÍTULO 4	20
PROPUESTA EXPERIMENTAL	20
Experimento 1	21
Sujetos	21
Procedimiento	21
Fases de entrenamiento-adquisición	23
Fases de prueba-retención	24
Resultados	25
DISCUSIÓN	29
Experimento 2	31
Sujetos	31
Aparatos	31
Procedimiento	31
Resultados	32
Discusión	45
HIPÓTESIS DEL DECAIMIENTO DEL RECUERDO	48
HIPÓTESIS DE AMBIGÜEDAD DE LAS INSTRUCCIONES	49
Experimento 3	50
Sujetos	50
Procedimiento	50
Resultados	51
Discusión	62
Discusión y conclusiones generales	65
Conclusiones	70
ANEXO	72
HIPOTESIS EXPLICATIVAS DEL AJUSTE TEMPORAL DE LA CONDUCTA	72
Interpretaciones basadas en las conductas colaterales	74
Interpretaciones basadas en un reloj interno	75
Interpretaciones dinámicas basadas en rastros de memoria y aprendizaje	81
El Modelo de Entrada – Atencional	82
Modelos de Osciladores Múltiples	85
Conclusiones sobre las hipótesis explicativas del ajuste temporal del comportamiento.	86
Perspectivas del Desarrollo en la Estimación y Control Temporal	88
REFERENCIAS	90

Resumen

En el presente trabajo se reporta una serie de experimentos que tienen como ejes principales: 1) estudiar la habilidad para estimar secuencias de duraciones temporales, y 2) evaluar el papel que desempeña la introducción de un intervalo de retención (IR) ya sea entre las señales que componen la secuencias, al final de la secuencia o en ambas partes.

Se utilizó una preparación experimental conocida formalmente como *igualación simbólica a la muestra demorada* con palomas como sujetos experimentales. En el Experimento 1 se manipularon tanto la duración del intervalo de retención, como la introducción de este en dos tipos de condiciones: entre la terminación de la secuencia y la presentación de las teclas de elección (intervalo de retención al final de la secuencia, IRFS), y entre los componentes que formaban la secuencia (intervalo de retención entre componentes, IREC). En el Experimento 2 se manipularon las mismas condiciones, salvo que se evaluó el efecto de una condición adicional en la que los intervalos de retención aparecían entre los componentes de la secuencia y antes de la elección en el mismo ensayo, y además se corrieron condiciones de generalización. En el Experimento 3 las condiciones eran semejantes a las del segundo, excepto que se señaló diferencialmente el intervalo entre ensayos y el intervalo de retención, con el objetivo de evaluar si el efecto denominado “elección al corto”, ampliamente reportado en la literatura experimental, puede ser producto de alguna ambigüedad en el diseño o en las instrucciones.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los sujetos discriminan perfectamente secuencias de duraciones. La ubicación del intervalo de retención afectó diferencialmente la discriminación en ambas condiciones (IREC y IRFS); teniendo un mayor impacto cuando los intervalos de retención se presentaban al final de la secuencia (condición IRFS). Los índices de discriminación fueron asimétricos para las secuencias cortas y largas (efecto de elección al corto) en la condición IRFS, no así en la condición IREC. El “efecto de elección al corto” apunta más a una explicación en términos de una ambigüedad en las instrucciones, pero en general puede ser discutido en términos de un modelo de procesamiento de información para tareas de estimación temporal. Al comparar las curvas psicofísicas en las fases de generalización en los experimentos 2 y 3, las pendientes de las funciones psicofísicas se aplanaban (es decir, su valor disminuía) conforme se incrementaban los intervalos de retención, independientemente de que éstos se colocaran entre los componentes de la secuencia o al final de ésta.

ABSTRACT

In the present work a series of experiments is reported that have as central axes : 1) the study of the ability to estimate temporal sequences of durations, and 2) the evaluation of the role that have the introduction of a retention interval (RI) between the signals that compose the sequences, at the end of the sequence or in both parts.

A familiar experimental preparation known formally as delayed symbolic matching to sample was used with pigeons as experimental subjects. The Experiment 1 manipulated both the duration of the retention interval and its localization, arranging two conditions: between the end of the sequence and the onset of the choice period (retention interval at the end of the sequence, RIES), and between the components that formed the sequence (Retention Interval Between Components, RIBC). In the Experiment 2 the same conditions were manipulated, with an additional condition in which the retention intervals appear in both between components and at the end of the sequence in each trial; and in addition a condition of generalization was evaluated. In the Experiment 3 the condition were similar to those of the second, with the exception that the intertrials interval and the retention interval were signalled by different stimuli, with the aim of evaluate if the “choose short effect”, widely reported in the experimental literature, is a product of some ambiguity in the design or the instructions.

The results obtained allow us to conclude that the subjects discriminate sequences of durations perfectly. The location of the retention interval affected differently the discrimination in both conditions (RIBC and IRFS); being larger when the retention intervals appeared at the end of the sequence (condition RIES). The index of the discrimination were asymmetric for the short and long sequences (choose short effect) in condition RIFS, but not in condition RIEC. The “choose short effect” can be explained in terms of an instructional ambiguity, but more generally, it can be discussed in terms of an information processing model for tasks of temporal estimation. When analyzing the psychophysical curves in the phases of generalization in experiments 2 and 3, the slopes of the psychophysical functions were flattened (that is to say, its value decreasing) as the retention interval were increased, independently of its position in the sequence.

A manera de introducción

Ser capaz de anticipar y predecir la ocurrencia de un evento en espacio y tiempo es claramente una ventaja para todos los organismos, como se ha enfatizado a lo largo de la bibliografía psicológica. Algunos tipos de conducta (por ejemplo, condicionamiento clásico e instrumental, forrajeo sensitivo al riesgo y aprendizaje de habilidades motoras) muestran sensibilidad a los arreglos temporales de eventos de una manera que sugiere que los organismos son capaces de hacer “lo correcto en el tiempo correcto”. Consecuentemente, no es de sorprender que una amplia variedad de especies (desde abejas, peces, tortugas, aves, roedores y monos hasta humanos adultos e infantiles) muestren que la habilidad para utilizar información temporal en el rango de segundos a horas es importante, además de que ciertas propiedades psicofísicas permanecen similares a través de las especies (por ejemplo, Bateson y Kacelnik, 1997, 1998; Brodbeck, Hampton y Cheng, 1998; Gallistel, 1990; Lejeune y Wearden, 1991; Matell y Meck, 2000; Paule et al., 1999; Talton, Higa y Staddon, 1999).

Desde hace unos cuarenta años hemos presenciado la renovación espectacular de la psicología del tiempo, con muchas contribuciones empíricas y teóricas, reflejadas en una serie de obras colectivas que cubren una gama bastante amplia de los temas explorados. Las causas de esta renovación son múltiples. Tenemos el interés creciente por el tiempo biológico: los ritmos biológicos, por mucho tiempo reservados a algunos investigadores esotéricos, han encontrado al fin su sitio en la biología general y en la medicina, y han acrecentado el entendimiento de cuestiones de orden psicológico. Encontramos también la continuación de las indagaciones iniciales sobre la génesis de las nociones de tiempo (Friedman, 1982; 1990) o aun sobre lo que se llamó “horizonte temporal” (*time perspectives*) (Nuttin, 1963, 1979). No cabe duda, sin embargo, de que fue decisiva la incorporación de las técnicas del condicionamiento operante, pues permitió pasar al estudio del tiempo en organismos no humanos, proporcionando paralelamente nuevos instrumentos de validación en las investigaciones hechas con participantes humanos, marcadas por dificultades técnicas que serán recordadas más adelante.

Cabe mencionar que en el aparente desinterés por el estudio de la adaptación temporal influyeron razones que rebasaban el propio campo de esta área de conocimiento. Como señalan Richelle y Lejeune (1980), hasta la mitad del presente siglo, los psicólogos no tuvieron acceso a técnicas apropiadas que permitieran explorar de manera precisa la adaptación temporal del comportamiento. Por un lado, en la mayoría de los casos, la observación de este fenómeno requiere un estudio intensivo y prolongado de la conducta del sujeto, objetivo difícil de cumplir sin la ayuda de una tecnología altamente automatizada. Por otro lado, para controlar los parámetros temporales y sus relaciones con otras variables, se requieren sistemas

de registros cronométricos de fácil inspección y bastante más fiables y precisos que un mero experimentador con cronómetro en mano. En gran medida, el progreso técnico y metodológico que tuvo lugar en el campo del condicionamiento operante (bien ejemplificado por la caja de Skinner, el registro acumulativo y los programas de reforzamiento) posibilitó que se salvaran esas deficiencias. No es gratuito que la mayor parte de los resultados experimentales que encontramos en la bibliografía estén vinculados con la investigación en condicionamiento operante y que un buen número de ellos se desarrolle en el ámbito de la conducta animal.

Esto último refleja algo que, históricamente, ha venido ocurriendo en la psicología del aprendizaje: muchos fenómenos se exploran primero extensiva e intensivamente en el laboratorio de conducta animal y después, a partir de los hallazgos producidos en ese ámbito, se estudian con participantes humanos. Cabe aclarar que en el tema de la discriminación y la percepción temporales esto no parece ser el caso o no es tan claro, y de hecho pareciera que en ciertos momentos los hechos ocurrieron a la inversa, es decir, que el fenómeno fue ampliamente estudiado en humanos y posteriormente pasó a formar parte de los programas de investigación con otros organismos.

A pesar de la importancia del análisis operante y de sus técnicas, se toman en cuenta también otros resultados obtenidos en el desarrollo inicial de la psicología del aprendizaje (es el caso del condicionamiento pavloviano o de la tradición instrumental no operante, que se revisarán en el Capítulo 2). Igualmente, consideraremos aportaciones provenientes de tradiciones tan lejanas como la psicofísica del tiempo, ya que de ella se han recuperado para la psicología del aprendizaje tanto algunos de sus métodos, como parte del análisis cuantitativo y su formalización. Adicionalmente se detallan los procedimientos más comunes y contemporáneos utilizados en preparaciones de tipo operante. Es importante señalar que a partir de estos procedimientos, con pequeñas modificaciones, ha surgido una amplia gama de modelos que tratan de dar cuenta de los resultados obtenidos en este tipo de preparaciones (dichos modelos pueden ser revisados en detalle en el Anexo 1).

Es importante señalar que existen abundantes trabajos sobre tareas de estimación temporal en humanos (Gibbon y Allan, 1984; Grondin, 2001), pero pocos evalúan el efecto de imponer intervalos de retención antes de la prueba de elección, además de que no se realizan tareas de comparación con secuencias de duraciones. El Capítulo 2 evalúa dichos hallazgos y propone una serie de preparaciones experimentales que pueden arrojar resultados interesantes.

Adicionalmente, el presente trabajo estudia la psicofísica de la memoria de secuencias de duraciones. El interés en este problema tiene varios antecedentes, aunque se hace especial énfasis en los trabajos de Stubbs y sus colaboradores sobre la discriminación de la duración relativa de dos estímulos (Dreyfus,

Fetterman, Stubbs y Montello, 1992; Fetterman, Dreyfus y Stubbs, 1989; Stubbs, Dreyfus, Fetterman, Boynton, Locklin y Smith, 1994), cuestión que se trata con mayor detalle en el Capítulo 3. Básicamente, nuestro objetivo es determinar si las palomas pueden estimar correctamente la secuencia de dos duraciones, así como observar el impacto de la utilización de distintos intervalos de retención ya sea al final de la secuencia de duraciones, entre los estímulos a estimar de la secuencia o en ambas partes, cuestión que se trata con mayor detalle en el Capítulo 4.

En resumen, la intención del presente trabajo es proporcionar una visión amplia de cómo los organismos organizan e integran la información temporal. Por definición, también trataremos la memoria temporal operativa o el cambio que se da en la conducta a través del tiempo y la conceptualización del tiempo desde el estudio científico del comportamiento.

CAPÍTULO 1

Introducción histórica

El tiempo desempeña un papel fascinante en los estudios de la historia de la ciencia y la cultura (Greenaway, 1979; Whitrow, 1988). La forma en que diversas personas han concebido el tiempo ha afectado profundamente su visión de su relación con la naturaleza. El tiempo y el espacio constituyen las coordenadas o dimensiones básicas en las que se desarrollan todas las actividades de todos los seres vivos. Son los referentes necesarios cuando hablamos acerca de historia, de procesos de desarrollo, de cambio o maduración, del recuerdo y el olvido, de la conducta aprendida, del funcionamiento biológico, etc., además de ser variables de control que se encuentran en todas partes. Los filósofos griegos concebían el tiempo como una característica derivada del espacio, de modo que la realidad final vista dentro de este marco de trabajo dependía más de la geometría estática que de los cambios dinámicos. Obviamente, la tecnología de que disponían los griegos no les permitía obtener una medida precisa de los intervalos cortos de tiempo (esenciales para el análisis de la dinámica del comportamiento o de la vida mental). Por esta razón, ningún dato contradecía sus concepciones relativamente estáticas. Casi dos milenios más tarde, la revolución científica de los siglos XVI y XVII, basada en el desarrollo de nueva tecnología, vino a posibilitar la medición de los intervalos o períodos muy pequeños de una manera más precisa. Podemos decir entonces que en comparación con la psicología del espacio, la psicología del tiempo tuvo en el pasado un sitio bastante marginal, aunque no fue totalmente despreciada. Son pocos los psicólogos que se dedicaron entre 1860 y 1960 al estudio del tiempo psicológico, bajo uno u otro de sus aspectos, y aparecen además como precursores; encontramos entre ellos particularmente a Guyau (1890, reeditado por Michon, Pouthas y Jackson, 1988); Janet (1928), con sus notables intuiciones a propósito del tiempo y la memoria; Piaget (1978), quien investigó el desarrollo del concepto de tiempo; Fraisse (1957), quien investigó la percepción del tiempo; y Cohen (1954), quien investigó la estimación de las duraciones en el ser humano. La mayoría de los especialistas en esas épocas fueron europeos, sobre todo francófonos (véase en Richelle, 1992 y 1993a, un esbozo de la historia de la psicología del tiempo; una revisión desde otra perspectiva aparece en Woodrow, 1951). Además, es notable que sus investigaciones se fijaran exclusivamente en el hombre.

Durante los últimos veinte años se han publicado algunos libros excelentes sobre el tópico de tiempo y conducta, de los cuales cabe resaltar los siguientes: la influyente monografía de Richelle y Lejeune (1980); el volumen editado en la serie de la New York Academy of Sciences por Gibbon y Allan (1984), en el cual dos expertos en la investigación temporal, uno con animales y otro con humanos, hacen la primera aproximación integral al fenómeno; el volumen de la serie *Psychology of Learning and Motivation* editado

por Bower (1991); las memorias de las conferencias de la primera reunión *Time, Action and Cognition* (Macar *et al.*, 1992); el número especial de la revista *Learning and Motivation* publicado en 1991; el libro *Time and the Dynamic Control of Behavior* editado por De Keyser, d'Ydewalle y Vandierendonck (1998), en el que se presentan, desde una perspectiva multidisciplinaria, hallazgos de la investigación básica y de campo en disciplinas tales como psicología del trabajo, ciencias de la computación y ergonomía, que no sólo se centran en las estructuras mentales subyacentes al proceso temporal, sino que también analizan el proceso mismo y cómo los individuos pueden controlar situaciones dinámicas; el libro *Time and Behavior* editado por Bradshaw y Szabadi (1997), que intenta hacer un análisis y una aproximación entre investigación psicológica y neurofisiológica; el libro *Timing of Behavior* editado por Rosebaum y Collyer (1998), que abarca una perspectiva neuronal, psicológica y computacional; el libro *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*, editado en 2004 por uno de los principales investigadores en el área, Warren H. Meck, en el que se muestra la investigación temporal en relación con aspectos celulares, genéticos, computacionales, electrofisiológicos y de neurociencia cognitiva integrando y sintetizando el conocimiento que se tiene acerca del área, a nivel tanto empírico y teórico como técnico; y, finalmente, el libro *Time and Mind II: Information Processing Perspectives*, editado también en 2003 por Hede Helfrich, en el que destacados investigadores del área buscan establecer una visión unificada del tiempo psicológico para cerrar la brecha existente entre “el procesamiento de información temporal” y “el procesamiento temporal de la información”. A esta lista se suman algunos números especiales editados recientemente en diversas revistas, como los de *Behavioral Processes*, titulados “Interval Timing: Is there a Clock?” (1998, 1999), “Interval Timing: The Current Status” (2006) y “The Psychology of Time: A Tribute to the Contributions of Russell M. Church, Comparative Cognition Society” (2007), así como el número especial editado en *Brain and Cognition*, titulado “Neuropsychology of Timing and Time Perception” (2005), y el editado en *Psychologie Française* titulado “Le temps psychologique” (2005). Todos estos trabajos nos demuestran el amplio interés que existe actualmente en el área.

CAPÍTULO 2

MÉTODOS DE ESTUDIO PARA LA DISCRIMINACIÓN Y LA REGULACIÓN TEMPORAL

La influencia de la tradición psicofísica

La tradición de la psicofísica del tiempo contiene numerosos procedimientos destinados a estudiar cómo perciben el tiempo los humanos. Varios autores proponen cuatro tipos fundamentales (Bindra y Waksberg, 1956; Clausen, 1950; Hick, Miller y Kinsbourne, 1976; Wallace y Rabin, 1960; Zakay, 1998):

Método de estimación verbal: se le presenta al sujeto un estímulo con determinada duración y se le pide que la estime, ya sea en unidades de tiempo convencionales (por ejemplo, segundos) o en relación a alguna unidad arbitraria establecida previamente (por ejemplo, un sonido presentado con anterioridad, en cuyo caso se le pregunta al sujeto cuántas veces o unidades como la escuchada contiene la duración del estímulo a juzgar). En este método, el estímulo es temporal y la respuesta del sujeto es verbal.

Método de producción: el experimentador menciona una unidad de tiempo y el sujeto debe realizar una tarea durante esa cantidad de tiempo. Aquí el estímulo es verbal y la respuesta es temporal.

Método de comparación: se presenta un estímulo con determinada duración y el sujeto debe informar si la considera más corta o más larga que la duración de un estímulo presentado con anterioridad. Como en el método de estimación, los estímulos son temporales y la respuesta del sujeto es verbal, pero aquí la respuesta está en función de la relación que mantienen los dos estímulos temporales.

Método de reproducción: se le pide al sujeto que reproduzca (por ejemplo, presionando un botón) una duración equivalente a otra presentada como modelo. Aquí, tanto el estímulo como la respuesta son temporales.

Aunque en estudios con humanos ningún método ha mostrado superioridad general sobre los otros (Allan, 1979; Zakay, 1993), varios estudios sugieren que los métodos de estimación verbal y producción son menos confiables que los de reproducción operativa (por ejemplo, Block, 1989; Zakay, 1998). En el método de estimación verbal, los sujetos dan un estimado verbal en unidades temporales convencionales (por ejemplo, las unidades en que mide el tiempo un reloj, como serían segundos o minutos), mientras que en el

método de producción los sujetos generan una duración establecida por el experimentador en unidades de reloj. Obviamente, ambos métodos se basan en una traducción de las duraciones en unidades de tiempo socialmente aprendidas, esto es, dependen de la relación entre el tiempo subjetivo a el tiempo del reloj (Block, 1989; Clausen, 1950). En contraste, ni el método de reproducción ni el de comparación requieren de dicha traducción (Block, 1989), de modo que los resultados obtenidos por ambos parecen estar libres de esta posible confusión (Rammsayer, 1997).

Con el método de reproducción, los sujetos activan y detienen algunos dispositivos de medida. Si bien parece ser un procedimiento apropiado para estimar duraciones largas, la latencia de las respuestas motoras es demasiado larga como para evaluar confiablemente la estimación de duraciones muy breves. Por tanto, para la cuantificación de ejecuciones de procesamiento temporal de duraciones breves, en el rango de los milisegundos, conviene utilizar el método de comparación.

En el ámbito del procesamiento temporal en sujetos no humanos, Catania (1970) retoma los procedimientos aquí presentados y los aplica con programas de reforzamiento que suponen ejecuciones de los sujetos espaciadas en el tiempo (tiempo fijo TF, intervalo fijo IF, reforzamiento diferencial de tasas bajas RDB, etc.). En los estudios sobre discriminación y regulación temporal con animales se han empleado fundamentalmente dos de estos procedimientos, con diversas modificaciones: el de estimación y el de producción (Catania, 1970; Church, 1978).

En la literatura más reciente sobre control, ejecución y estimación temporales se hace otra distinción metodológica, (Killeen y Fetterman, 1995; Killeen, Fetterman y Bizo 1997; Block, 1989; Block y Zakay, 1997; Boltz, 1995; Brown y Stubbs, 1988; Ho Ho, Velázquez –Martínez, Bradshaw, y Szabadi, 2002; Zakay, 1998). En este caso, los procedimientos o paradigmas experimentales para estudiar la medición temporal en los animales podrían clasificarse en función de que las respuestas proporcionadas por los sujetos: A) reflejen el flujo de la conducta en tiempo real: procedimiento inmediato; B) estén basadas en un intervalo de tiempo ya transcurrido: procedimiento retrospectivo; y C) anticipen un intervalo de tiempo aún por transcurrir: procedimiento prospectivo. Estas tres categorías se corresponderían, respectivamente, con: a) los métodos de producción; b) los métodos de estimación; y c) los procedimientos de demora del reforzamiento y conducta de elección. Aquí haremos un énfasis a y b.

Procedimientos de estimación y producción temporal en la experimentación animal

Procedimientos de estimación

En los procedimientos de estimación más simples, los sujetos son sometidos, en una caja de

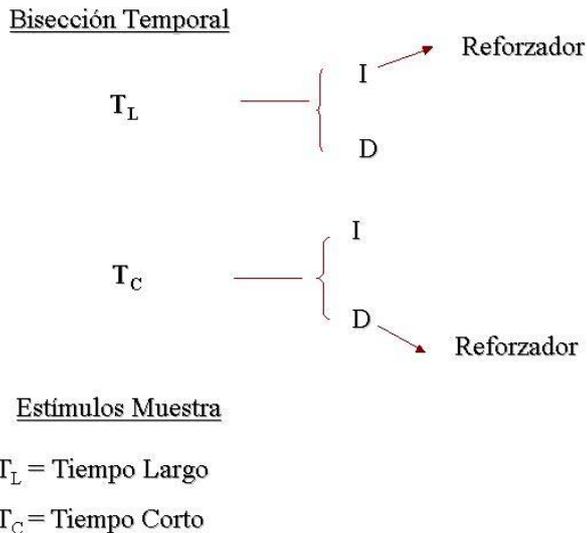


Figura 1. Representación esquemática de un procedimiento de bisección (ver detalle en el texto).

condicionamiento operante, a diferentes ensayos en los que los estímulos se presentan con duraciones distintas (por ejemplo, una duración corta de 4 segundos y otra larga de 16 segundos). Posteriormente, los sujetos tienen acceso a dos palancas (izquierda y derecha). En los ensayos en que se presentó el estímulo con duración corta, la presión de uno de los operandos (por ejemplo, el izquierdo) produce el reforzador, mientras que la presión del otro (el derecho) no produce el reforzador. Lo contrario ocurrirá cuando el estímulo haya durado 16 segundos: entonces la presión del operando derecho producirá el reforzador

y éste no aparecerá si el animal responde presionando el izquierdo (Figura 1).

De manera general, podemos decir que los procedimientos de estimación temporal se basan en la discriminación de la duración de los estímulos: ante un estímulo con una duración concreta (que presentamos a manera de pregunta), los sujetos nos informan, mediante la elección de una palanca, el tiempo aproximado que, según su estimación, ocupa el estímulo.

Tras el entrenamiento inicial, que permite al sujeto aprender a discriminar entre las dos duraciones, se lo puede someter a prueba mediante ensayos no reforzados con duraciones del estímulo situadas entre los dos valores entrenados, para observar a qué palanca responde. En esta prueba de generalización temporal, si observamos que el animal, ante una duración determinada del estímulo presentada en varias ocasiones, elige preferentemente una de las dos palancas, podemos concluir que estima esa duración de prueba como

semejante al criterio temporal (corto o largo) elegido. Este procedimiento permite determinar cuál duración, entre las de la prueba de generalización, estima el sujeto como punto medio entre los dos criterios entrenados; ésta será, por supuesto, aquella duración del estímulo (situada entre 4 y 16 segundos para el ejemplo anterior) ante la que el sujeto manifieste indiferencia, eligiendo en el 50 por ciento de los ensayos una palanca y en el otro 50 por ciento la otra (experimentos de bisección temporal: Church, 1978; Church y Deluty, 1977; Machado y Keen, 1999). Las curvas psicofísicas extraídas de los datos se caracterizan porque el punto de bisección, localizado dentro de la duración percibida subjetivamente, está a la misma distancia de las dos duraciones estándar, de modo que induce el 50 por ciento de cada respuesta. Un punto de bisección más cercano a la media aritmética puede sugerir una escala subjetiva lineal, mientras que un punto de bisección cercano a la media geométrica podría reflejar una escala subjetiva logarítmica. Sin embargo, los distintos grupos de datos obtenidos con participantes humanos y no humanos son consistentes con alguna escala subjetiva particular: el punto de bisección puede ser cercano a la media geométrica (ver, por ejemplo, Church y Deluty, 1977; Maricq, Roberts y Church, 1981; Allan y Gibbon, 1991) o a la media aritmética (ver también Shurtleff, Raslear, Genovese y Simmons, 1992), dependiendo, entre otras variables, de una razón estándar de estímulos largo/corto (Wearden y Ferrara, 1995; Wearden y Ferrara, 1996). La forma exacta de la función psicométrica y la definición de los índices de estimación generados difieren algo entre diferentes tipos de programas de estimación (Grondin, 2001).

Procedimientos de producción

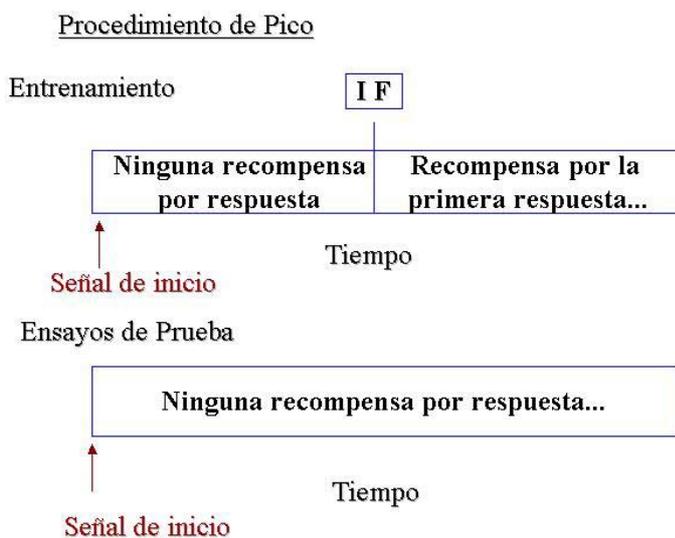


Figura 2. Representación esquemática del procedimiento de pico (ver detalle en el texto).

El procedimiento de producción más simple consiste en presentar ensayos en que el reforzador aparece tras la primera respuesta dada después de un tiempo establecido, que es ocupado por una señal constante. Esto, naturalmente, es un programa de IF con ensayos discretos. La evolución de la tasa de respuesta a lo largo del intervalo, con la pausa inicial y la posterior aceleración progresiva que caracteriza este tipo de programas, se toma aquí como medida de la discriminación temporal, es decir, como índice de que el tiempo subjetivo se

aproxima al criterio temporal entrenado. Al procedimiento básico se le pueden añadir ensayos de prueba en

los que el estímulo entrenado está presente, pero con una duración notoriamente mayor que en los ensayos descritos antes, y en los que se omite la aparición de comida (programa en extinción en un tiempo fijo TF más largo que el IF previo). Este procedimiento fue originalmente presentado por Catania (1970) y se conoce como *procedimiento del máximo de respuesta* (en la bibliografía española) o *procedimiento de pico* (en la bibliografía latinoamericana; ver Figura 2), a partir de Roberts (1981). Es llamado así porque podemos observar en qué instante (tiempo pico) dentro de los ensayos de prueba el sujeto presenta la mayor tasa de respuesta (tasa pico), instante que nos permite concluir cuando considera el sujeto que ha transcurrido el tiempo necesario para que aparezca el reforzador.

De forma general, puede decirse que el procedimiento de pico se centra en la producción de respuestas ante propiedades temporales del ambiente: tras cierta duración del estímulo, el sujeto nos informa de su medición temporal produciendo la respuesta a tasas diferentes (Roberts, 1981; Gibbon y Church, 1990b). El procedimiento de pico ha ido adquiriendo una creciente popularidad porque también suministra información sobre la estimación que hace el sujeto del momento en que aparecerá el reforzador; ello se logra observando el tiempo pico, el instante de máxima tasa de respuesta (para una revisión reciente, ver Roberts, 1998; Meck, 2005).

CAPÍTULO 3

MEMORIA, PSICOFÍSICA Y ESTIMACIÓN TEMPORAL

Un aspecto fundamental en el análisis de la memoria de trabajo o memoria a corto plazo, con respecto a la duración de eventos, es la naturaleza de la representación, o codificación que determina la eficacia de la ejecución a lo largo de distintos intervalos de retención. Ahora, a más de un cuarto de siglo del artículo seminal de Roberts (1972), el *procedimiento de igualación a la muestra demorada* es sin duda la principal herramienta analítica utilizada en cientos y muy probablemente miles de estudios sobre este proceso de memoria de trabajo o de retención a corto plazo en organismos no humanos. Una versión comúnmente implementada de esta tarea consiste en trabajar con palomas en una caja estándar de condicionamiento operante equipada con tres teclas de picoteo que pueden ser iluminadas por distintos estímulos (que varían en color, forma geométrica, patrones de líneas y orientación de las líneas) y en la que el reforzamiento consiste en tiempos de acceso a un comedero con grano localizado regularmente debajo de la tecla central. Se han hecho varios experimentos con palomas en este tipo de procedimiento para investigar la memoria de trabajo para tiempo. Inicialmente, los sujetos son entrenados a igualar un estímulo muestra que se presenta en la tecla central con diferentes duraciones. Dado que el tiempo de exposición y el color de la tecla corresponden a dimensiones diferentes, la relación aprendida es una igualación a la muestra simbólica o igualación condicional (Honig y Wasserman, 1981). Por ejemplo, la tecla central se ilumina durante ya sea 2 u 8 segundos, e inmediatamente después se iluminan las teclas laterales, roja una y verde la otra, de modo que picar en la verde proporciona reforzador si la duración de la central fue de 2 segundos, mientras que picar la roja proporciona reforzador si la tecla central tuvo una duración de 8 segundos. Después de que las palomas han aprendido a discriminar la duración de tiempos eficazmente, al picar en el color o la tecla correcta, se introducen las pruebas de memoria mediante la demora del inicio de las teclas laterales por un número variable de segundos después de haber presentado la duración o estímulo muestra. Las curvas de retención muestran que el porcentaje de elecciones correctas en intervalos de retención sucesivos comúnmente producen un fenómeno llamado *efecto de elección al corto* (Kraemer et al., 1985; Spetch y Wilkie, 1982). Después de la muestra de duración corta (en este ejemplo, 2 segundos), las curvas de retención declinan sólo gradualmente sobre el intervalo de retención (IR). Sin embargo, después de la muestra larga (8 segundos), el olvido ocurre mucho más rápidamente y las curvas de retención caen por debajo del 50 por ciento del nivel de elección. El efecto de elección al corto se refiere al hecho de que, conforme el IR se hace más largo, las palomas muestran un incremento en la preferencia por los estímulos prueba (verde en este ejemplo) asociados con la duración muestra corta.

La principal interpretación teórica del efecto de elección al corto es la *teoría del acortamiento subjetivo*, la cual sugiere que tras varios segundos de presentado un estímulo muestra con duración de 8 segundos, éste sólo puede ser recordado como de 4 ó 2 segundos de duración. Como la memoria para un estímulo muestra largo (8 segundos) se acorta, esto puede hacer más frecuente juzgarlo como muestra corta e incrementar la elección de la tecla correspondiente (verde). Aunque la memoria para el estímulo muestra corto (2 segundos) también puede acortarse subjetivamente, esta memoria debería ser más similar al estímulo muestra corto que al largo. Varias líneas de evidencia ahora soportan la noción de que el efecto de elección al corto se desprende del “acortamiento subjetivo” de la representación de las duraciones de los estímulos (Grant, Spetch y Kelly, 1997; Spetch y Shina, 1989; Wlkie y Willson, 1990). Otros tantos estudios proporcionan evidencia adicional y han revelado una pronunciada asimetría en las funciones de retención en los ensayos de muestra cortos y largos, tanto en palomas (Cabeza de Vaca, Brown, & Hemmes, 1994; Fetterman, 1995; Grant, 1991; Grant y Spetch, 1993; Grant, Spetch y Kelly, 1997; Santi, Ducharme y Bridson, 1992; Santi, Hornyak y Miki; 2003), como en humanos (Lieving, Lane, Cherek y Tcheremissine, 2006; Rattat y Droit-Volet, 2005; Wearden y Ferrara, 1993) y en ratas (Church, 1980; Leblanc y Soffié, 2001).

Sin embargo, otros investigadores han argumentado que el *efecto de elegir corto* puede ser explicado sin suponer un proceso de acortamiento subjetivo, de modo que no proporcionaría evidencia definitiva de una codificación analógica de la duración muestra. En particular, se han ofrecido dos explicaciones del fenómeno, en las que los procesos de codificación no necesariamente han sido analógicos. De acuerdo con la explicación desarrollada por Kraemer *et al.* (1985), las palomas codifican categóricamente muestras que difieren en duración, en términos de una representación ya sea retrospectiva (“corta” y “larga”) o prospectiva (“picar verde” y “picar roja”). Para explicar el efecto de elegir corto, estos autores suponen que, en ausencia de un código recordado, hay un sesgo a responder a la comparación asociada con la muestra corta. Ellos sugieren que el sesgo a responder al corto en ausencia de un código surge porque el animal juzga el contenido de la memoria de trabajo (por ejemplo, “nada”) como más parecido a un evento corto que a un evento largo. Killeen y Fetterman (1988) han notado la plausibilidad de la suposición de un sesgo, de modo que se podría cuestionar la viabilidad de la explicación del efecto al corto de Kraemer *et al.* (1995).

Grant (1993) y Dougherty y Wixted (1996) han notado la similitud empírica entre el efecto de elegir corto obtenido con duraciones muestra cortas y largas y el “efecto de elegir no muestra” obtenido con ausencia versus presencia de la muestra (por ejemplo, no ocurrencia versus ocurrencia de comida, no ocurrencia versus ocurrencia de un triángulo). El “efecto de elegir no muestra” se refiere al hallazgo de que si

la demora es prolongada, hay olvido marcado en los ensayos con muestra presente, pero poco olvido en los ensayos con muestra ausente (Colwill, 1984; Dougherty y Wixted, 1996; Grant, 1991; Sherburne y Zentall, 1993; Wixted, 1993). Los autores de estos estudios sostienen que las funciones asimétricas de retención son un indicio del desarrollo de una estrategia de codificación cognitivamente eficiente, en la que sólo se codifica la presencia de la muestra, y la comparación asociada con ausencia es elegida por *default* siempre que la memoria de muestra presente no estuviera disponible (Colwill, 1984; Grant, 1991, 1993; Maki, 1981; Sherburne y Zentall, 1993).

Los resultados de estos experimentos no han sido evaluados en términos de procesos de memoria, sino como evidencia de un modelo de discriminación temporal que supone la presencia de un reloj interno compuesto por un generador de pulsos o marcapasos con un interruptor que permite el paso de los pulsos a un acumulador-contador que lleva el registro de la duración. Se argumenta que en condiciones estándares — cuando la señal a estimar se presenta de manera ininterrumpida—, el interruptor permanece cerrado, dejando pasar los pulsos del generador al acumulador; sin embargo si la señal se interrumpe (presencia de un intervalo de retención), el interruptor se abre e impide que los pulsos se sigan acumulando (Gibbon, Church, & Meck, 1984; Gallistel & Gibbon, 2000). Solo hasta muy recientemente los resultados obtenidos con la tarea de igualación simbólica a la muestra demorada se han discutido en términos de una explicación de reloj interno (ver Anexo para una explicación mas detallada de estos modelos).

Una aproximación más parsimoniosa para interpretar el efecto de elegir corto es la propuesta por la *teoría de fuerza del trazo o hipótesis del decaimiento del recuerdo* (Cabeza de Vaca, Brown y Hemmes, 1994; Staddon y Higa, 1999; Staddon, 2001), que puede servir como un modelo para la estimación temporal “libre de reloj o de un generador de pulsos”, porque la fuerza del trazo o de la huella de memoria sustituye a la acumulación de pulsos. El modelo es capaz de explicar en gran parte ciertos datos para los cuales se supone que es necesario un reloj interno, es decir, atribuye la habilidad para estimar tiempo en los organismos a la fuerza relativa de trazos de memoria sobre el tiempo. Además, el modelo puede ser aplicado a otros fenómenos asociados con estimación temporal para los cuales puede ser difícil imaginar una explicación basada en un reloj interno. Según esta propuesta, el recuerdo de la duración estimada decae de forma no lineal como una función de la duración del intervalo de retención, pero variando linealmente con la longitud del mismo. Un intervalo de retención pequeño da lugar a un decaimiento pequeño, mientras que si el intervalo de retención es lo suficientemente prolongado, el recuerdo de la duración decaerá casi totalmente.

En trabajos posteriores (Dreyfus, Fetterman, Stubbs y Montello, 1992; Fetterman, Dreyfus y Stubbs 1989; Stubbs, Dreyfus, Fetterman, Boynton, Locklin y Smith, 1994) acerca de la discriminación de la

duración relativa de dos estímulos, se entrenó a palomas en una tarea de discriminación temporal en la cual una luz roja de cierta duración (t_1) era seguida por una luz verde de otra duración (t_2), y entonces la comida era proporcionada por diferentes respuestas a elegir, dependiendo de la relación temporal entre t_1 y t_2 . En la condición básica, una elección era reforzada cuando $t_1 > t_2$, y la elección alterna era reforzada cuando $t_2 > t_1$; en otras palabras, los sujetos eran entrenados a identificar la más larga de las dos duraciones de estímulos sucesivos, con alrededor de 900 diferentes combinaciones de las dos duraciones entremezcladas en los ensayos. En otras condiciones se utilizó una comparación temporal aparentemente más compleja, que requería que los sujetos discriminaran si la razón de dos duraciones (t_1/t_2) era menor o mayor que un criterio de razón específica. Bajo la condición de 2:1, por ejemplo, una elección era reforzada cuando la razón t_1/t_2 era menor que 2:1 (por ejemplo, 9s vs. 6s) y la elección alterna era reforzada cuando la razón era mayor que 2:1 (por ejemplo, 9s vs. 3s). En las tareas se utilizaron diferentes criterios de razón (4:1, 2:1, 1:2, 1:4), además de la tarea básica, todas las cuales implicaban la simple comparación de corto-largo. El principal resultado es que la discriminabilidad está directamente relacionada con la razón temporal de los dos estímulos e inversamente relacionada con la duración del segundo estímulo. Las curvas tienen forma de ojiva y se muestran ordenadas, pero lo más importante es que las pendientes de las curvas son muy similares, señal de que la eficacia de la discriminación fue comparable a través de las condiciones. Evidentemente, las diversas tareas de discriminación temporal fueron similares desde la perspectiva de las palomas: si bien la discriminación implica un juicio, que puede ser descrito en términos simples (“mayor que”) o que requiere una descripción verbal más compleja (“si rojo es más que el doble de la duración de verde”, etc.), las tareas evidentemente fueron comparables.

Para estudiar el control temporal del comportamiento también se utiliza una variante del procedimiento de pico (descrito en el Capítulo 2), conocida como *procedimiento de pico con interrupción (gap)*, que consiste en introducir un intervalo de retención durante el intervalo fijo y que no altera el momento de la máxima tasa de respuesta (Cabeza de Vaca, Brown y Hemmes, 1994). Se argumenta que en condiciones estándares —cuando la señal a estimar se presenta de manera ininterrumpida—, el interruptor permanece cerrado, dejando pasar los pulsos del generador al acumulador; sin embargo, si la señal se interrumpe (lo que ocurre en el procedimiento de pico con interrupción), el interruptor se abre e impide que los pulsos se sigan acumulando (Gibbon, Church y Meck, 1984; Gallistel y Gibbon, 2000). Lo que se ha observado es que los animales parecen suspender su procesamiento temporal ante la interrupción y eligen una de dos reglas de respuesta: reiniciar el reloj o pararlo. Esta hipótesis parte del supuesto de que los animales recuerdan el intervalo estimado durante la interrupción o período de retención, por lo que se considera que este procedimiento permite probar la memoria para la discriminación temporal. La forma de determinar la regla de respuesta elegida por los animales consiste en medir el cambio en el tiempo pico, comparando los

ensayos con y sin interrupción y determinando a qué se parece dicho cambio: a “parar” o a “reiniciar” el reloj (Cabeza de Vaca, Brown y Hemmes, 1994).

Hasta aquí, los antecedentes presentados revelan que los animales pueden discriminar duraciones de eventos simples, y revelan también los efectos de utilizar un intervalo de retención en dicha discriminación (ya sea con procedimientos de pico con interrupción o con igualación simbólica a la muestra demorada). Sin embargo, es difícil encontrar estudios que hayan presentado eventos relativamente simples de manera secuencial y con intervalos de retención.

Es claro que los diversos tipos de procedimientos utilizados para estudiar la discriminación temporal difieren uno del otro en cuanto a las contingencias de reforzamiento que han implementado. No obstante, las conductas de estimación y control temporal mantenidas por estos procedimientos tienen características en común que trascienden esas diferencias. Los resultados de estos experimentos no han sido evaluados en términos de procesos de memoria, sino como evidencia de un modelo de discriminación temporal que supone la presencia de un reloj interno compuesto por un generador de pulsos o marcapasos con un interruptor que permite el paso de los pulsos a un acumulador-contador que lleva el registro de la duración.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA EXPERIMENTAL

El presente estudio intentó integrar en una sola tarea dos procedimientos, el de *pico con interrupción* y el de *igualación simbólica a la muestra con demora*. El propósito fue estudiar el efecto de los intervalos de retención sobre la retención de las duraciones bajo condiciones en que se interrumpe la presentación de la secuencia de duraciones a estimar. El procedimiento consistió en presentar secuencias compuestas cada una por dos estímulos relativamente simples y de diferente duración, agregando a cada secuencia un intervalo de retención (IR) que se colocaba ya sea al final de ésta o entre los dos estímulos que la componían.

Los objetivos fueron: 1) determinar si las palomas pueden discriminar la suma de las duraciones de dos estímulos presentados en secuencia, y 2) evaluar si la introducción de un intervalo de retención afecta diferencialmente los índices de discriminación según se coloque al final de la secuencia de duraciones o entre los estímulos que la componen. Si los dos periodos de retención afectan procesos de memoria, no esperaríamos encontrar una diferencia en sus efectos. Por el contrario, si el periodo de retención que se presenta entre los dos estímulos detuviese un supuesto reloj interno, esperaríamos encontrar un efecto diferencial entre las dos condiciones.

De acuerdo con los hallazgos ya obtenidos con el procedimiento de *pico con interrupción*, cuando se colocan los intervalos de retención entre los componentes de la secuencia, los índices de discriminación no cambian sustancialmente, lo cual implica que el reloj se detiene. En cambio, cuando el intervalo de retención se coloca al final de la secuencia, los índices de discriminación sí cambian, lo cual implica que el reloj se reinicia (Buhusi, Sasaki y Meck, 2002; Buhusi, Paskalis, y Cerutti, 2006).

Experimento 1

Sujetos

Siete palomas criollas, cuatro experimentalmente ingenuas y tres con experiencia en otros estudios, participaron como sujetos. Las palomas fueron reducidas al 80% del peso que adquirieron en 30 días de acceso libre al alimento y se alojaron en jaulas individuales con acceso libre a agua y grit cárico en una habitación donde se controlaba la temperatura y el ciclo de luz-oscuridad (12 h por 12 h).

Aparatos

Cuatro cajas operantes para palomas, de 37 cm de largo, 30 cm de ancho y 35 cm de altura. Dentro de cada caja había una rejilla de 36 cm de largo, 29 cm de ancho y 5 cm de espesor como piso. En la pared frontal de cada caja, a 21 cm del piso, había tres teclas de respuesta de 2.7 cm de diámetro que requerían de una fuerza aproximada de 0.15 N para ser operadas; una estaba en el centro, otra 7 cm a la derecha de ésta y la tercera 7 cm a la izquierda. Detrás de las teclas se instalaron tres focos de 2 W que se podían iluminar de color verde, rojo o amarillo. Abajo de la tecla central, a 5.5 cm del piso, se montó un comedero que al ser activado por un solenoide entregaba una mezcla de grano mejorado (maíz, garbanzo, lenteja, linaza, sorgo, nabo, trigo, girasol), al tiempo que se encendía una luz blanca que proporcionaban dos focos de 2 W fijos sobre el comedero. Una luz general de 6 W colocada en el centro del techo proporcionó iluminación constante a las cajas y un extractor de aire cumplió la función de ruido blanco. El control de los estímulos y el registro de las respuestas se llevaron a cabo con computadoras personales (486-PC) conectadas a una interfase (Med Associates) y programadas en lenguaje MED-PC.

Procedimiento

Durante cinco sesiones, sólo las cuatro palomas experimentalmente ingenuas fueron expuestas a un procedimiento de *automoldeamiento* (Brown y Jenkins, 1968) con 40 ensayos por sesión. Cada ensayo comenzaba con la iluminación de la tecla izquierda o derecha, ya fuera de color verde o rojo. Si no ocurría ningún picotazo dentro de los primeros ocho segundos de encendida la tecla, se apagaba la luz y se activaba el comedero durante tres segundos, mientras que picotear la tecla encendida proporcionaba acceso inmediato al comedero. La presentación de la comida era seguida por un intervalo entre ensayos (IEE) de 52 segundos.

Las diferentes teclas y colores utilizados fueron combinados en un orden cuasialeatorio a lo largo de los ensayos; cada tecla y color de luz aparecían al menos 20 veces en cada sesión.

A medida que las palomas adquirían el picoteo a la tecla, eran colocadas en un procedimiento de discriminación condicional (Stubbs, 1979; Fetterman, 1995; Fetterman y Dreyfus, 1987; Fetterman, Dreyfus y Stubbs, 1989) compuesto por cuatro fases de entrenamiento-adquisición y dos de prueba. Todas las sesiones se corrieron por la mañana con los siete sujetos, seis días a la semana.

Para las fases tanto de entrenamiento como de prueba, los estímulos muestra se presentaron en la tecla central y consistieron en distintas combinaciones o secuencias de un estímulo corto (luz amarilla fija) y otro largo (luz amarilla intermitente). Cada secuencia podía ser a su vez corta o larga, en función de la suma de las duraciones de sus componentes. En las secuencias cortas, el estímulo corto duraba 2 segundos y el largo (luz intermitente) duraba 4 segundos, mientras que en las secuencias largas el estímulo corto (luz fija) era de 4 segundos y el largo (luz intermitente) era de 8 segundos. Así, las secuencias cortas sumaban 6 segundos y las largas sumaban 12 segundos. En cada secuencia, los estímulos podían aparecer en orden corto-largo o largo-corto. En adelante, las características de las secuencias se resumen de la siguiente manera (2f significa 2 segundos de luz fija, 2i significa dos segundos de luz intermitente, etc.):

Secuencias cortas: 2f-4i o bien 4i-2f.

Secuencias largas: 4f-8i o bien 8i-4f.

Cuando finalizaba cada secuencia, se encendían las dos teclas laterales, una de color rojo y la otra de color verde, para señalar una situación de elección. Si la secuencia presentada había sido corta, la respuesta de picotear la tecla roja producía tres segundos de acceso al comedero, mientras que si la secuencia presentada había sido larga, la respuesta en la tecla verde producía tres segundos de acceso al comedero. En los dos casos, las respuestas incorrectas (responder en verde después de una secuencia corta o en rojo después una secuencia larga) producían el apagón de las luces de la caja, excepto la luz general, que permanecía encendida durante el intervalo entre ensayos (IEE), de duración variable con un valor promedio de 15 segundos.

Fases de entrenamiento-adquisición

Fase 1. Entrenamiento sin error (10 sesiones): al concluir la secuencia se apagaba la tecla central y sólo se iluminaba la tecla lateral asociada a esa secuencia particular de duraciones (la tecla alterna

permanecía apagada). La sesión finalizaba después de que se habían entregado 50 reforzadores o cuando habían pasado 60 ensayos, lo que ocurriese primero. Las asociaciones entre las teclas laterales y la luz que les correspondía se arreglaron aleatoriamente en los ensayos. Las secuencias de las duraciones fueron presentadas en orden cuasialeatorio con una probabilidad de 0.5 para las dos secuencias cortas y largas. Para cuatro palomas la respuesta correcta después de una secuencia corta era picotear la tecla roja y después de una secuencia larga la respuesta correcta era picotear la verde. Para las otras tres palomas se invirtieron los colores en las secuencias (la secuencia corta reforzó la respuesta en la luz verde y secuencia larga lo hizo en la luz roja). Las respuestas correctas producían tres segundos de acceso al comedero, al término de los cuales se iniciaba un IEE variable de 15 segundos en promedio (5, 10, 15, 20 o 25 segundos). Durante el IEE las tres teclas permanecían apagadas y la luz general encendida. Las respuestas incorrectas daban lugar inmediatamente el IEE.

Fase 2. Entrenamiento con corrección: al concluir la secuencia de duraciones se apagaba la tecla central y se iluminaban las dos teclas laterales, una de color rojo y la otra de color verde. La respuesta correcta producía de inmediato el reforzador (los 3 segundos de acceso al grano) y la respuesta incorrecta (picotear el color equivocado) ocasionaba que se repitiera la misma secuencia de duraciones hasta que la paloma elegía correctamente la tecla que correspondía a la secuencia presentada. La sesión finalizaba después de transcurridos 90 ensayos, si la ejecución del sujeto alcanzaba un índice de discriminación de al menos 80% en cinco días consecutivos, se le pasaba a la siguiente fase, de entrenamiento sin corrección.

Fase 3. Entrenamiento sin corrección: las contingencias de reforzamiento fueron semejantes a la de la fase de entrenamiento con corrección, sólo que la respuesta incorrecta no ocasionaba que se repitiera la misma secuencia de duraciones ante la cual no se había respondido correctamente. La sesión finalizaba después de transcurridos 90 ensayos, si la ejecución del sujeto alcanzaba un índice de discriminación de al menos 80% en cinco días consecutivos, se le pasaba a la siguiente fase.

Fase 3. Entrenamiento probabilístico: se redujo la probabilidad de reforzamiento de 1.0 a 0.5 para las respuestas correctas, y estuvo vigente por 10 días antes de iniciar las fases de prueba.

La Tabla 1 muestra para todas estas fases el número de ensayos por condición, la duración de los intervalos de retención y la probabilidad de reforzamiento.

Tabla 1. Número de ensayos por fase, con duración de los intervalos de retención y probabilidad de reforzamiento.

Fases	Nº de ensayos	Intervalos de retención (s)	Probabilidad de reforzamiento
Entrenamiento con corrección	90	0	1.0
Entrenamiento sin corrección	90	0	1.0
Entrenamiento probabilístico	90	0	0.5
Prueba con intervalos de retención al final de la secuencia	120	0, 2, 5, 15	0.5
Entrenamiento sin corrección	90	0	1.0
Entrenamiento probabilístico	90	0	0.5
Prueba con intervalos de retención entre los componentes de la secuencia	120	0, 2, 5, 15	0.5

Fases de prueba-retención

Las dos fases de retención mantuvieron las mismas condiciones que implementó la fase de entrenamiento sin corrección, la única diferencia fue que en el 40% de los ensayos las teclas laterales se iluminaban inmediatamente después de que se apagaba la tecla central (intervalo de retención de cero segundos) y en el otro 60% de ensayos éstas se iluminaban durante 2, 5 o 15 segundos (20% de ensayos para cada intervalo de retención) después de que se apagaba la tecla central. Los intervalos de retención podían presentarse de dos maneras diferentes, como una condición de intervalo de retención entre componentes (IREC) o como una condición de intervalo de retención al final de la secuencia (IRFS).

La Figura 3 muestra el diagrama de flujo para cada una de estas condiciones, el panel intermedio representa la condición IREC y el panel inferior de la condición IRFS. Las flechas indican el orden de presentación en cada ensayo, los círculos los estímulos y los rectángulos los componentes de cada ensayo (intervalos de retención, presentación de los estímulos muestra, estímulo de comparación, intervalos de retención e intervalos entre ensayos). Las fases de retención duraron 10 sesiones de 120 ensayos cada una, el orden de presentación de estas condiciones se contrabalanceó entre los sujetos, y a su terminación se re-entrenó a los animales en las fases de entrenamiento sin corrección y entrenamiento probabilístico.

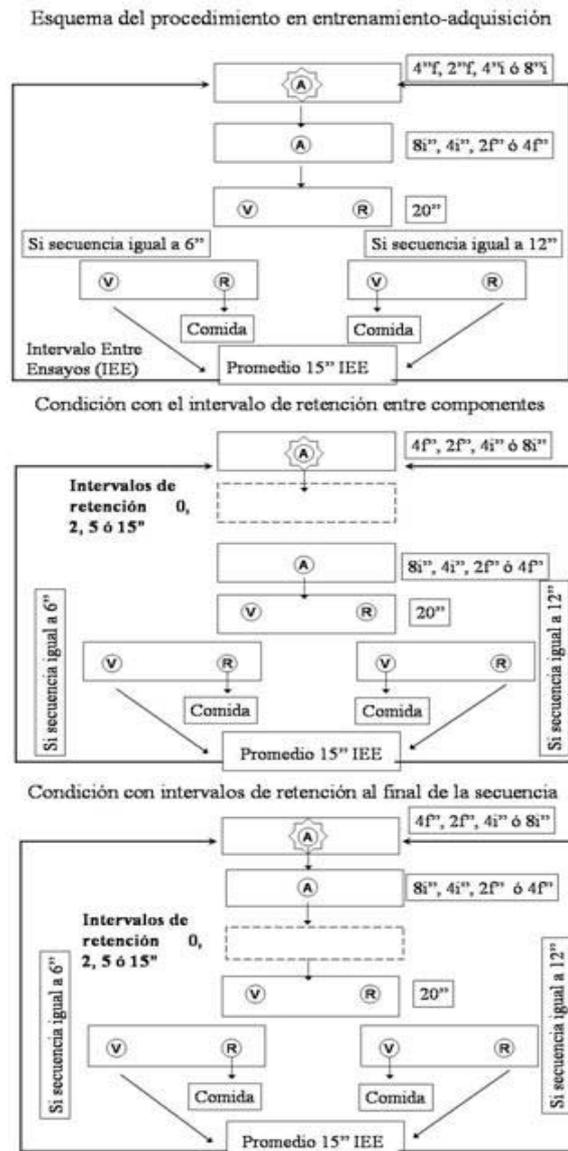


Figura 3. Representación esquemática de las condiciones usadas con la tarea de igualación simbólica a la muestra demorada.

Resultados

La variable dependiente fue la proporción de ensayos con respuestas correctas (i.e., el índice de discriminación), esta se computó para los diferentes intervalos de retención, tipos de ensayos y las condiciones de entrenamiento-adquisición y pruebas de retención. Los datos promedio del grupo se graficaron en la Figura 4 en función de los últimos 10 días de entrenamiento con corrección, los últimos 25 días de entrenamiento sin corrección y los 10 días de entrenamiento probabilístico. Los círculos representan

los ensayos de secuencias cortas de tipo 2 s fija-4 s intermitente (2f-4i), los diamantes los ensayos de secuencias cortas 4i-2f, los cuadrados representan secuencias largas de tipo 8i – 4f y los triángulos las secuencias largas de tipo 4f – 8i. Para todas las secuencias en las tres fases de entrenamiento, la Figura 4 muestra un valor promedio entre 70 y 80 del índice discriminación.

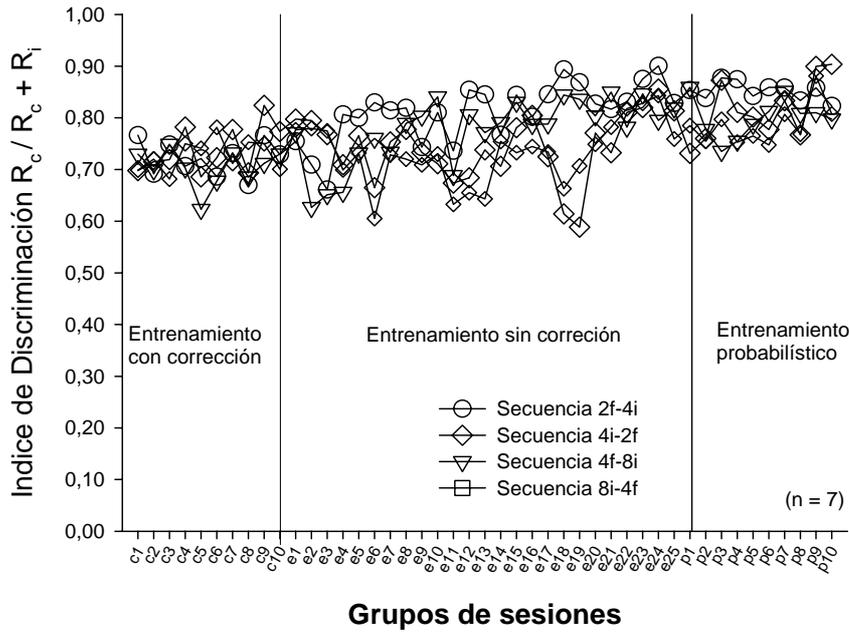


Figura 4. Promedio de los índices de discriminación en las tres últimas fases del entrenamiento-adquisición.

Los valores promedio del índice de discriminación se graficaron en la Figura 5 en función de los intervalos de retención. Los círculos representan los datos obtenidos con las secuencias cortas de tipo 2 s fija-4 s intermitente (2f-4i), los cuadrados los correspondientes a secuencias cortas 4i-2f, los triángulos los de las secuencias largas 4f – 8i y los diamantes las secuencias largas 8i – 4f. Los símbolos inconexos representan el valor promedio durante los últimos cinco días de la fase de entrenamiento probabilístico. Para todas las secuencias, la Figura 5 muestra que el valor promedio del índice de discriminación disminuyó conforme incrementó la duración de los intervalos de retención. Una inspección visual de los paneles izquierdo y derecho de la Figura 5, revela que para todas las secuencias el decremento en el valor promedio del índice de discriminación fue más pronunciado en la condición IRSF (valores promedio cercanos a o por debajo de 0.5) que en la condición IRFS (valores promedio cercanos a y por arriba de 0.60) a través de los diferentes intervalos de retención.

Un análisis de varianza múltiple de medidas repetidas (MANOVA, ver Tabla 2) mostró diferencias significativas para los factores de condición [$F(1,6)=51.92$, $p < .05$], tipo de secuencia [$F(3, 18)=10.14$, $p < .05$], duración de los intervalos de retención [$F(3, 18)=40.68$, $p < .05$] y para la interacción tipo de secuencia y duración de los intervalos de retención [$F(9, 54)=3.60$, $p < .05$].

Tabla 2. Análisis de Varianza Múltiple de medidas repetidas para los distintos factores manipulados en el Experimento 1.

Efectos	GD		MS		F	nivel-p
	Efecto	Efecto	Error	Error		
Condición	1.000	5.948	8.000	0.145	41.083	0.000
Días	9.000	0.033	72.000	0.056	0.582	0.808
Ensayos	3.000	2.425	24.000	0.193	12.566	0.000
Intervalos de retención	3.000	4.305	24.000	0.120	35.776	0.000
Condición-Días	9.000	0.044	72.000	0.056	0.777	0.638
Condición-Ensayos	3.000	0.133	24.000	0.193	0.687	0.569
Días-Ensayos	27.000	0.065	216.000	0.056	1.154	0.281
Condición-Intervalos de retención	3.000	0.416	24.000	0.120	3.455	0.032
Días-Intervalos de retención	27.000	0.062	216.000	0.054	1.136	0.301
Ensayos-Intervalos de retención	9.000	0.389	72.000	0.130	2.995	0.004
Condición-Días-Ensayos	27.000	0.062	216.000	0.056	1.091	0.353
Condición-Días-Intervalos de retención	27.000	0.065	216.000	0.054	1.192	0.243
Condición-Ensayos-Intervalos de retención	9.000	0.171	72.000	0.130	1.315	0.244
Días-Ensayos-Intervalos de retención	81.000	0.043	648.000	0.046	0.938	0.633
Condición-Días-Ensayos-Intervalos de retención	81.000	0.061	648.000	0.046	1.324	0.037

* IR = Intervalos de Retención

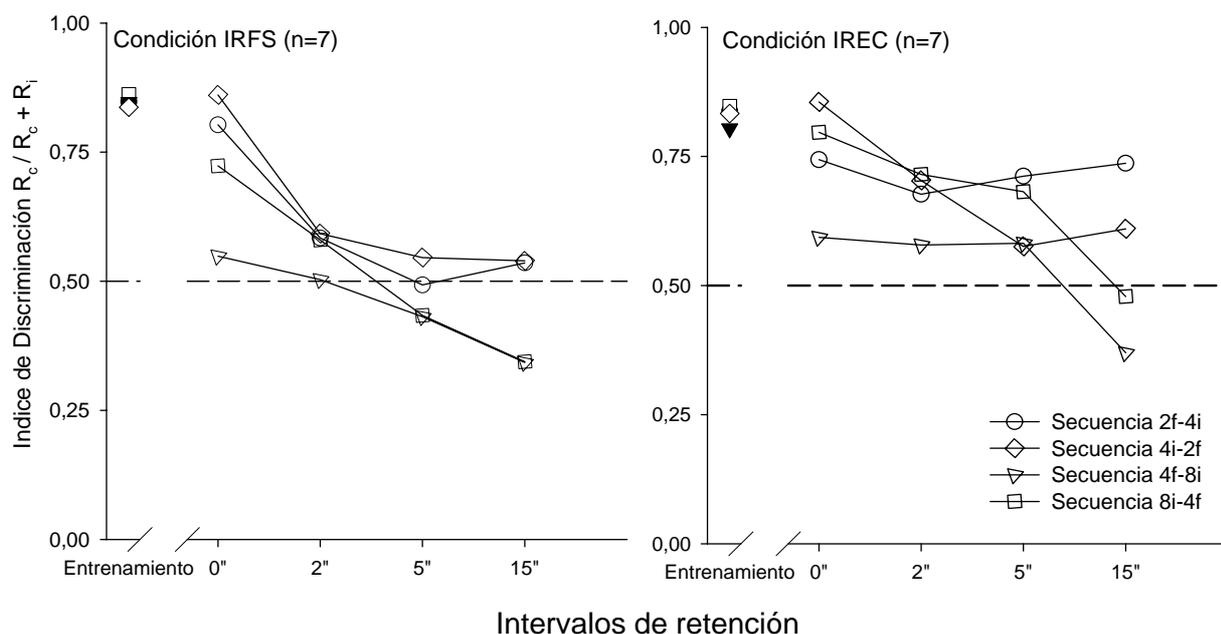


Figura 5. Índices de discriminación como una función de los intervalos de retención en las fases de prueba.

Para determinar con más precisión los efectos de la ubicación del intervalo de retención, se computó un valor promedio único del índice de discriminación para las dos secuencias cortas (2f-4i y 4i-2f) y otro para las dos secuencias largas (8i-4f y 4f-8i). Estos cálculos se graficaron en la Figura 6 en función de los intervalos de retención, los círculos sin relleno muestran los cálculos promedio para las secuencias cortas, los círculos con relleno los correspondientes a las secuencias largas y los símbolos inconexos los promedios de éstos en las sesiones en entrenamiento. Para la condición IREC, la Figura 6 muestra valores promedio del índice de discriminación similares para los dos tipos de secuencias en el entrenamiento (valores promedio de 0.80) y en los intervalos de retención de 0, 2 y 6 segundos (valores promedio alrededor de 0.70, 0.65 y 0.60, respectivamente).

En el intervalo de retención es de 15 segundos el valor promedio del índice de discriminación permaneció en 0.60 para la secuencia corta, pero disminuyó a 0.40 en la secuencia larga.

Para la condición IRFS, la Figura 6 muestra que el decremento en el valor promedio del índice de discriminación fue más pronunciado en las secuencias largas (alcanzó valores de 0.40 y 0.30 en los intervalos de 6 y 15 segundos) que en las secuencias cortas (no bajó de 0.50), sugiriendo un decaimiento asimétrico en las dos secuencias. Un resultado que es similar al obtenido cuando sólo se utiliza un estímulo y los sujetos

responden al estímulo largo como si éste fuese corto (Gaitan & Wixted, 2000; Santi, Hornyak, & Miki; 2003; Spetch y Wilkie, 1982, 1983).

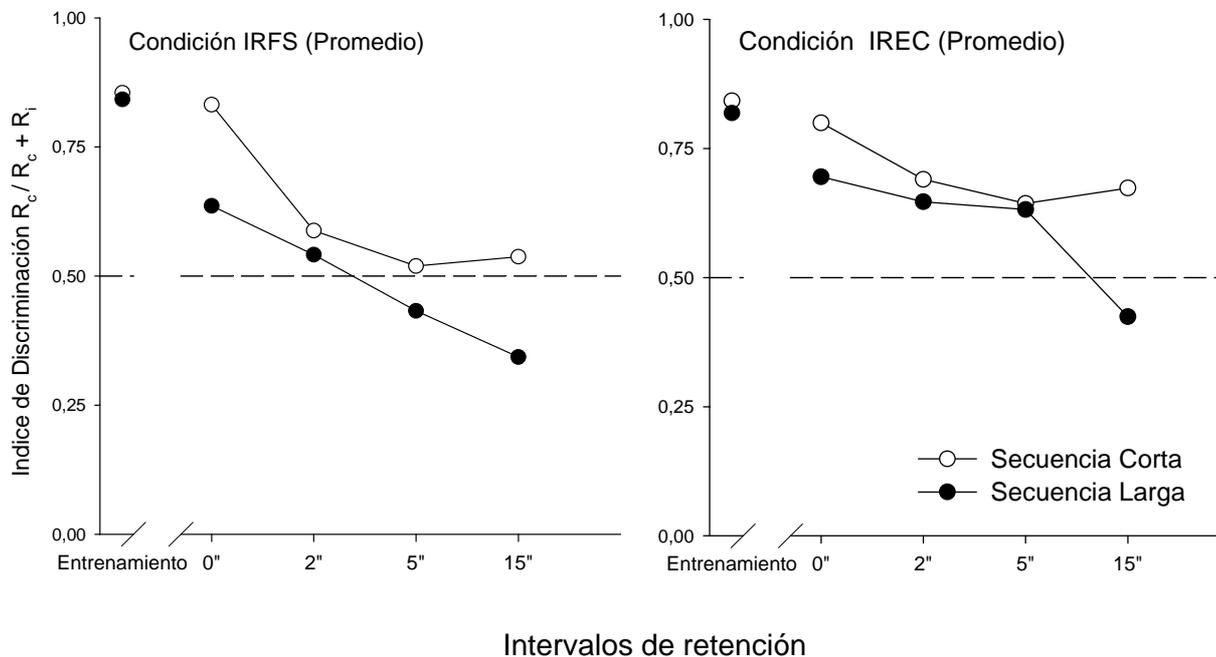


Figura 6. Valores promedio de los índices de discriminación en función de los intervalos de retención.

DISCUSIÓN

Un objetivo de la presente tesis fue evaluar si las palomas podían responder diferencialmente ante secuencias conformadas por la suma de dos estímulos de diferente duración. Consistente con los resultados reportados por Dreyfus, Fetterman, Stubbs, y Montello (1992); Fetterman (1995); y Fetterman y Dreyfus (1986), el Experimento 1 mostró que las palomas pueden discriminar exitosamente entre dos secuencias de distinta duración.

Otro objetivo fue establecer si la inclusión e incremento de un intervalo de retención afectaba los índices de discriminación, un hallazgo encontrado con frecuencia cuando se usan duraciones de estímulos simples. Para la inclusión y el incremento en la duración de los intervalos de retención, el Experimento 1 mostró que el valor promedio en el índice de discriminación disminuye conforme aumenta la duración del intervalo de retención, siendo más severo el decremento con un intervalo de retención de 15 segundos.

Un tercer objetivo fue determinar si la ubicación del intervalo de retención en la secuencia afectaba diferencialmente la discriminación. Los resultados del Experimento 1 mostraron que el decremento en el valor promedio del índice de discriminación fue mayor cuando los intervalos de retención se presentaban al final de la secuencia (condición IRFS) que cuando se presentaban al inicio de la secuencia (condición IREC). Este resultado es consistente con los hallazgos reportados en la literatura sobre discriminación condicional demorada donde la memoria se estudió con duraciones simples en palomas (Cabeza de Vaca, Brown y Hemmes, 1994; Gaytan y Wixted, 2000; Santi, Hornyak y Miki; 2003; Zental, Klein y Signer, 2004), humanos (Wearden y Ferrara, 1993; Rattat y Droit-Volet, 2005; Lieving, Lane, Cherek y Tcheremissine, 2006) y ratas (Church, 1980; Leblanc y Soffié, 2001).

Las asimetrías que las secuencias cortas y largas mostraron en cuanto al decremento del valor promedio del índice de discriminación que ocurrió en los diferentes intervalos de retención en la condición IRFS (recuerde que para las secuencias largas el valor promedio se redujo a menos de 50 % en el intervalo de retención de 15 segundos), confirman el efecto de elección al corto (Gaitan y Wixted, 2000; Zental, Klein y Signer, 2004).

Como se señaló en la introducción, la discriminación de secuencias de duraciones o sumas de duraciones, aun sin utilizar intervalo de retención, está intrínsecamente vinculada con el estudio de la memoria de trabajo. Por tanto, para discriminar entre una secuencia larga y otra corta, el sujeto necesita retener en la memoria de trabajo la duración del último componente de la secuencia, transferir a la memoria de referencia la duración del primer componente y luego integrar las dos informaciones para su posterior discriminación.

De acuerdo con los modelos de procesamiento de información que suponen que los organismos cuentan con un reloj interno, sugiriendo que al término de la secuencia los organismos emiten un juicio acerca de si ésta fue corta o larga. Cuando se introduce el intervalo de retención al final de la secuencia (condición IRFS) se afecta el recuerdo de ese juicio. Por el contrario, cuando el intervalo de retención se presenta entre los componentes de la secuencia (condición IREC), el organismo no ha juzgado aún la secuencia como corta o larga y simplemente puede parar el reloj al término del primer componente y reiniciarlo al presentarse el segundo.

En resumen, el Experimento 1 corroboró la noción de que las palomas pueden discriminar fácilmente secuencias de duraciones, aunque contengan intervalos de retención. El hecho de que el efecto de elección al corto, ampliamente reportado en la literatura, sólo se haya presentado en una de las condiciones manipuladas

(IRFS), se puede atribuir a las propiedades de “parar” o “reiniciar” el supuesto reloj interno, o bien a un acortamiento subjetivo en la representación de la duración de las secuencias. Los experimentos que en el futuro hagan explícita la diferencia entre los distintos tipos de intervalos, ayudarán a entender mejor el efecto elección al corto.

Experimento 2

Dada la constitución de los ensayos en el Experimento 1, fue difícil evaluar la ejecución de las palomas y el índice de discriminación ante valores no entrenados en la fase de adquisición o línea base, lo cual puede ser interpretado como una omisión de una prueba de generalización. Para descartar esa posibilidad, en el Experimento 2 se re-entrenó a las mismas palomas en dos combinaciones: 1) una secuencia corta (6 s) con la que ya tenían experiencia (2f– 4i); y 2) otra combinación que no había sido entrenada (8f– 4i), en la que aparecían 8 s de luz fija y 4 s de luz intermitente para formar una secuencia larga (12 s). Este experimento además evaluó la discriminación de las palomas en condiciones en que la duración del primer componente variaba entre los valores de 2 y 8 s y el segundo componente de la secuencia permanecía constante (fases de generalización), mientras que los intervalos de retención aparecían tanto entre los componentes de la secuencia, como al final de ésta y en ambas situaciones en el mismo ensayo .

Sujetos

Ocho palomas criollas, cuatro experimentalmente ingenuas y cuatro del Experimento 1, participaron como sujetos. Las palomas fueron reducidas al 80% del peso que adquirieron en 30 días de acceso libre al alimento y se alojaron en jaulas individuales con acceso libre a agua y grit cárico en una habitación donde se controlaron la temperatura y el ciclo de luz-oscuridad (12 h por 12 h).

Aparatos

El Experimento 2 utilizó los mismos aparatos descritos para el Experimento 1.

Procedimiento

De manera similar al Experimento 1, una vez que las palomas adquirieron y lograron estabilidad en la discriminación, en 10 sesiones posteriores al preentrenamiento la probabilidad de reforzamiento disminuyó de 1.0 a 0.5, luego se implementaron las fases de prueba o condiciones de *intervalo de retención entre componentes* (IREC) y las condiciones de *intervalo de retención al final de la secuencia* (IRFS).

Adicionalmente, se incluyó una condición donde el intervalo de retención se colocó *entre los componentes y al final de la secuencia* (IRECFS),

Posteriormente, se reentrenó a las palomas en la discriminación sin corrección, antes de pasarlas a las condiciones de generalización en condiciones de *intervalos de retención entre componentes* (GIREC) y generalización en condiciones de *intervalo de retención al final de la secuencia* (GIRFS). En esas condiciones se evaluaron duraciones intermedias a los valores de corta y larga duración (2.70, 4.50, 5.60, 6.70 y 7.50 s). Las secuencias o sumas de duraciones y los intervalos de retención se presentaron en un orden cuasi-aleatorio, todas las demás condiciones se mantuvieron como en el Experimento 1 (ver Tabla 3).

Los intervalos de retención se distribuyeron de la misma manera que en el Experimento 1, para el 40 % de los ensayos el intervalo de retención de 0 s y en el otro 60% los ensayos los tres intervalos de retención (diferentes a cero) se distribuyeron uniformemente de acuerdo con los cinco valores (2.70, 4.50, 5.60, 6.70 y 7.50 s) programados. Cabe señalar que esos valores fueron utilizados en el primer componente de la secuencia o suma de duraciones, el segundo componente siempre permaneció constante a lo largo de los ensayos. Las elecciones en los ensayos de prueba, es decir, secuencias o sumas de duraciones diferentes a 6 s o 12 s, nunca fueron reforzadas, únicamente iniciaban el intervalo entre ensayos. Las respuestas a las secuencias cortas (6 s) o largas (12 s) fueron reforzadas aproximadamente en el 50% de los ensayos. En todos los casos las sesiones finalizaban después de 130 ensayos, para las condiciones de generalización (GIREC y GIRFS) se programaron 10 sesiones.

Resultados

Los resultados del Experimento 2 se dividieron en dos aspectos, el primero analizó el impacto de introducir un intervalo de retención o demora al estimar secuencias de duración, y el segundo evaluó la manera en la cual los intervalos de retención afectaron las curvas psicofísicas que se obtuvieron con los valores no utilizados en los ensayos de entrenamiento del Experimento 1 (fase de generalización).

El valor promedio de grupo del índice de discriminación, se graficó en la Figura 7 para los últimos 10 días de entrenamiento (panel izquierdo) y para las 10 sesiones donde la probabilidad de reforzamiento disminuyó de 1.0 a 0.5 (panel derecho). Los círculos unidos con línea continua indican los promedios obtenidos para las secuencias cortas (6 s) y los unidos con línea punteada los correspondientes a las secuencias largas (12 s). Para secuencia corta la figura 7 muestra un valor promedio del índice de discriminación ligeramente mayor (0.8) al que se obtuvo con las secuencias cortas (0.7) en los últimos 10 días de entrenamiento y en las 10 sesiones donde la probabilidad de reforzamiento disminuyó de 1.0 a 0.5.

Tabla 3. Número de ensayos, secuencias, intervalos de retención y probabilidades de reforzamiento utilizados en el experimento 2.

Fases	Nº de ensayos	Intervalos de retención (en segundos)	Secuencias o Sumas	Probabilidad de reforzamiento
Entrenamiento con corrección	90	0	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	1
Entrenamiento sin corrección	90	0	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	1
Entrenamiento probabilístico	90	0	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	0.5
Prueba con intervalos de retención al final de la secuencia	120	0, 2, 5, 15	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	0.5
Generalización	130	0, 2, 5, 15	2.0f – 4.0i 2.7f – 4.0i 4.5f – 4.0i 5.6f – 4.0i 6.7f – 4.0i 7.5f – 4.0i 8.0f – 4.0i	0.5
Entrenamiento sin corrección	90	0	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	1
Entrenamiento probabilístico	90	0	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	0.5
Prueba con intervalos de retención entre los componentes de la secuencia	120	0, 2, 5, 15	2.0f – 4.0i 8.0f – 4.0i	0.5
Generalización	130	0, 2, 5, 15	2.0f – 4.0i 2.7f – 4.0i 4.5f – 4.0i 5.6f – 4.0i 6.7f – 4.0i 7.5f – 4.0i 8.0f – 4.0i	0.5

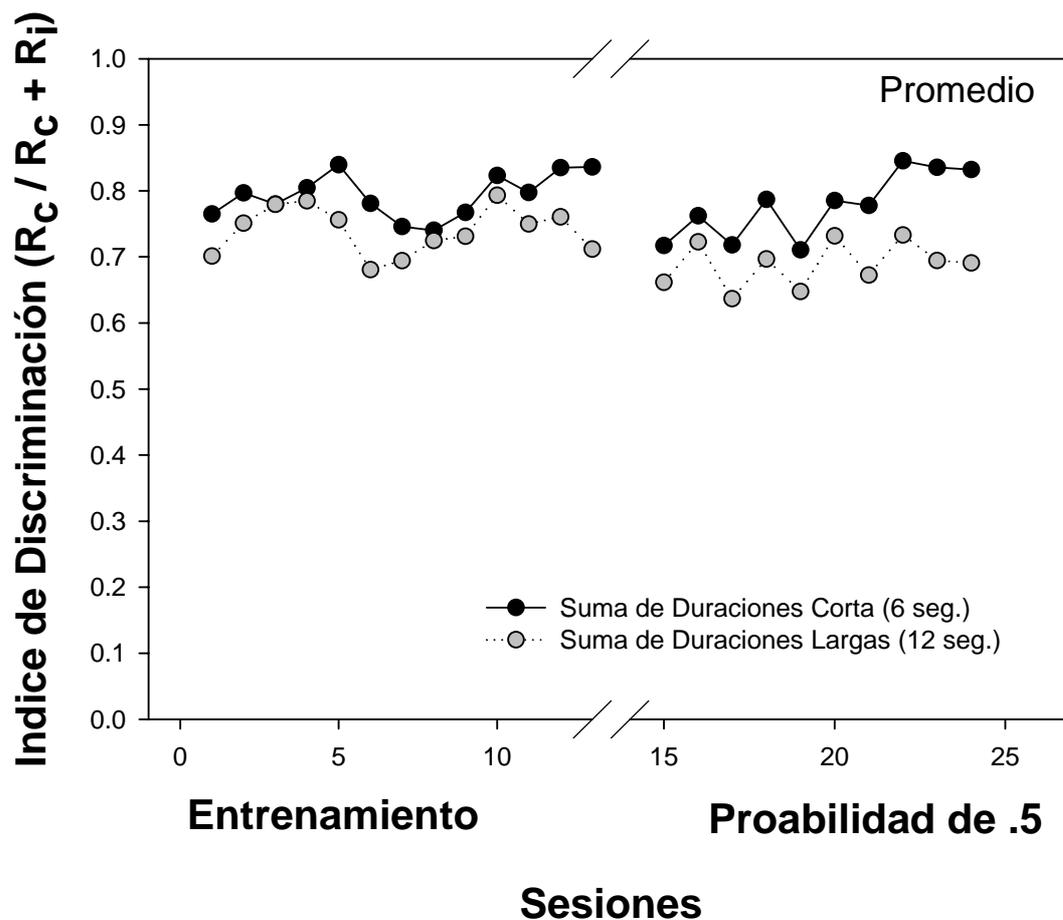


Figura 7. Valores promedio de grupo para el índice de discriminación en las dos últimas fases del entrenamiento en el Experimento 2.

Los valores promedio de grupo del índice de discriminación se graficaron en la Figura 8 en función de los intervalos de retención. Los círculos sin relleno indican los valores promedio en secuencia o sumas de duraciones corta (6 s), los círculos con relleno las correspondientes a las secuencia de duración larga (12 s), y los símbolos inconexos el promedio de las sesiones en entrenamiento. Para las dos secuencias la Figura 8 muestra un valor promedio de 0.8 en las sesiones de entrenamiento. De manera consistente con los datos del Experimento 1, el valor promedio del índice de discriminación disminuye conforme incrementa la duración del intervalo de retención. Los valores promedio para las secuencias cortas (círculos sin relleno) son similares a los que muestran las secuencias largas (círculos con relleno), sugiriendo que no hubo diferencias en los valores promedio del índice de discriminación. La inclusión de los intervalos de retención al final de la secuencia, generó valores promedio del índice de discriminación (panel izquierdo) que fueron muy similares a los que se generaron cuando los intervalos de retención se colocaron entre los componentes de la secuencia (panel derecho). Consistente con los resultados de la Figura 8, un análisis de varianza

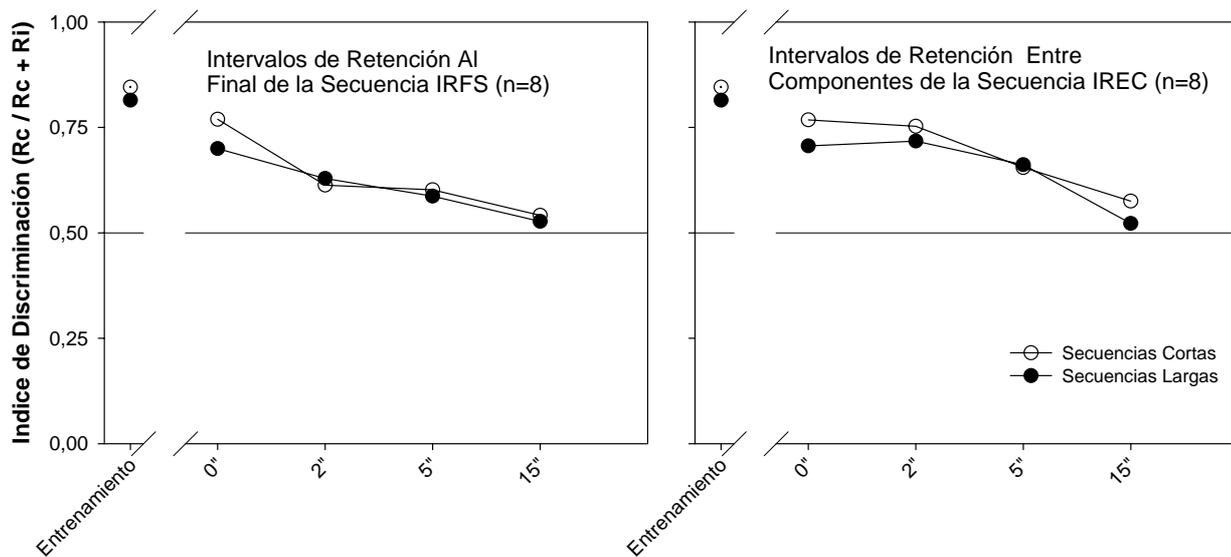


Figura 8. Valores promedio de los índices de discriminación en función de los intervalos de retención en el Experimento 2.

múltiple de medidas repetidas (MANOVA) sólo mostró diferencias significativas para duración [F(1, 13)= 35.81, $p < .000$], los intervalos de retención [F(3, 39)=30.62, $p < .000$] y la interacción intervalo de retención, duración condición [F(3, 39)=8.69, $p < .000$] (ver Tabla 4).

Una ecuación logística se utilizó para obtener las funciones psicofísicas de ajuste para cada valor del intervalo de retención en las 10 sesiones de pruebas de demora con generalización:

$$y = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\bar{x}_0}\right)^b}$$

Las funciones así obtenidas se graficaron en las figuras 9 y 10 en función de los valores utilizados en las dos fases de generalización GIREC y GIRFS. Las líneas punteadas representan las funciones psicofísicas de ajuste para cada uno de los valores obtenidos para el promedio del grupo. El método de los cuadrados mínimos se utilizó para obtener un ajuste adicional y se realizó una prueba t para comparar las diferencias entre los dos métodos.

Tabla 4. Análisis de Varianza Múltiple de medidas repetidas para los distintos factores manipulados en el Experimento 2.

Efectos Principales y sus Interacciones
1= CONDICIÓN, 2= DIAS, 3= ENSAYOS, 4= IR*

	MS efecto	GL efecto	MS Error	F	nivel p
CONDICION	1.224	1	1.224	1.91	0.19
DIAS	0.163	9	0.018	0.58	0.811
DIAS*CONDICION	0.37	9	0.041	1.31	0.237
IR	4.732	3	1.577	30.62	.000*
IR*CONDICION	0.038	3	0.013	0.24	0.866
DURACION	1.752	1	1.752	35.81	.000*
DURACION*CONDICION	0.031	1	0.031	0.64	0.437
DIAS*IR	0.277	27	0.01	0.55	0.969
DIAS*IR*CONDICION	0.347	27	0.013	0.69	0.879
DIAS*DURACION	0.125	9	0.014	0.73	0.68
DIAS*DURACION*CONDICION	0.171	9	0.019	1	0.447
IR*DURACION	0.161	3	0.054	2.18	0.105
IR*DURACION*CONDICION	0.642	3	0.214	8.69	.000*
DIAS*IR*DURACION	0.778	27	0.029	1.47	0.065
DIAS*IR*DURACION*CONDICION	0.655	27	0.024	1.24	0.196

* IR = INTERVALO DE RETENCION

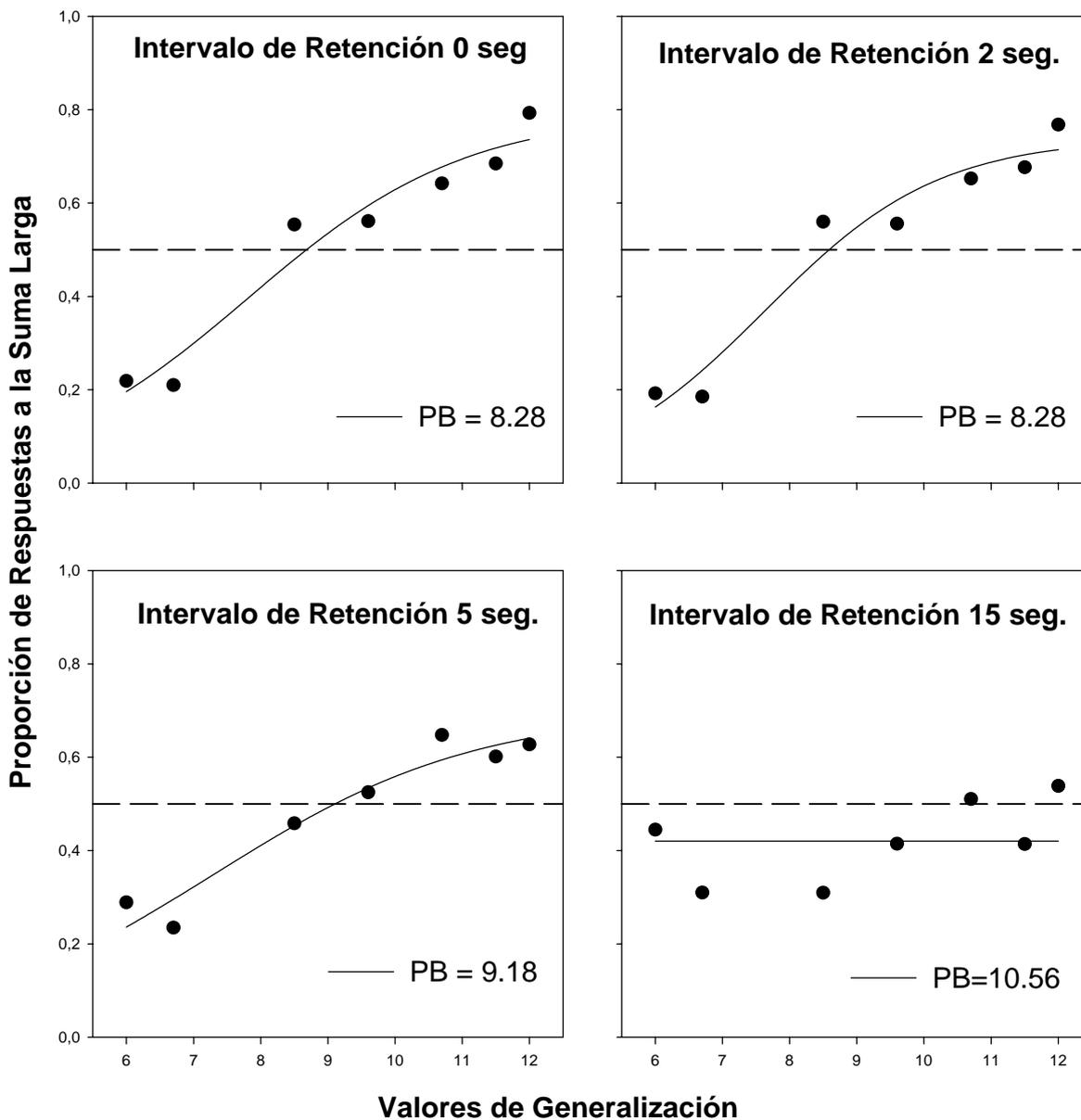


Figura 9. Condición de Generalización con Intervalos de Retención Entre Componentes GIREC (n=8)

Las figuras 9 y 10 muestran que los cambios en las funciones psicofísicas fueron simétricos a través de los intervalos de retención; la pendiente que representa la probabilidad de responder a la suma larga, se aplatana conforme incrementan los intervalos de retención. Sin embargo, el efecto fue más pronunciado y ocurrió más rápido en la condición GIRFS (Figura 10) que en la condición GIREC (Figura 9).

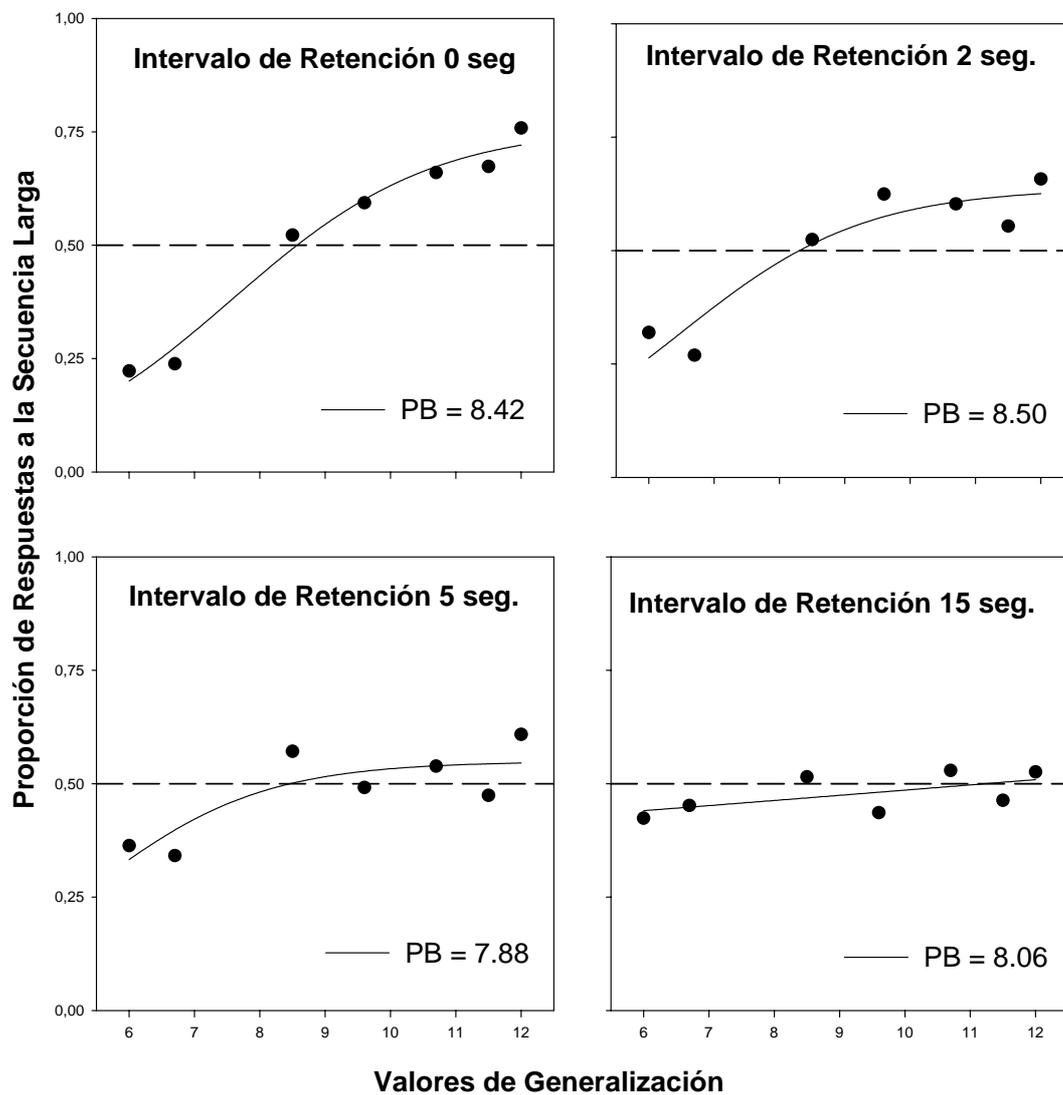


Figura 10. Condición de Generalización con Intervalos de Retención Al Final de la Secuencia GIRFS (n=8)

Para facilitar una comparación entre los intervalos de retención en la condición GIREC y los de la condición GIRFS, las tablas 5 y 6 presentan los cambios en los valores de igualdad subjetiva (PSI) y en la fracción de Weber (una medida de la precisión relativa de la estimación temporal $\text{limen}/\text{PSI}=\text{FW}$) obtenidos con los métodos Ajuste Logístico de Wearden y Cuadrados Mínimos. (Los valores PIS y FW no diferían estadísticamente).

Tabla 5. Puntos de igualdad subjetiva y fracción de Weber para cada una de las condiciones e intervalos de retención utilizados en el Experimento 2, con un ajuste logístico de Wearden.

Condición Entre Componentes	Intervalo de Retención	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.79	.125
	2	8.9	.123
	5	9.31	.118
	15	13.86	.079
Condición al Final de la Secuencia	Intervalo de Retención	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.76	.125
	2	8.88	.124
	5	9.5	.116
	15	11.21	.098

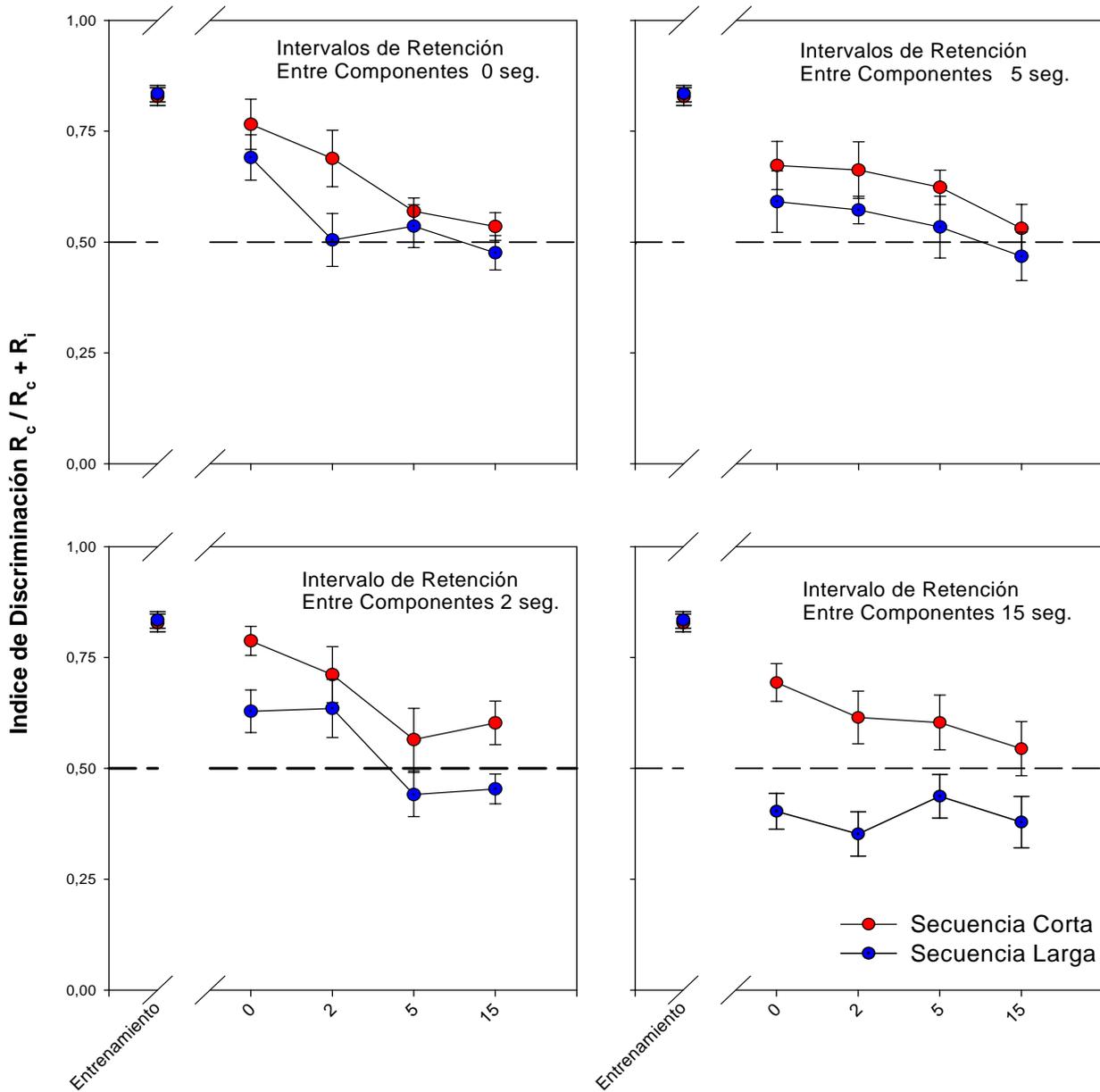
Un MANOVA (análisis de varianza múltiple), conducido por separado para las estimaciones de PSI y FW en las condiciones GIREC y GIRFS, confirmó los datos de la tablas 5 y 6. Para los puntos de igualdad subjetiva el MANOVA (4 Intervalos de retención x 2 Condiciones x 10 (días) no mostró diferencias significativas en ninguno de los factores, ni para su interacción. En contraste, el MANOVA (4 Intervalos de retención x 2 Condiciones) conducido para la fracción de Weber si mostró diferencias significativas para los Intervalos de Retención, $F(3, 70)=5.43$, $p=0.002$, pero no así para el factor de condición. En conjunto, los MANOVAs indicaron que si bien los puntos de igualdad subjetiva cambiaron en función de los intervalos de retención y de la condición, estos cambios no fueron estadísticamente significativos.

Los valores promedio de grupo del índice de discriminación computados para los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia, se graficaron en la Figura 11 en función de los intervalos de retención presentados al final de la secuencia (i.e., antes de la decisión). Los círculos rojos representan la ejecución en la secuencia corta (6 s) y los azules la correspondiente a la secuencia larga (12 s). En las dos secuencias (corta y larga), el valor promedio del índice de discriminación disminuyó conforme incrementó la duración del intervalo de retención presentado al final de la secuencia. Sin embargo, a través de los diferentes intervalos de retención entre componentes, la Figura 11 muestra valores promedio del índice de discriminación más altos para la secuencia corta (círculos rojos) que para la secuencia larga (círculos azules). Más importante aún, para la secuencia larga (círculos azules) la Figura 11 muestra valores promedio

del índice de discriminación por debajo de 0.5 en intervalos de retención entre componentes de 2, 5 y 15 segundos.

Tabla 6. Puntos de igualdad subjetiva y fracción de Weber para cada una de las condiciones e intervalos de retención utilizados en el Experimento 2, con un ajuste de mínimos cuadrados.

Condición entre Componentes	Intervalo de Retención	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.28	.204
	2	8.28	.182
	5	9.18	.262
	15	10.56	.266
Condición Antes de la Decisión	Intervalo de Retención	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.42	.229
	2	8.5	.240
	5	7.88	.361
	15	8.06	.910



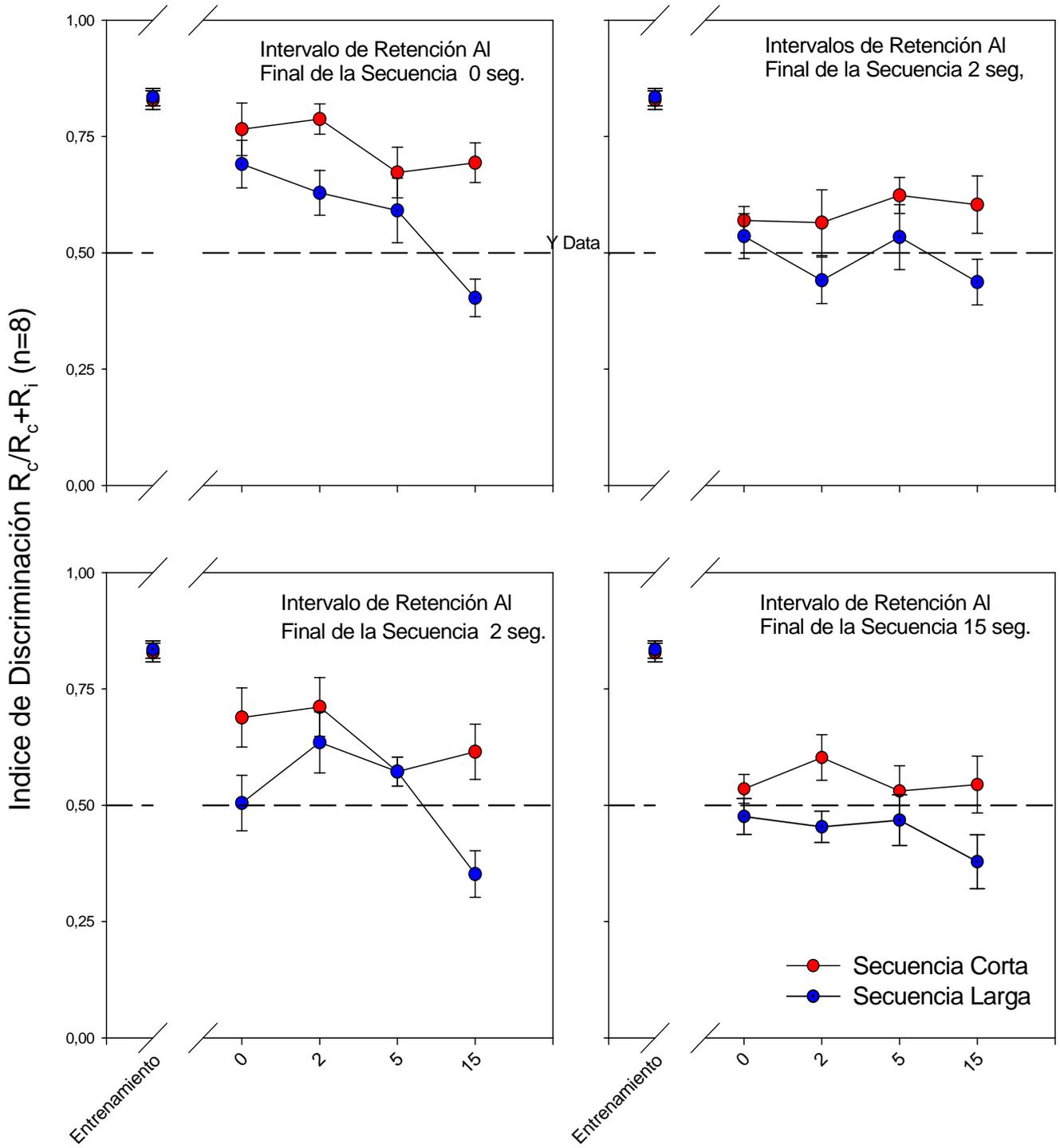
Intervalos de Retención Al Final de la Secuencia

Figura 11. Índices de discriminación en la condición IREC como una función de los valores utilizados en la condición IRFS.

Los valores promedio de grupo del índice de discriminación obtenido con los intervalos de retención presentados al final de la secuencia (i.e., antes de la decisión), se graficaron en la Figura 12 en función de los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia. Para los diferentes intervalos de retención presentados al final de la secuencia, la Figura 12 muestra que en las dos secuencias (corta y larga) el valor promedio del índice de discriminación disminuyó conforme aumento la duración del intervalo de

retención presentado entre los componentes. En todos los casos, sin embargo, el decremento en el valor promedio del índice de discriminación de la secuencia larga (círculos azules) es mayor que el que se observa en la secuencia corta (círculos rojos). De hecho, en los diferentes intervalos de retención presentados al final de la secuencia, los valores promedios del índice de discriminación de la secuencia corta no cambian, o cambian muy poco en función de los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia. Los valores promedio más bajos del índice de discriminación de la secuencia larga, se observan en el intervalo de 15 segundos de duración para la retención al final de la secuencia. De manera interesante, con una duración 15 segundos del intervalo de retención al final de la secuencia (panel inferior derecho), los valores promedio del índice de discriminación de la secuencia larga (círculos azules) son inferiores a 0.5 en todos los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia.

Los valores promedio del índice de discriminación computados para las dos secuencias (cortas y largas), se graficaron en la Figura 13 en función de los cuatro pares de intervalos de retención, en cada par un valor corresponde al intervalo de retención presentado entre los componentes de la secuencia y el otro valor corresponde al intervalo de retención presentado al final de la secuencia. En las dos secuencias, el valor promedio del índice de discriminación disminuye conforme incrementa la duración de cada par de intervalos de retención. En todos los casos, la secuencia corta (círculos rojos) muestra valores más altos en el promedio del índice de discriminación que los que muestra la secuencia larga (círculos azules) que es la única con un valor promedio en el índice de discriminación menor a 0.5 en el par de intervalos de retención de 15 s.



Intervalos de Retención Entre los Componentes de la Secuencia

Figura 12. Valores promedio del índice de discriminación en los Intervalos de retención al final de la secuencia en función de los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia.

Un MANOVA de medidas repetidas con los porcentajes de repuestas correctas en la condición DEA, mostró diferencias significativas para la duración [F(1,4)=12.31, $p < .024$] y los intervalos de retención [F(3, 12)=5.30, $p < .014$]; no así para el factor días [F(9, 36)=1.13, $p < .36$] (ver Tabla 7).

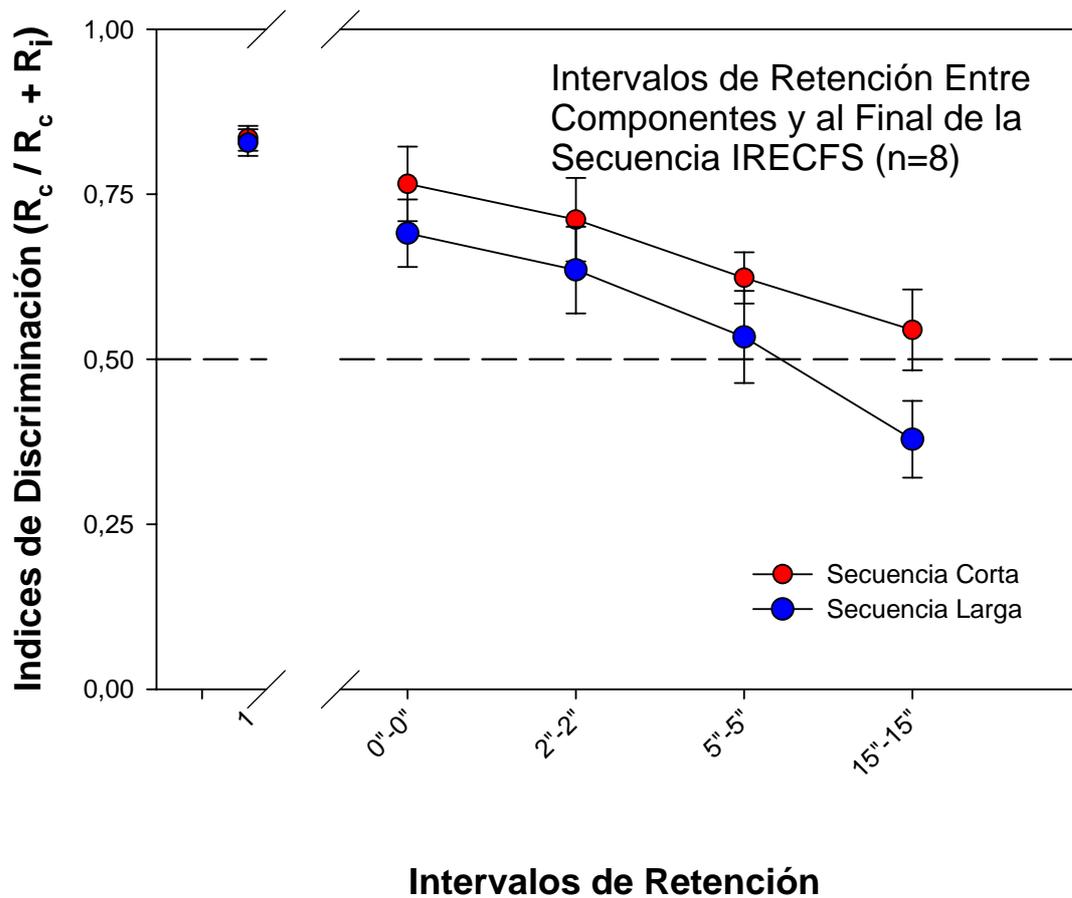


Figura 13. Valores promedio del índice de discriminación para las condiciones de intervalos de retención presentados entre Componentes y al final de la secuencia.

Tabla 7. Análisis de Varianza Múltiple de Medidas Repetidas para los distintos factores manipulados de la Condición con los Intervalos de Retención Entre los Componentes y Al Final de la Secuencia IRECFS en el Experimento 2.

	SS	GL	MS	F	p
DURACION	3.12	1.00	3.12	12.31	.025*
INTERVALOS DE RETENCION (IR)	3.30	3.00	1.10	5.31	.015*
DIAS	0.70	9.00	0.08	1.13	0.37
DURACION*IR	0.59	3.00	0.20	2.18	0.14
DURACION*DIAS	0.57	9.00	0.06	0.82	0.60
IR*DIAS	3.25	27.00	0.12	1.54	0.06
DURACION*IR*DIAS	2.43	27.00	0.09	0.85	0.68

Discusión

Los resultados del Experimento 2 tienen implicaciones no solo para los hallazgos encontrados con procedimientos de igualación a la muestra simbólica demorada, sino también para los resultados que provienen de procedimientos de estimación temporal prospectiva (bisección temporal, generalización temporal, procedimientos de pico normales y con interrupción, etc.) de duraciones simples.

Los resultados mostraron el papel que juega el intervalo de retención o la inclusión de un tiempo fuera en la ejecución de los sujetos, el valor promedio del índice de discriminación se deterioró conforme se incrementó la duración de los intervalos de retención. Los análisis estadísticos (MANOVAS), sin embargo, no mostraron diferencias significativas en el deterioro de la ejecución con las manipulaciones que se hicieron en las dos primeras condiciones (Figura 8), la presentación de los intervalos de retención en la mitad de la secuencia o al final de esta, no ocasionó cambios severos en el valor promedio del índice de discriminación, la interacción de esas manipulaciones (Intervalos de retención X Duración X Condición) fue la única que mostró diferencias significativas. Estos resultados, a diferencia de lo que se reporta en la literatura con estímulos simples, sugieren que el “*efecto de elegir corto*” se presentó de manera moderada. Los resultados del Experimento 2, al menos en las dos primeras condiciones experimentales, no mostraron evidencia contundente de un olvido asimétrico; es decir, la ejecución de las palomas se deterioró de manera muy

similar en los ensayos de secuencia corta y en los de secuencia larga, fueron contados los casos en los que el valor promedio del índice de discriminación para las secuencias largas cayó por debajo del 50 % de respuestas correctas. El hecho de que los sujetos exhiban una ejecución de este tipo en ambos tipos de secuencia, significa que pueden categorizar las secuencias de duraciones muestra de acuerdo con su duración relativa (por ejemplo corta o larga). Los resultados del Experimento 2 son consistentes con los publicados por Zentall, Waever y Clement (2004) al mostrar evidencia de una codificación categórica de muestras temporales, las palomas respondieron a las teclas de comparación (verde o roja) indicando que recordaban la duración de la secuencia muestra de 12 o 6 segundos. Se debe mencionar que la presentación de ensayos entremezclados donde los intervalos de retención tomaron diferentes valores (0, 2, 5 o 15 segundos), dificultó la discriminación de si la secuencia había sido de duración corta o larga. Estos resultados que son en parte congruentes con los reportados por Gaitan y Wixted (2000, Experimento 1) y Zentall, Klein y Singer (2004, Experimento 2), pueden interpretarse de dos maneras. Una consiste en integrar los resultados del Experimento 2 con los hallazgos de memoria y tiempo psicológico, los cuales afirman que una memoria normal y ciertos procesos cognitivos son necesarios y suficientes para poder explicar la memoria temporal de eventos pasados. Otra manera de interpretar los resultados del Experimento 2 es argumentando que la transferencia en entrenamiento afectó la ejecución. De acuerdo a esta interpretación, si una paloma es expuesta a nuevas condiciones de prueba, es muy posible que el experimentador sobreinterprete las respuestas del animal en las condiciones de prueba (ver Zentall, 1997), esto es especialmente cierto cuando el entrenamiento involucra igualación a la muestra y cuando los intervalos de retención se insertan entre la finalización del estímulo muestra y el inicio de los estímulos de comparación; aunque en el presente estudio esto puede ser igualmente válido al utilizar intervalos de retención entre los componentes de la secuencia o al final de la secuencia. No solo es posible que la similitud entre el intervalo de retención y el intervalo entre ensayos, o entre el intervalo de retención y alguna de los estímulos muestra, puedan sesgar la elección de comparación; también la novedad del intervalo de retención puede resultar en un decremento en la eficacia de la igualación y esto no se atribuye a ninguna pérdida de memoria, aun cuando ningún sesgo este presente. Una interpretación alternativa (Zentall, Klein y Singer (2004) y Zentall, 2006) dice que el decremento en la eficacia de la igualación simplemente refleja una respuesta a la novedad que tiende a ser mayor conforme el ensayo tiende a ser mas novedoso (por ejemplo los incremento en las intervalos de retención o los intervalos de retención).

En la condición IRECFs, cuando las intervalos de retención se presentaron entre los componentes de la secuencia y al final de esta, la figura 13 mostró que el deterioro en la discriminación (i.e., disminución en el porcentaje de respuestas correctas) que ocurrió en función del incremento en la duración de las intervalos de retención, fue más severo para la secuencia larga que para la secuencia corta; el efecto de “*elegir corto*”

se observó en los dos valores extremos de los intervalos de retención (5 s y 15 s) y la tendencia de la ejecución para los ensayos con secuencias cortas fue muy parecida a las dos condiciones anteriores (IREC y IRFS). El deterioro en el índice de discriminación aumentó con el incremento en la duración del intervalo de retención, aunque nunca llegó a estar por debajo del 50 % de respuestas correctas. Este resultado puede ser atribuible a que los intervalos de retención se graficaron como si su colocación entre los componentes fuese equivalente a su presentación al final de la secuencia, en realidad son dos intervalos de retención que no se están confrontando con duraciones simples de intervalos de retención (2, 5 y 15 segundos), sino que se enfrentaron a intervalos de retención de 2+2, 5+5 y 15+15. Sin embargo, esto no explica que se haya presentado el “efecto de elección al corto” porque aun en esa condición la hipótesis de confusión puede estar jugando un papel importante.

Las figuras 9 y 10 presentaron las funciones psicofísicas obtenidas con los intervalos de retención presentados entre los componentes y al final de la secuencia, respectivamente. La variable dependiente, que fue la probabilidad de responder a la suma larga, decrementó en las dos condiciones (GIREC y GIRFS), siendo el decremento más pronunciado y más rápido en la condición GIRFS que en la condición GIREC; esto estimado por un aplanamiento en las pendientes que se observó a medida que incrementaron los intervalos de retención.

Cuando en las condiciones los intervalos de retención fueron de cero segundos, los puntos de igualdad subjetiva (PIS) mostraron valores cercanos a la media geométrica (IREC = 8.79 y IRFS 8.76) estimada entre la duración de la secuencia corta y larga. A medida que los intervalos de retención incrementaron, los valores de PIS revasaron la media geométrica, la única excepción se observó con la demora 5 en la condición IRFS donde el valor de PSI fue igual a 7.88. El hecho de que en condición de intervalos de retención al final de la secuencia, los PIS hayan sido mayores a los observados en la condición que presentó los intervalos de retención entre los componentes, muy probablemente reflejó una tendencia de las palomas a formar grupos de tiempo para iniciar y terminar las secuencias. El espaciamiento de los valores utilizados es un aspecto importante en la localización de los PIS, en el presente estudio ese espaciamiento fue logarítmico y en los valores utilizados nunca surgió un valor de la duración de las sumas cercano a la media aritmética, pero sí a la media geométrica. Este resultado se ha documentado con intervalos o estímulos muestra que se denominan “*llenos*” y son similares a los que aquí se utilizaron; sin embargo, el hecho de utilizar intervalos de retención entre los componentes de la secuencia pudo haber influenciado la ejecución de las palomas que interpretaron el intervalo de retención como un marcador de la terminación de secuencia, o como marcador para estimar el componente inicial de la secuencia sin tomar en cuenta el componente final. Considerando los límites que tienen las pruebas sin intervalos de retención que se hacen después del entrenamiento, varios investigadores

han sugerido otros procedimientos experimentales para evaluar la discriminación (Dorrance, Kaiser y Zentall, 2000; Zentall, 2006). Por ejemplo, si el entrenamiento de igualación a la muestra demorada se hace utilizando como muestra la duración de un estímulo y durante éste se presentan diferentes intervalos de retención desde el inicio del entrenamiento, el resultado es una curva de retención relativamente plana, similar a la que mostró el Experimento 2 en la Condición IRECFs (intervalos de retención entre y al final de la secuencia). De manera que, los resultados de Experimento 2 sugieren que las funciones de retención divergentes son ocasionadas por artefactos en los procedimientos utilizados, más que por estrategias de detección o por la discriminación adecuada de estímulos muestra secuenciales.

En conjunto, los resultados del Experimento 2 parecen apoyar la “*Teoría de acortamiento subjetivo*”, pero no se descarta que otras explicaciones como la Hipótesis del Decaimiento del Recuerdo, o la Hipótesis de la Ambigüedad en las Instrucciones también puedan explicar los resultados encontrados en el Experimento 2. Razón por la cual, esas teorías se expondrán a continuación antes de comenzar con el Experimento 3 que sirvió para evaluar la segunda hipótesis.

Hipótesis del Decaimiento del Recuerdo

La Hipótesis del Decaimiento del Recuerdo originalmente fue propuesta como un modelo relativamente simple que podía explicar la mayoría de los hallazgos reportados utilizando el procedimiento de pico, ésta asume que la duración de la interrupción es una variable determina si el reloj se detiene o si éste se reinicia. Cuando las condiciones de los estímulos durante el intervalo entre ensayos y la interrupción son similares, uno puede esperar que las interrupciones grandes se parezcan más al intervalo entre ensayos ocasionando que el organismo reinicie el reloj. Una interrupción breve posibilita un decaimiento leve, los cambios en el tiempo pico son explicados por la detención de la estimación. Si la interrupción es lo suficientemente prolongada, el recuerdo del intervalo o de la duración decaerá casi totalmente y parecerá que los sujetos reinician la estimación después de la interrupción. Lo cual parece ser el caso. En general, cuando las señales son moderadamente salientes (interrupción grande) es más probable que los animales reinicien (Buhusi, Perera y Meck, 2005; Experimento 1, con ratas pigmentadas, y Experimento 3; Cabeza de Vaca, Brown y Hemmes; 1994; Roberts, Gheng y Cohen, 1989, Experimento 3). Según esta hipótesis, el recuerdo del intervalo o de la duración actualmente estimada decae en forma lineal como función de la duración de la interrupción pero variando linealmente con la localización de la mismo.

Hopson (1999) realizó una simulación conexionista del estudio de Cabeza de Vaca et al, para simular la ejecución en el procedimiento con interrupción. En ese experimento, la introducción de un proceso de decaimiento de la activación de los nodos se hizo ante la presencia del estímulo condicionado, lo cual ocasionó cambios en el tiempo pico que se aproximaron a la detención del reloj para las interrupciones cortas, la reiniciación del reloj y las interrupciones largas.

Hipótesis de Ambigüedad de las Instrucciones

Esta hipótesis utiliza el control de estímulos como una explicación alterna a la del decaimiento del recuerdo. Argumenta que en los procedimientos de pico y de igualación simbólica a la muestra demorada, el intervalo entre ensayos a las respuestas del organismo se les programa un “apagón” de las luces de la situación experimental asociado a la ausencia del reforzamiento. Si después un número considerable de sesiones en entrenamiento, el estímulo (secuencia muestra) que señala la duración a estimarse se interrumpe, tal como ocurre en los “apagones”, no sería extraño que el animal respondiera a estas condiciones como aprendió a hacerlo en el pasado, disminuyendo o suprimiendo las respuestas durante la interrupción y respondiendo a la reanudación del estímulo como si hubiese iniciado un nuevo ensayo; es decir, manifestando que esos estímulos adquirieron control sobre su conducta.

Cuando el intervalo entre ensayos es similar al intervalo de interrupción o retención, las palomas tienden a reiniciar su reloj; pero cuando los intervalos de retención son específicamente diferentes a los de la interrupción, las palomas tienden a detener el reloj (i.e., Kaiser, Zentall y Neiman, 2002). Similarmente, cuando el intervalo entre ensayos y la demora son similares, las ratas tienden a reiniciar su reloj; pero cuando el intervalo entre ensayos y la demora se distinguen por un ruido que está presente durante el intervalo entre ensayos pero no en la interrupción, las ratas claramente detienen el reloj (i.e., Buhusi y Meck, 2002, Experimento 2).

Basado en estos hallazgos, el Experimento 3 trató de aclarar las condiciones que producen “*el efecto de elección al corto*” y de poner a prueba la Hipótesis de Ambigüedad de las Instrucciones con dos grupos de sujetos, uno con palomas experimentalmente ingenuas y otro formado por las palomas utilizadas en el Experimento 2. La idea fue someter a éstos sujetos a condiciones donde claramente se diferenció el intervalo de retención, los intervalos entre ensayos, y además se utilizaron componentes señalados por un color distinto (blanco y azul) en la secuencia.

Experimento 3

Exploró la posibilidad de que el efecto de “elección al corto” sea producto de un sesgo del organismo ocasionado por una confusión que generó la ambigüedad de las instrucciones en la situación experimental. Su interés fue indagar de qué manera la transferencia en entrenamiento afecta la ejecución del organismo. Las condiciones experimentales fueron básicamente las mismas que utilizó el Experimento 2, la única excepción fue que los intervalos entre ensayos (IEE) y los intervalos de retención (IR) se diferenciaron claramente uno del otro.

Sujetos

Ocho palomas criollas, cuatro experimentalmente ingenuas y cuatro participantes del Experimento 2. Las palomas fueron reducidas al 80% del peso que adquirieron en 30 días de acceso libre al alimento y se alojaron en jaulas individuales con acceso libre a agua y grit cárico en una habitación que controló la temperatura y el ciclo de luz-oscuridad (12 h por 12 h).

Aparatos

El Experimento 3 utilizaron los mismos aparatos descritos para el Experimento 1.

Procedimiento

El procedimiento fue básicamente el mismo que utilizó el Experimento 2 (ver Tabla 3), con la excepción de que los IR se diferenciaron claramente de los IEE: en los IR todas las luces de la caja se apagaron y en los IEE la luz general de la caja permaneció encendida

Resultados

De manera consistente con el Experimento 2, en el análisis de los resultados se consideraron dos aspectos, el impacto que implica el introducir un intervalo de retención al estimar secuencias de duración y la manera en la cual los intervalos de retención afectan las curvas psicofísicas que se obtienen al introducir valores nunca presentados en los ensayos de entrenamiento (fase de generalización). Adicionalmente, se

hicieron comparaciones estadísticas entre los resultados del presente experimento y los obtenidos en el Experimento 2.

El valor promedio del índice de discriminación se graficó en la Figura 14 en función de los intervalos de retención. Los círculos vacíos representan secuencias cortas (6 s), los rellenos secuencias largas (12 s) y los inconexos el promedio de las sesiones de entrenamiento. La figura 14 muestra que valores promedio del índice de discriminación obtenidos para las secuencias cortas fueron similares a los computados con las secuencias largas. Las intrusiones de los intervalos de retención al final de la secuencia, tuvieron un efecto sobre el valor promedio del índice de discriminación que fue similar al que ocasionaron los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia. En las dos secuencias, cortas y largas, el valor promedio del índice de discriminación disminuyó con el incremento en la duración del intervalo de retención; sin embargo, en ninguno de esos intervalos el valor promedio del índice de discriminación fue menor a 0.5.

Un MANOVA confirmó los resultados de la Figura 14 (ver Tabla 8), no se encontraron diferencias significativas con los factores de condición [$F(1,2)=.17, p < .05$], días [$F(1,2)=.45, p < .05$] y duración [$F(1,2)=1.70, p < .05$]. Sin embargo, para los intervalos de retención el MANOVA mostró diferencias significativas [$F(3, 39)=60.47, p < .05$].

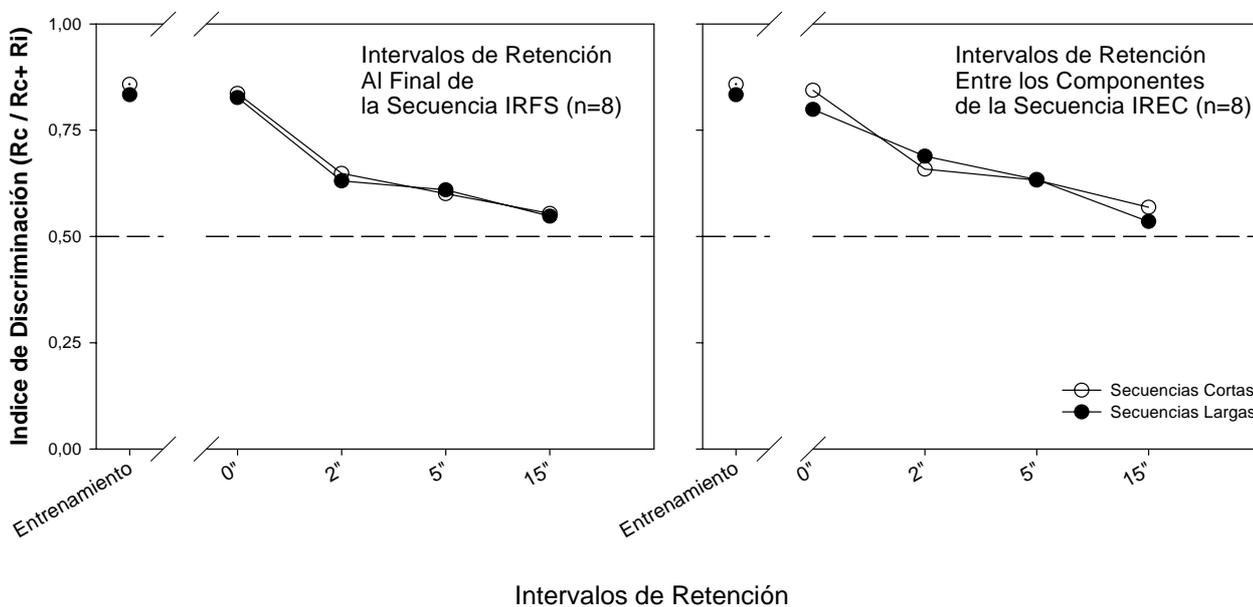


Figura 14. Valores del índice de discriminación en función de los intervalos de retención para las fases de prueba del Experimento 3.

Tabla 8. MANOVA de Medidas Repetidas para factores del Experimento 3.

	MS efecto	Efecto	MS Error	F	Nivel- p
CONDICION"	0.05	1.00	0.05	0.17	0.69
DIAS	0.10	9.00	0.01	0.45	0.90
DIAS*"CONDICION"	0.22	9.00	0.02	0.97	0.47
DURACION	0.02	1.00	0.02	1.70	0.22
DURACION*"CONDICION"	0.00	1.00	0.00	0.16	0.70
INTERVALOS DE RETENCION (IR)	11.52	3.00	3.84	60.47	.000*
IR*"CONDICION"	0.10	3.00	0.03	0.50	0.68
DIAS*DURACION	0.09	9.00	0.01	1.23	0.28
DIAS*DURACION*"CONDICION"	0.13	9.00	0.01	1.82	0.07
DIAS*IR	0.45	27.00	0.02	0.96	0.53
DIAS*IR*"CONDICION"	0.48	27.00	0.02	1.04	0.41
DURACION*IR	0.06	3.00	0.02	1.00	0.40
DURACION*IR*"CONDICION"	0.07	3.00	0.03	1.19	0.33
DIAS*DURACION*IR	0.35	27.00	0.01	0.83	0.71
DIAS*DURACION*IR*CONDICION	0.41	27.00	0.02	0.98	0.49

La misma fórmula logística que se utilizó en el Experimento 2, se aplicó a las 10 sesiones de pruebas con intervalos de retención en generalización para cada condición. Las funciones de ajuste obtenidas para la secuencia larga (12 s) en las pruebas GIRFS y GIREC, se graficaron en las figuras 15 y 16 en función de la duración de la secuencia en los ensayos de prueba. La línea punteada representa la función psicofísicas de ajuste para los valores promedio del grupo.

Para las dos pruebas, GIRFS y GIREC, las figuras 15 y 16 muestran, respectivamente que la probabilidad de responder a la suma larga disminuyó, la pendiente se aplanó, conforme se incrementó la duración del intervalo de retención. Una comparación entre las figuras 15 y 16 revela que a través de las diferentes duraciones de los intervalos de retención, los cambios en las funciones psicofísicas no fueron simétricos. A diferencia de las funciones psicofísicas obtenidas en el Experimento 2 (figuras 9 y 10), el efecto de aplanamiento de la pendiente fue más pronunciado y más rápido en la Condición GIREC.

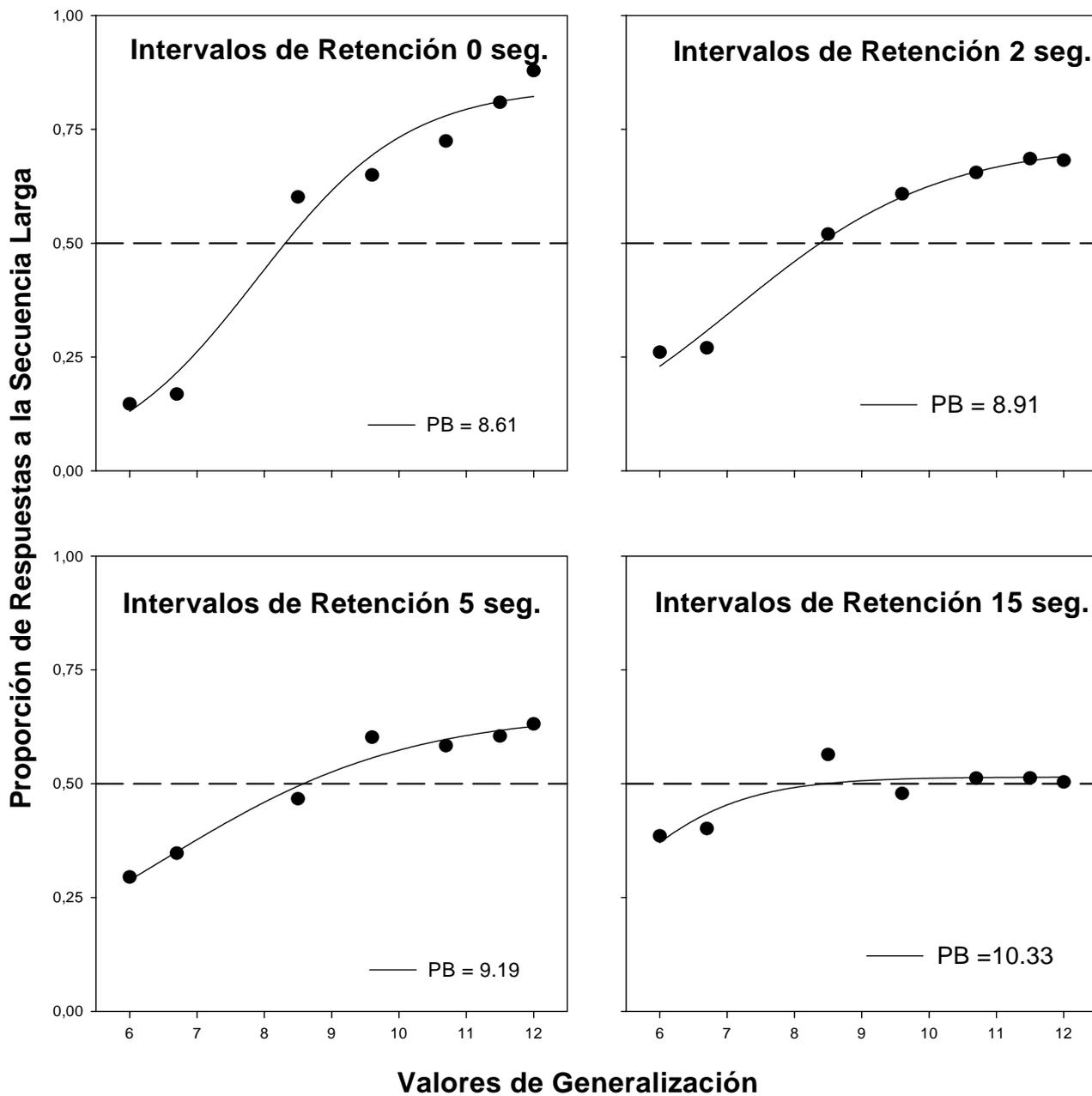


Figura 15. Proporción de respuestas a la secuencia larga en función de los valores de generalización para la prueba GIRFS del Experimento 3.

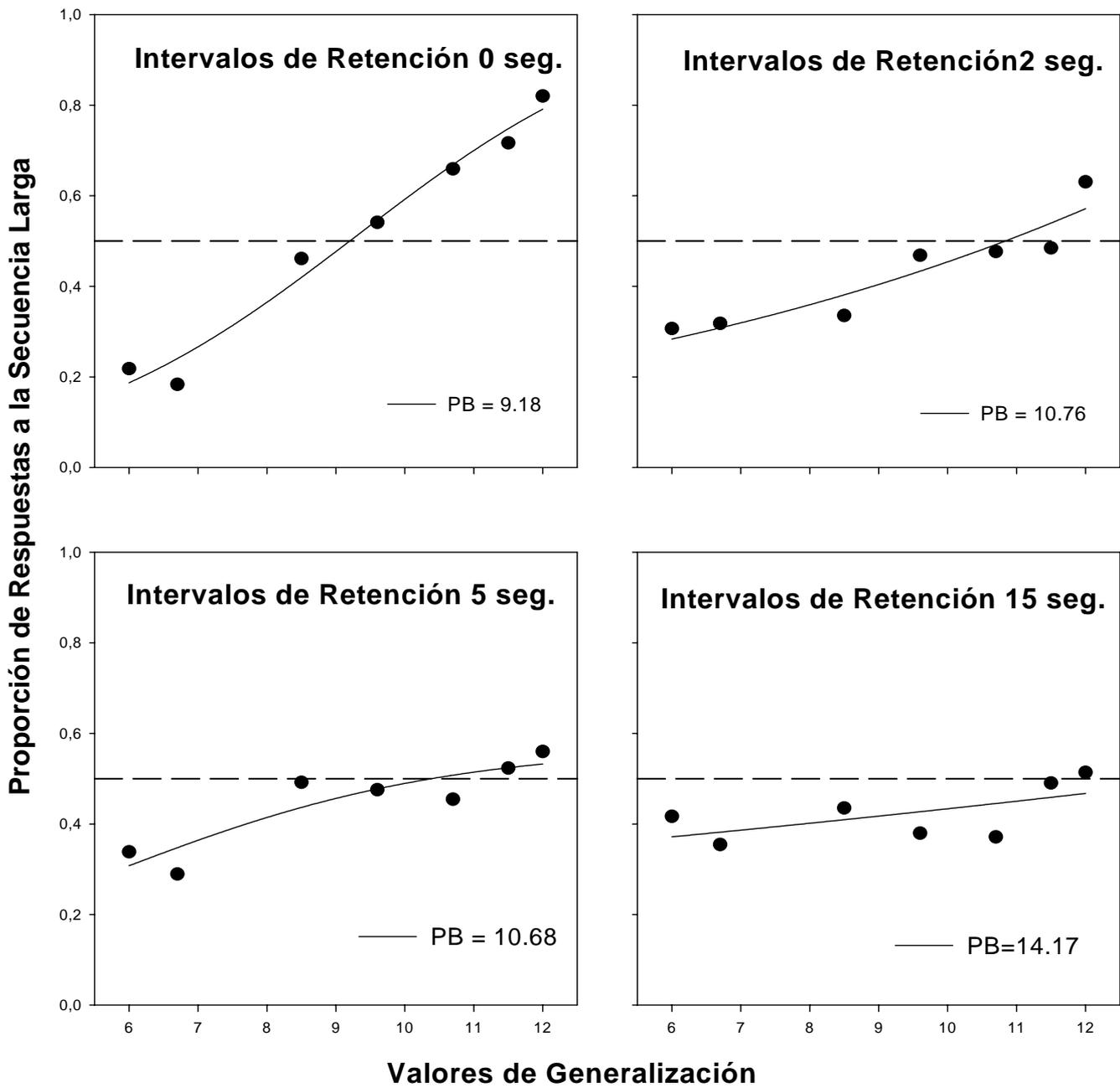


Figura 16. Proporción de respuestas a la secuencia larga en función de los valores de generalización para la prueba GIREC del Experimento 3.

Para cada uno de los intervalos de retención utilizados en las pruebas GIREC y GIRFS, las tablas 9 y 10 muestran los valores de igualdad subjetiva (PSI) y los correspondientes a la fracción de Weber (una medida de la precisión relativa de la estimación temporal $\text{limen}/\text{PSI}=\text{FW}$) obtenidos a través de los métodos de ajuste logístico de Wearden y de los Cuadrados Mínimos, respectivamente. También se muestran los resultados de las pruebas t que indicaron que los valores PIS no fueron estadísticamente diferentes a los de FW.

Tabla 9. Puntos de igualdad subjetiva y fracción de Weber del Experimento 3, obtenidos para cada condición y los intervalos de retención con un ajuste logístico de Wearden.

Condición entre Componentes	Demora	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.98	.122
	2	10.72	.102
	5	10.57	.104
	15	0.00	
Condición Antes de la Decisión	Demora	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.44	.230
	2	8.68	.382
	5	8.94	.637
	15	10.10	1.18

MANOVAs (análisis de varianza múltiple) conducidos por separado para PSI y FW en las pruebas GIREC y GIRFS, confirmaron los resultados presentados en las tablas 9 y 10. Para los puntos de igualdad subjetiva, el MANOVA (4 Intervalos de retención x 2 Condiciones x 10 días) no mostró diferencias significativo para ningún de efectos o su interacción. Para la fracción de Weber, sin embargo, el MANOVA (4 Intervalos de retención x 2 Condiciones) mostró diferencias significativas para el factor de Intervalos de Retención, $F(3, 70)=5.43$, $p = 0.05$, pero no así para factor de condición. En conjunto, esos resultados muestran que si bien los puntos de igualdad subjetiva cambian de tanto en intervalos de retención como en condición, los cambios no son estadísticamente significativos.

Tabla 10. . Puntos de igualdad subjetiva y fracción de Weber del Experimento 3, obtenidos para cada condición, e intervalos de retención con un ajuste logístico de Wearden.

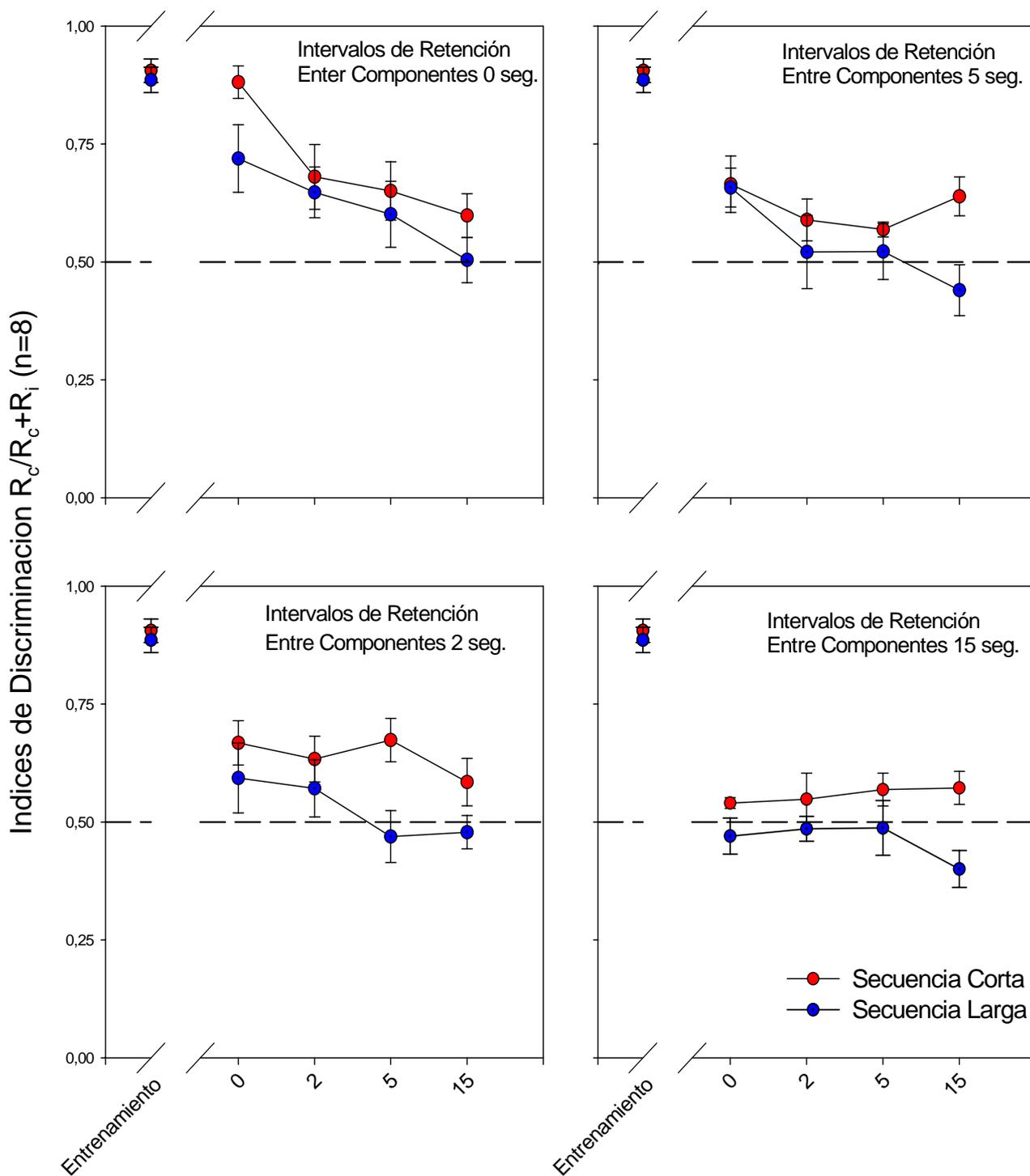
Condición entre Componentes	Demora	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	9.70	.185
	2	11.11	.218
	5	11.25	.290
	15	11.77	.197
Condición Antes de la Decisión	Demora	Punto de Igualdad Subjetiva	Fracción de Weber
	0	8.12	.149
	2	8.57	.250
	5	8.60	.354
	15	7.73	.454

Los valores promedio de grupo del índice de discriminación computados para los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia, se graficaron en la Figura 16 en función de los intervalos de retención presentados al final de la secuencia (i.e., antes de la decisión). Los círculos rojos representan la ejecución en la secuencia corta (6 s) y los azules la correspondiente a la secuencia larga (12 s). El valor promedio del índice de discriminación disminuyó en las secuencias corta y larga con los incrementos en la duración del intervalo de retención presentado al final de la secuencia. Sin embargo, cuando los intervalos de retención presentados entre los componentes duraron 15 segundos, los valores promedio del índice de discriminación en las dos secuencias muestran (panel inferior derecho) una tendencia a incrementar con los incrementos en la duración de los intervalos de retención presentados al final de la secuencia; la única excepción fue la secuencia larga (círculos azules) que muestra una disminución en el valor promedio del índice de discriminación en el intervalo de retención de 15 segundos.

Nuevamente, en todos los intervalos de retención entre componentes los valores promedio del índice de discriminación para la secuencia corta (círculos rojos) fueron más altos que los correspondientes a la secuencia larga (círculos azules), en ésta última se observan valores promedio del índice de discriminación por debajo de 0.5 en intervalos de retención entre componentes de 2, 5 y 15 segundos (note que aquí todos los valores están por debajo de 0.5).

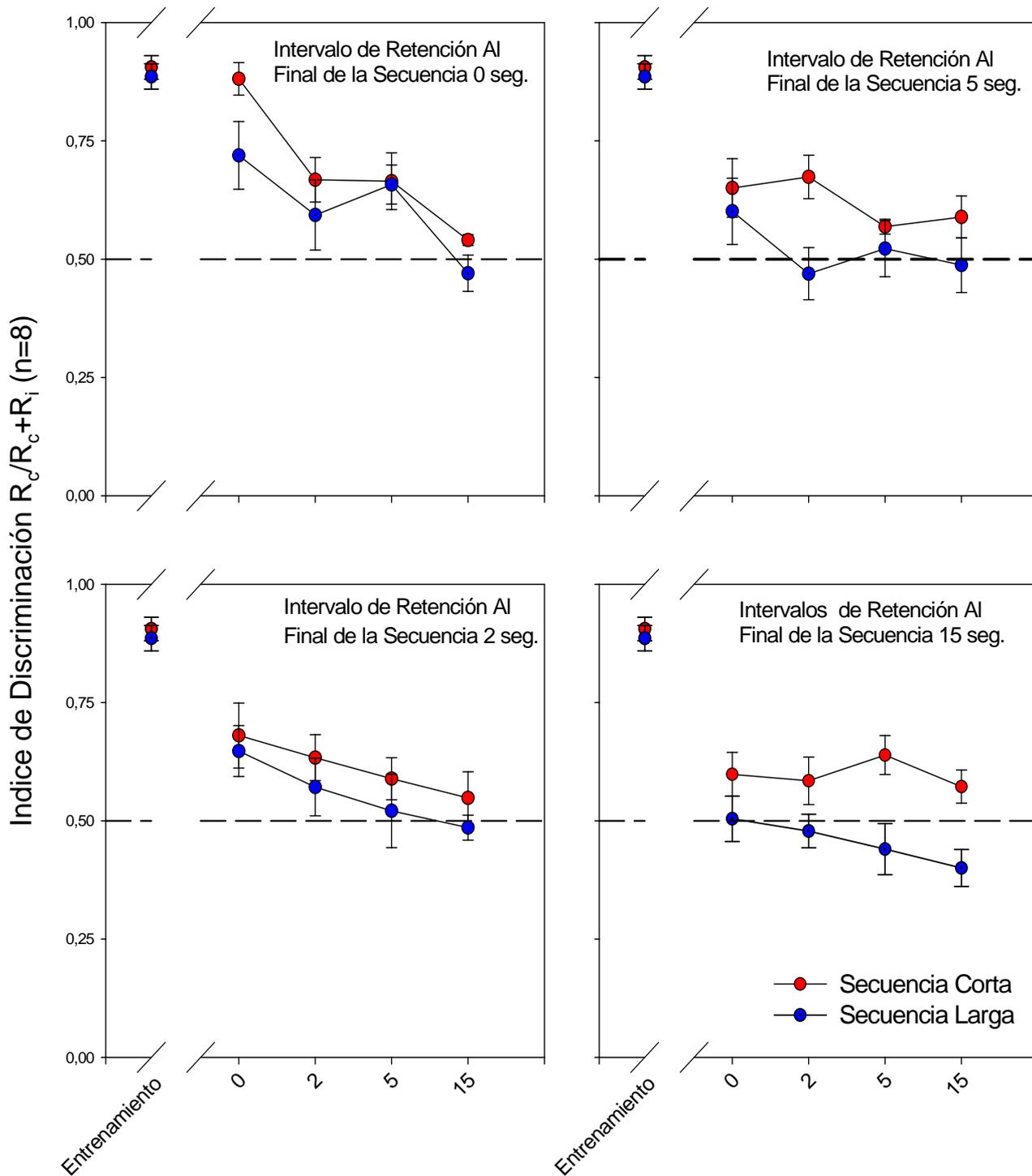
Los valores promedio de grupo del índice de discriminación obtenido con los intervalos de retención presentados al final de la secuencia (i.e., antes de la decisión), se graficaron en la Figura 17 en función de los intervalos de retención presentados entre los componentes de la secuencia. En los intervalos de retención presentados al final de la secuencia con duración de 0 y 5 segundos, las secuencias corta y larga muestran que el valor promedio del índice de discriminación disminuyó de manera no sistemática con el incremento en la duración del intervalo de retención presentado entre los componentes. Sin embargo, los intervalos de retención de 2 y 15 segundos presentados al final de la secuencia muestran un patrón diferente para la secuencia larga donde el valor promedio del índice de discriminación disminuyó linealmente con el incremento en la duración del intervalo presentado entre los componentes de la secuencia. En todos los casos, sin embargo, el decremento en el valor promedio del índice de discriminación de la secuencia larga (círculos azules) es mayor que el que se observa en la secuencia corta (círculos rojos). En la secuencia larga, los valores promedio más bajos del índice de discriminación de la secuencia larga se observan (panel inferior derecho) en los intervalos de 2, 5 y 15 segundos presentados entre los componentes de la secuencia.

Los valores promedio del índice de discriminación computados para las dos secuencias (cortas y largas), se graficaron en la Figura 18 en función de los cuatro pares de intervalos de retención, en cada par un valor corresponde al intervalo de retención presentado entre los componentes de la secuencia y el otro valor corresponde al intervalo de retención presentado al final de la secuencia. De manera consistente con los resultados del Experimento 2 (Figura 14), el valor promedio del índice de discriminación disminuyó en las dos secuencias con los incrementos en la duración de cada par de intervalos de retención. Nuevamente, la secuencia corta (círculos rojos) muestra valores más altos en el promedio del índice de discriminación que la secuencia larga (círculos azules); de hecho ésta última es la única que muestra un valor promedio en el índice de discriminación menor a 0.5 en el par de intervalos de retención de 15 s.



Intervalos de Retención Al Final de la Secuencia

Figura 16. Para la condición de intervalos de retención entre los componentes de la secuencia, los valores promedio del índice de discriminación en función de los intervalos de retención al final de la secuencia.



Intervalos de Retención Entre Componentes

Figura 17. Para la condición de intervalos de retención al final de la secuencia, los valores promedio del índice de discriminación en función de los Intervalos de retención entre los componentes de la secuencia.

Para los valores promedio del índice de discriminación en la condición IRECFS muestra que con los días, un MANOVA no mostró diferencias significativas para los factores de duración [F(1,4)=5.42, $p < .05$], días [F(9, 36)=1.42, $p < .05$] y su interacción. Sin embargo, para el factor de intervalos de retención el MANOVA mostró diferencias significativas [F(3, 12)=17.16, $p < .05$] (Tabla 14).

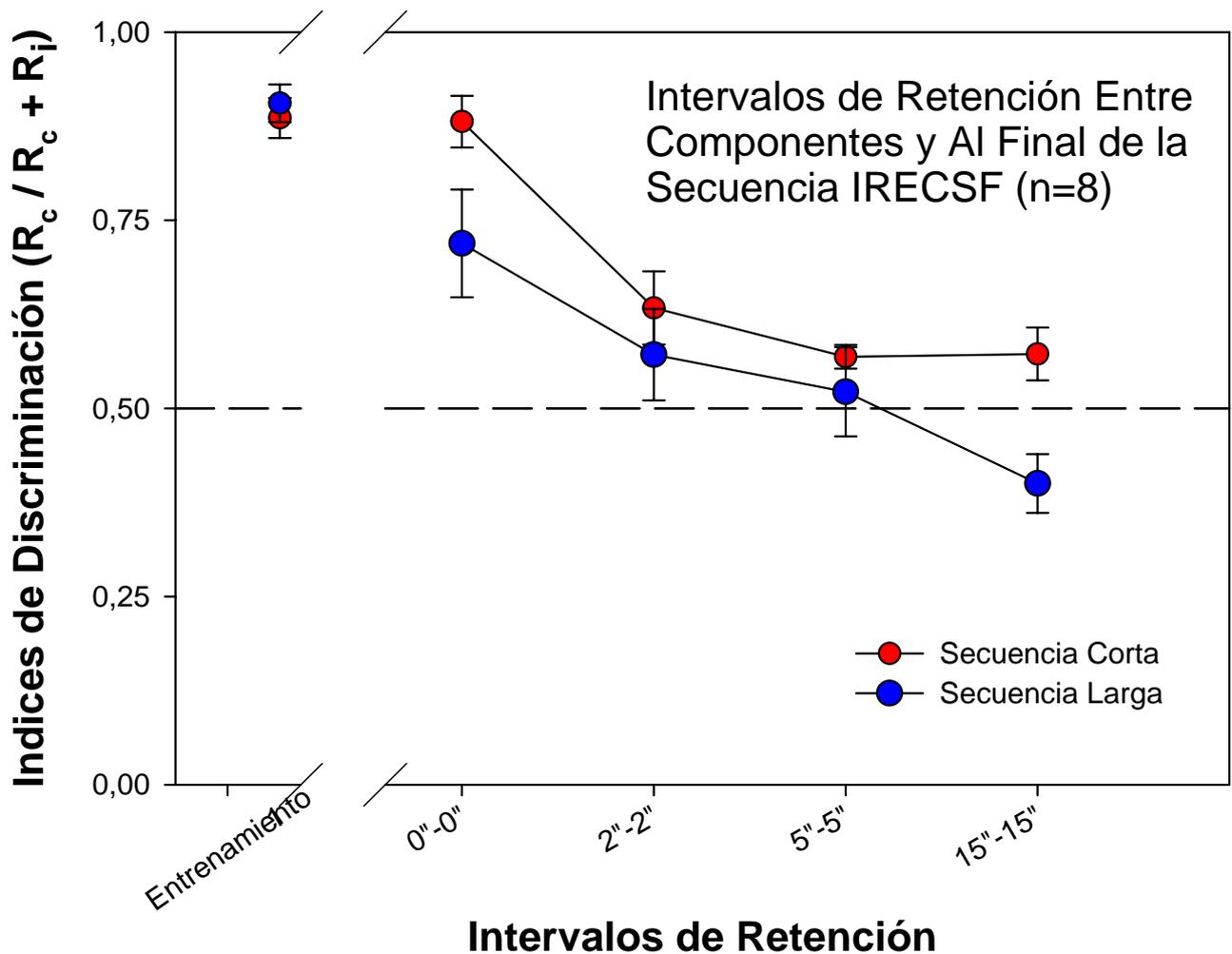


Figura 18. Para las condiciones de intervalos de retención presentados entre componentes y al final de la secuencia, los valores promedio del índice de discriminación en el Experimento 3.

Discusión

El Experimento 3 mostró que la intromisión de un intervalo de retención o tiempo fuera deterioró la ejecución de las palomas, el valor promedio del índice de discriminación se deterioró conforme se incrementó la duración de los intervalos de retención. En las dos primeras condiciones (Figura 14), los análisis estadísticos de los factores que se analizaron no mostraron diferencias significativas en el deterioro del índice de discriminación, sugiriendo que la intromisión de un intervalo de retención entre dos componentes de una secuencia genera un valor en el índice de discriminación que no difiere del valor que genera en ese mismo índice la intromisión de un intervalo de retención al final de la secuencia.

A diferencia de lo que se ha reportado en la literatura con estímulos simples, en el Experimento 3 el “efecto de elegir corto” no se presentó. Los resultados de las dos primeras condiciones no mostraron evidencia de olvido asimétrico, en los ensayos de secuencia corta el índice de discriminación disminuyó de la misma manera que lo hizo en los ensayos de secuencia larga; sólo en el intervalo de retención de 15 segundos de duración la secuencia larga cayó por debajo del 50 % de respuestas correctas. El hecho de que las palomas hayan exhibido una clara función de olvido aún en las secuencias cortas, sugiere que no habían adoptado una estrategia de detección. Los resultados del Experimento 3 sugieren que las palomas utilizaron una estrategia de discriminación, respondieron en las diferentes condiciones indicando que recordaban la duración de la secuencia muestra (12 o 6 s).

A diferencia del Experimento 2, el Experimento 3 presentó ensayos intremezclados donde los valores de los intervalos de retención fueron 0, 2, 5 o 15. Esto no impidió a las palomas discriminar si la secuencia había sido de corta o larga duración; aún con un intervalo de retención de cero duración, el valor promedio del índice de discriminación fue similar al que se obtuvo en el entrenamiento. Este resultado pudo deberse a que el Experimento 3 evitó la confusión instruccional al mejorar el control de estímulos, los intervalos de retención se asociaron a un cambio de estímulos (las luces de la caja se apagaron) que claramente los diferenció de los intervalos entre ensayos (la luz permaneció encendida). Los hallazgos del Experimento 3 son en parte congruentes con los estudios (Kaiser, Zentall y Neiman, 2002; Zentall, 2006; Zentall, Klein y Singer 2004, Experimento 2) que señalan que si un organismo es expuesto a condiciones de prueba novedosas, es muy posible que el experimentador sobreestime la ejecución en la prueba (ver Kaiser, Zentall, y Neiman, 2002; Zentall, 1997). Especialmente, esto ocurre cuando el entrenamiento involucra igualación a la muestra y los intervalos de retención se insertan entre la finalización del estímulo muestra y el inicio de los estímulos de comparación, como en el Experimento 3 que insertó intervalos de retención entre los

componentes y al final de la secuencia. No solo la similitud de los estímulos en el intervalo de retención y el intervalo entre ensayos, o la similitud de los estímulos en el intervalo de retención con algún otro estímulo de muestra, pueden sesgar la elección del organismo en el momento de elegir el estímulo de comparación. También la intromisión de un intervalo de retención novedoso puede ocasionar un decremento en la eficacia de la igualación, y esto no se puede atribuir a una pérdida de memoria, aún cuando no se presente el sesgo. Zentall, Klein y Singer (2004) interpretan el decremento en la eficacia de la igualación como producto de la respuesta del organismo a lo novedoso, donde el decremento en la eficacia tiende a ser mayor conforme el ensayo tiende a ser más novedoso (por ejemplo los incrementos en los intervalos de retención).

En la condición IECFS donde los intervalos de retención se insertaron entre los componentes de la secuencia y al final de ésta (figuras 16, 17 y 18), el deterioro en el valor promedio del índice de discriminación fue más pronunciado para la secuencia larga que para la secuencia corta, sugiriendo que “*el efecto de elegir corto*” fue pequeño. Cuando el intervalo de retención duró 15 segundos, sin embargo, el valor promedio del índice de discriminación para las secuencias cortas fue muy parecido al valor que mostró éste índice en las dos condiciones anteriores (IREC y IRFS). Lo cual indica que el deterioro en la ejecución (i.e., disminución del valor promedio del índice de discriminación) aumentó con el incremento en la duración del intervalo de retención, aunque el índice de discriminación no alcanzó niveles inferiores al 50 % de respuestas correctas. Estos resultados se pueden atribuir a que se trató a los intervalos de retención insertados entre los componentes como si fuesen equivalentes a los intervalos de retención presentados al final de la secuencia, cuando en realidad éstos no fueron equivalentes a intervalos de retención 2, 5 y 15 segundos como en las anteriores condiciones, sino a intervalos de retención de 2+2, 5+5 y 15+15 segundos. Lo cual puede ser interpretado en términos de saliencia del estímulo, si en el intervalo de retención la señal no es saliente con respecto al intervalo entre ensayos, el organismo terminaría su estimación y con intervalos de retención de mayor duración reiniciaría su estimación. Cabe mencionar que a diferencia de lo que ocurrió en el Experimento 2 donde el MANOVA mostró diferencias significativas para los factores de condición y de intervalos de retención, en el Experimento 3 el MANOVA no mostró diferencias significativas para el factor de condición. Sin embargo, esto no explica ¿por qué el “*efecto de elección al corto*” no ocurrió?, aún cuando el Experimento 3 eliminó la posibilidad de confusión en las instrucciones (condición IRFS) mejorando el control de estímulos situacional.

Con respecto a las funciones psicofísicas, las dos condiciones GIREC y GIRFS (figuras 15 y 16) mostraron que las pendientes de esas funciones tendieron a aplanarse conforme con los incrementos en la duración del intervalo de retención, donde el aplanamiento de la pendiente fue más severo y ocurrió más rápido en la condición GIREC que en la condición GIRFS. Estos resultados contrastaron con los obtenidos en

el Experimento 2 donde el aplanamiento en la pendiente de las funciones psicofísicas fue más rápido y más severo en la condición GIRFS que en la condición GIREC.

En las condiciones (GIREC y GIRFS) con intervalos de retención de cero segundos de duración, los puntos de igualdad subjetiva (PIS) para las secuencias corta y larga mostraron valores cercanos a la media geométrica (DEC = 8.68 y DAD 9.21, respectivamente). A diferencia de lo que ocurrió en el Experimento 2, para la condición de intervalos de retención al final de la secuencia los valores de los PIS en el Experimento 3 fueron menores a los que mostró la condición con intervalos de retención entre los componentes. Este resultado sugiere la existencia de una estrategia de agrupamiento donde el segundo componente de la secuencia de duraciones (la luz intermitente en la tecla central con una duración de 4 segundos) fue interpretado por las palomas como un intervalo de retención diferente a los intervalos de retención que manipuló el Experimento 3. Otro dato importante del Experimento 3 es que en la condición de IRFS los valores promedio de los PIS no disminuyeron tan abruptamente (la pendiente no se aplanó tan rápido) como ocurrió en la condición de IREC. Además, en los intervalos de retención de cero segundos de duración, los valores promedio de los PIS en la condición IREC estuvieron más cercanos a la media geométrica que los valores correspondientes a la condición de IRFS; un resultado reportado con frecuencia cuando se utilizan intervalos o estímulos muestra a estimar denominados “*llenos*”, como los que usó el Experimento 3.

Finalmente, los resultados del Experimento 3 sugieren que las funciones de retención divergentes se pueden deber más a confusiones en los procedimientos utilizados que a estrategias de detección, o a algún déficit selectivo en la memoria que afecte la configuración de estímulos particulares. Al respecto, la hipótesis de ambigüedad (junto con un mecanismo de saliencia que determina cuando un animal podría reiniciar después de una interrupción ambigua) puede explicar la mayoría de los resultados obtenidos con los procedimientos de intervalo de pico y de igualación simbólica a la muestra demorada.

Discusión y conclusiones generales

Las inspecciones visuales de los índices de discriminación obtenidos en las fases de entrenamiento y entrenamiento probabilística, sugieren un control de la secuencia de las duraciones más que un control de las características propias de estímulo (fijo e intermitente).

Los resultados de la tarea de secuencias de duraciones con pares de duraciones explícitamente arreglados, mostraron que las palomas pueden aprender y ejecutar eficazmente la tarea de comparación, esto aún cuando los componentes de la secuencia de duraciones y las características físicas de los componentes de la duración misma, cambien como resultado de las manipulaciones experimentales.

Los presentes experimentos muestran que las elecciones de las palomas son sensibles a las variaciones en la duración de la señal (secuencia) cuando las oportunidades de elección y el orden de la secuencia (suma de duraciones) son interrumpidas con un intervalo de retención. Estos hallazgos son consistentes con los modelos de memoria temporal que sostienen que los sujetos retienen información que soporta una correspondencia simbólica con la duración de la señal (Spetch y Rusak, 1992; Spetch y Wilkie, 1983; Wilkie y Willson, 1990), la duración de la secuencia en el caso de los presentes estudios.

Los análisis de las pruebas que manipularon los intervalos de retención (condiciones IREC y IRFS en los Experimentos 1, 2 y 3), mostraron que el valor promedió en el índice de discriminación disminuyó notoriamente en el Experimento 1 y ligeramente en el Experimento 2; estos resultados son consistentes con el “efecto de elección al corto”.

Cuando se probaron las secuencias o sumas de duraciones intermedias en las secuencias cortas y largas (Experimentos 2 y 3 Condiciones GDEC y GDAD, de generalización), los cambios en las funciones psicofísicas y las medidas derivadas (Punto de Bisección, Umbral Diferencial y Fracción de Weber) mostraron que las funciones psicofísicas obtenidas para los intervalos de retención presentados entre los componentes fueron cualitativamente diferentes a las funciones psicofísicas obtenidas con las intromisiones de los intervalos de retención al final de la secuencia. El Experimento 3, sin embargo, mostró un mayor deterioro (un mayor aplanamiento en la pendiente de la función psicofísica) en la condición IRFS que en la condición IREC. Si bien el deterioro puede atribuirse exclusivamente al intervalo de retención (tal como se hizo en el Experimento 2), también éste puede atribuirse a una confusión de las palomas provocada por el segundo componente de las secuencias que siempre duró cuatro segundos en presencia de luz intermitente, lo

cual pudo ser interpretado por las palomas como un intervalo de demora distinto a los otros intervalos de retención. Este razonamiento puede ayudar a responder la siguiente pregunta: ¿por qué el deterioro de las curvas psicofísicas en la condición IREC fue mayor que en la condición IRFS? Al parecer, las palomas sólo interpretaron como duración a estimar la primera parte de la secuencia (2 ú 8 s) y los 4 segundos de la segunda parte de la secuencia los interpretaron como un intervalo (señalado diferencialmente) adicional a los intervalos de retención (0, 2, 5 y 15 segundos) que se sumó a estos resultando en intervalos de retención de 4, 6, 9, y 19 segundos.

Primero, podemos considerar los presentes hallazgos en el contexto de una explicación cuantitativa de la estimación temporal. Aunque la posición de la codificación analógica es consistente con la teoría líder de estimación temporal en organismos no humanos, la teoría de expectancia escalar (SET), la codificación analógica no se elaboró para explicar de qué manera la información cambia en el tiempo cuando puede ser retenida en memoria de trabajo y usada para mediar respuestas en experimentos de discriminación con intervalos de retención como los aquí descritos. Sin embargo, a partir de una serie de experimentos que investigaron la transferencia intermodal, la interrupción y la reanudación de la señal a estimar, surgió una preparación conocida como “Procedimiento de Pico con interrupciones” que ha permitido estudiar las propiedades cronométricas del reloj y los posibles factores de memoria involucrados. Este procedimiento de producción temporal prueba el valor en memoria de la señal estimada, al interrumpir la señal y observar el efecto de la interrupción sobre el tiempo pico de la respuesta (Buhusi y Meck, 2000). Aplicado este razonamiento a los presentes hallazgos, en la condición IREC las interrupciones o intervalos de retención afectaron los índices de discriminación conforme se incrementó la duración de la interrupción.

Se ha observado que ante una interrupción los animales suspenden su procesamiento temporal y siguen una de dos reglas, reiniciar la estimación o detener su curso; el Experimento 1 sugirió que al terminar la secuencia las palomas emitieron un juicio acerca de si ésta fue de corta o larga duración. La introducción del intervalo de retención al final de la secuencia (condición IRFS), afectó el recuerdo del juicio previamente tomado por las palomas. En contraste, cuando el intervalo de retención se presentó entre los componentes de la secuencia (condición IREC), como las palomas no habían juzgado la secuencia, pararon el reloj al término del primer componente y lo reiniciaron al presentarse el segundo componente. Esta descripción, sin embargo, no responde a la siguiente pregunta ¿por qué “*el efecto de elección al corto*” fue más evidente en la condición IRFS que en la condición IREC?

Para explicar el “efecto de elegir corto”, Killeen y Fetterman (1988) elaboraron la Teoría Conductual de Estimación Temporal (BeT). De acuerdo con BeT, los sujetos basan sus elecciones en los estados

conductuales condicionados a las diferentes alternativas de respuestas. Cuando los intervalos de retención se insertan entre la duración de la secuencia y la elección, los sujetos exhiben estos estados condicionados de acuerdo a una función que decrementa exponencialmente con la duración del intervalo de retención. Cuando las elecciones son presentadas al final del intervalo de retención y el sujeto no está en un estado condicionado, elige con una probabilidad sesgada donde el sesgo favorece a la alternativa asociada a la duración corta. Este modelo proporciona una muy buena explicación cuantitativa de los datos publicados por Spetch y Wilkie (1982). Sin embargo el modelo no especifica la fuente del sesgo en la respuesta correlacionada con un estado de respuesta incondicionada, y el sesgo es esencial en el “*efecto de elección al corto*”.

Los modelos cuantitativos de estimación temporal no han dado una explicación satisfactoria de las ejecuciones asimétricas que surgen con el uso de intervalos de retención en experimentos de control temporal, aunque quizá dichas explicaciones no deban de ser una demanda de las teorías desarrolladas para explicar los efectos de estimación temporal contemporáneos. Aunque la investigación, y las teorías de memoria de trabajo temporal y no temporal en animales, históricamente han enfatizado diferencias cualitativas; recientemente se han propuesto varias explicaciones cuantitativas (Gaitan y Wixted, 2000; McCarthy y White, 1987; Wixted, 1989, Wixted y Ebbesen, 1991, Wixted y White, 2001). Muchas de éstas hacen referencia a la forma de la función de olvido (por ejemplo exponencial vs, hiperbólica) y a las variables que sistemáticamente afectan a los parámetros de la función de olvido. Por ejemplo, Wixted (1989) organizó varios reportes en memoria de trabajo animal, pero ese trabajo únicamente se ha aplicado a experimentos con estímulos no temporales donde el control de estímulos se desvanece de manera similar después de los diferentes tipos de muestra.

En contraste, Staddon (1984; 2000) propuso una descripción cuantitativa de estimación temporal y recuerdo que se basa en una estructura común para describir la discriminación del tiempo y la memoria bajo. Staddon argumenta que la estimación temporal y el recuerdo se pueden construir en una discriminación de eventos salientes, donde la saliencia o intensidad de un evento está directamente relacionada a su duración (los eventos largos son más salientes que los eventos cortos) e inversamente relacionada a su recencia (los eventos recientes son menos salientes que eventos pasados), la discriminación de duraciones es la discriminación de eventos salientes (Wilkie 1987). Así, el modelo de Staddon proporciona un eslabón natural entre los tratamientos de igualación a la muestra demorada que involucran una discriminación de recencias relativas y las tareas de discriminación temporal utilizadas como procedimientos de pico con interrupciones.

Una limitación del modelo de Staddon es su falta de especificidad acerca del papel de los factores no temporales, ya que sólo se centra en la eficacia del control por eventos en el pasado. La investigación en memoria temporal, sugiere que los cambios en los procedimientos pueden alterar la naturaleza del código de memoria inferida (Grant, 2001; Grant y Spetch, 1991; Santi y Hope, 2001; Santi, Hornyak, Miki, 2003; Santi, Ross, Coppa, y Coyle, 1999). Otra limitación del modelo de Staddon es que no incluye un proceso de decisión implícita para guiar las elecciones de los sujetos que se base en la saliencia de los eventos; esto es importante porque a pesar de que dicho proceso está implícito en el modelo, necesita hacerse explícito para ofrecer una prueba realista del modelo.

Los trabajos en memoria temporal (Fetterman 1995; Gaitan & Wixted, 2000; Grant, 1993; Grant & Spetch, 1991, 1993, 1994; Roberts, Roberts & Kit, 2001; Santi, Bridson y Ducharme, 1993; Santi, Hornyak, & Miki, 2003; Sherburne, Zentall & Kaiser, 1998; Spetch 1987; Zentall, Weaver y Clement; 2003), sugieren que las palomas pueden ser inducidas a adoptar una estrategia de codificación no temporal. Los métodos para inducir dicha estrategia, sin embargo, involucran cambios sustanciales en la tarea original de igualación a la muestra simbólica demorada (Spetch y Wilkie, 1982, 1983). Aunque estas consideraciones son importantes porque proporcionan evidencia adicional de la flexibilidad en la codificación de memoria, el resultado original del sesgo en la función de olvido permanece como un fenómeno extremadamente robusto en memoria de trabajo (como de hecho también se puede apreciar en los estudios con humanos).

En conjunto, los presentes experimentos abordaron problemas relacionados con : a) las fases de generalización que comúnmente se evalúan en los procedimientos temporales como el de la Bisección Temporal, b) las diferencias básicas entre los intervalos de retención y los intervalos entre Ensayo que permitieron evaluar algunas predicciones de la hipótesis de ambigüedad instruccional, y c) la evaluación de una condición adicional (IRECFS) que permitió explorar otros aspectos del procedimiento y las características de la presentación de los intervalos de retención.

A diferencia del Experimento 1 que manipuló cuatro secuencias, el Experimento 2 sólo manipuló dos secuencias y el segundo componente de estas secuencias siempre fue señalado por el mismo tipo de estímulo (4 segundos de una luz intermitente). También, el Experimento 2 manipuló las duraciones del primer componente de las secuencias, con lo cual se obtuvieron sumas de duraciones que representaron secuencias no experimentadas por las palomas (fases de generalización en las condiciones GIREC e GIRFS) con la finalidad de evaluar lo que pasaba cuando los intervalos de retención se presentaban entre los componentes de la secuencia, al final de secuencia, y en las dos posiciones sucesivamente. El resultado general fue un “*efecto al corto*” menos robusto que el reportado en la literatura. En las fases de generalización, los cambios

en las funciones psicofísicas a través de las duraciones no fueron simétricos y la probabilidad de responder a la suma larga disminuyó (la pendiente de la función psicofísica se aplanó) conforme aumentó la duración de la demora. Este efecto es más pronunciado y más rápido en la condición GIRFS que en la condición de GIREC. Cuando los intervalos de retención se presentaron entre los componentes de la secuencia y al final de ésta, los resultados mostraron para condición de IRECFS un deterioro en la discriminación (disminución en el valor promedio del índice de discriminación) que fue más pronunciado para la secuencia larga que para la secuencia corta. En los intervalos de retención de valor más extremos (5 y 15 segundos de duración) fue donde se observó con más “*el efecto de elegir corto*”. Las ejecuciones de las palomas en las secuencias cortas fueron muy similares en las condiciones IREC y IRFS, en las dos condiciones se observó un deterioro en la ejecución (disminución en el valor promedio del índice de discriminación) y éste se magnificó con el incremento en la duración del intervalo de retención, aunque nunca alcanzó niveles por debajo del 50 % de respuestas correctas.

El Experimento 3, evaluó algunas predicciones de la Hipótesis de Confusión y trató de determinar si una diferenciación entre los intervalos de retención y el intervalo entre ensayos fue causante del “*efecto de elección al corto*” encontrado en los Experimentos 1 y 2. Los resultados mostraron una ausencia total del “*efecto de elección al corto*” y un decremento simétrico en los índices de discriminación computados en las fases de generalización. Los cambios en las funciones psicofísicas, sin embargo, no fueron simétricos a través de los intervalos de retención y la probabilidad de responder a la suma larga disminuyó (la pendiente de la función psicofísica se aplanó) con los incrementos en la duración del intervalo de retención. Además, en el Experimento 3 el decremento en los valores promedio de los índices de discriminación fue más pronunciado y ocurrió más rápido en la condición GIREC que en la condición GIRFS. Cuando los intervalos de retención se presentaron entre los componentes de la secuencia y al final de ésta, el deterioro en la discriminación o disminución en el porcentaje de respuestas correctas fue casi simétrico en las dos secuencias (cortas y largas) de la condición IRECFS. Cuando se graficó el valor promedio del índice de discriminación para los intervalos de retención presentados entre componentes en función de los intervalos de retención presentados al final de la secuencia (Figura 16), y viceversa (Figura 17); el deterioro en la ejecución (la disminución en el valor promedio del índice de discriminación) también aumentó con el incremento en la duración de los intervalos de retención, observándose un ligero “*efecto de elegir corto*”. Los resultados de los Experimentos 2 y 3 en la condición IRECFS, sugirieron que las palomas adoptaron la estrategia de reiniciar la estimación de las secuencias de las duraciones porque el intervalo de retención interrumpió la finalización de la secuencia.

Conclusiones

1) Las ejecuciones obtenidas en las fases de entrenamiento y entrenamiento probabilístico sugieren que hay un gran control de la secuencia de las duraciones, más que en las características propias de estímulo (fijo e intermitente). Es decir las estimaciones que los animales realizaron fueron sensibles a la duración de la secuencia de estímulos más que de la composición de la secuencia de duraciones, o al orden de los componentes de esta (fijo e intermitente).

2) En conjunto, los tres experimentos mostraron que las elecciones de las palomas son sensibles a las variaciones en la duración de la señal (secuencia) cuando las oportunidades de elección y el orden de la secuencia (suma de duraciones) se interrumpen con un intervalo de retención. Estos hallazgos son consistentes parcialmente con los modelos de memoria temporal que sostienen que los sujetos retienen este tipo de información; sin embargo, la pregunta de ¿cómo esta siendo procesada la información? parece apuntar hacia la existencia de un proceso de discriminación simple donde la información se procesa categóricamente, (Spetch y Rusak, 1992; Spetch y Wilkie, 1983; Wilkie y Willson, 1990).

3) En el Experimento 1 encontró el “*efecto de elección al corto*” bajo condiciones similares a las reportadas en la literatura extendiendo la generalidad de este fenómeno a la discriminación de secuencias de duraciones.

4) Las presentaciones de los intervalos de retención entre los componentes de la secuencia o al final de ésta efectuadas en el Experimento 2, no mostraron efectos significativos en la ejecución de las palomas; sin embargo, la interacción entre intervalos de retención y condiciones experimentales si mostró diferencias significativas en las ejecuciones de las palomas. Cabe señalar que a diferencia de lo que se reporta en la literatura con estímulos simples, en el Experimento 2 si hubo una diferencia significativa en cuanto a las duraciones, no puede decirse que esto propiamente sea un “*efecto de elegir corto*”, es decir la ejecución de las palomas se deterioro de manera muy similar con los ensayos de secuencia corta que con los ensayos de secuencia larga, y la ejecución para las secuencias largas nunca cayó por debajo del 50 % de respuestas correctas.

5) En la condición donde los intervalos de retención se insertaron en las dos posiciones, entre los componentes de la secuencia y al final de ésta, se observó un ligero efecto “de elegir al corto”, aunque este puede atribuirse al incremento real del intervalo de retención, o a que las palomas utilizaron la regla de reiniciar el reloj cuando la señal a estimar fue interrumpida.

6) El Experimento 3 trató de anular la posible confusión de la situación experimental, pero no encontró diferencias en las ejecuciones que pudiesen ser atribuidas a la condición experimental o al tipo de secuencia (corta o larga); en las dos secuencias el valor promedio del índice de discriminación disminuyó de manera simétrica con el incremento en la duración del intervalo de retención, y esto ocurrió independientemente de si la condición experimental fue IREC o IRFS.

Se necesita investigación para determinar empíricamente si la forma de la función de olvido es exponencial o ésta es hiperbólica, porque son muchas las variables que sistemáticamente afectan los parámetros de la función de olvido.

La hipótesis de decaimiento o fuerza del trazo (Staddon y Higa, 1999), la hipótesis de ambigüedad de las instrucciones (Zentall 2006), o algún modelo de reloj interno; cualquiera de estos modelos es capaz de explicar la mayoría de los hallazgos aquí reportados.

Anexo

HIPOTESIS EXPLICATIVAS DEL AJUSTE TEMPORAL DE LA CONDUCTA

El ajuste del comportamiento a las propiedades temporales del ambiente ha recibido un buen número de interpretaciones que, de manera resumida, podemos agrupar en tres bloques. En primer lugar tenemos aquellas explicaciones que se basan en principios tradicionales y largamente estudiados dentro de la psicología del aprendizaje; para ellas, las características temporales de la estimulación resultarían discriminables como cualquier otra propiedad del ambiente (forma, tamaño, color, etc.). Llamaremos teorías de la discriminación temporal a las que incluimos en este primer bloque. En segundo lugar, podemos agrupar las interpretaciones que apelan a la realización por el sujeto de otras conductas diferentes a la conducta ajustada temporalmente; tales comportamientos, al permitir al sujeto un “llenado” del tiempo, facilitan el ajuste temporal de la conducta que estamos interesados en observar. Llamaremos hipótesis de las conductas colaterales a las incluidas en este segundo grupo. También, tenemos aquellas interpretaciones que apelan a hipotéticos mecanismos internos; el funcionamiento de tales mecanismos sería la causa de la relativa buena adaptación temporal del comportamiento. Estas son las teorías de reloj interno. Finalmente tenemos las teorías de decaimiento de la de la activación neuronal en el transcurso del tiempo, siguiendo al inicio de un estímulo.

La primera posición parte de la realidad evidente de que todo suceso ambiental o conductual tiene lugar “en” el tiempo o, dicho con más precisión, tiene propiedades temporales o de duración. Como ante cualquier propiedad de toda estimulación, también con la duración puede elaborarse una discriminación que, como todas las demás, se traduce en un comportamiento diferenciado o ajustado (Skinner, 1938). En el caso más típico de regulación temporal –la actuación en los programas de IF –los sujetos aprenderían a discriminar que inmediatamente después del reforzamiento éste no vuelve a aparecer durante un tiempo y, una vez discriminada la baja probabilidad de ocurrencia del reforzador al comienzo del IF, se produciría la pausa inicial de respuestas. Según transcurre el IF el reforzamiento es más probable y el sujeto empieza a responder, lo hará progresivamente más rápido conforme se acerca el momento en que se presenta el reforzador, que al llegar permitirá el establecimiento de una nueva discriminación: dado que hay una correlación entre el emitir respuestas rápidas y la aparición del reforzador, el responder rápidamente, como se hace al final del intervalo, se discrimina como una condición favorable para el reforzamiento (Skinner, 1950).

Otro caso que se puede insertar dentro de las interpretaciones basadas en la discriminación nos la proporciona Catania (1970). Al comentar los resultados del primer experimento realizado con el procedimiento de pico, Catania indica que sería conveniente considerar las ejecuciones mostradas por sus sujetos como un gradiente de generalización temporal. Estos gradientes serían comparables, por sus propiedades generales, con los gradientes clásicos de generalización obtenidos con otras características particulares de los estímulos utilizados

Lo que Catania plantea es considerar la dimensión temporal de los estímulos de forma similar a otras propiedades de los mismos (el color, en el ejemplo anterior). Si hacemos esto podríamos hablar de una discriminación intradimensional (Hanson, 1959) o discriminación entre distintos valores de una sola dimensión, ya fuese ésta el color, el brillo, la intensidad o la duración de los estímulos utilizados. Siguiendo esta lógica, ante los resultados obtenidos mediante el procedimiento de pico, tendremos un gradiente de generalización temporal donde la tasa máxima de respuesta coincide aproximadamente con la duración del estímulo expresamente reforzada –discriminación temporal-, siendo las tasas progresivamente menores –generalización temporal- cuanto más alejadas (por más cortas o más largas) estén otras duraciones del estímulo (Killeen 2001). A partir de aquí, muchos aspectos de la discriminación y generalización temporales podrían ser explicados basándonos en la teorías más tradicionales del Control de estímulos, como son las de Spence (1936) y Hull (1943) o la de Terrace (1963, 1966).

Aun aceptando la idea de que la duración de un estímulo puede desarrollar algún control discriminativo sobre la conducta, algunos autores plantean como poco probable que se pueda atribuir solamente a una discriminación temporal el patrón conductual que aparece en IF. Así Morse (1966) destaca el papel que juega la demora del reforzamiento en el fortalecimiento de la respuesta. Como ha sido comprobado (por ejemplo Dews, 1960; Skinner, 1938), cuanto más inmediata a la conducta es la presentación del reforzador, más queda ésta fortalecida; según ello, en un IF, la última respuesta será la más fortalecida, la penúltima lo será menos y, mucho menos aún, las primeras respuestas dadas en el intervalo, muy alejadas del estímulo reforzador. Ello nos permitiría hablar de un gradiente generado por la mayor o menor distancia temporal respecto al reforzamiento y así, se podría justificar el patrón de respuestas progresivamente aceleradas que se presentan bajo los programas de IF sin necesidad de contemplar expresamente una generalización temporal.

Interpretaciones basadas en las conductas colaterales

¿Qué hace un sujeto mientras no presenta la respuesta que, explícitamente, estamos registrando y reforzando? ¿Qué hace un sujeto durante la pausa inicial de un IF o durante los tiempos entre respuestas largos de un programa RDB? Es obvio que no habrá muerto conductualmente. Como se observó en los años 50s, la presencia de conducta estereotipada ocupando los períodos a los que nos acabamos de referir, tanto en los IF (Skinner y Morse, 1957) como en los programas RDB (Wilson y Keller, 1953). Con posterioridad a estas fechas, una larga serie de investigaciones se ocuparon del estudio de tales comportamientos (conductas adjuntivas y actividades intermedias). De manera resumida, y siguiendo a Richelle y Lejeune (1980.), llamaremos conductas colaterales a todos estos tipos de comportamiento.

De forma general, lo que plantean las hipótesis basadas en las conductas colaterales es que estas conductas proporcionan al sujeto todas las claves necesarias para la discriminación y regulación temporales, mediando o haciendo las veces de una especie de reloj conductual (Richelle y Lejeune, 1980.). Más explícitamente, se podría decir que las distintas conductas colaterales pueden llegar a servir como estímulos discriminativos para la presentación de la conducta final efectiva, la presentación de la conducta que lleva al reforzador (Killeen y Fetterman, 1988, Zeiler y Powell; 1994; Zeiler; 1998). A continuación, basándonos en propuesta teórica de Killeen y Fetterman, se detallará el abordaje del ajuste temporal de la conducta a través del papel jugado por las conductas colaterales. Nos apresuramos a decir que la propuesta que presentan estos investigadores, aunque insertada en la tradición de las hipótesis de las conductas mediadoras, evita el grave problema del encadenamiento de respuestas.

Al terminar cada ensayo de prueba de generalización empleada en los procedimientos de estimación temporal, se le “pregunta” al sujeto si lo juzga como corto o como largo. La respuesta dada lo será en función de la frecuencia con que haya estado asociada la conducta colateral con el reforzamiento en el momento de finalizar el ensayo. Si en el instante de tener que responder a la “pregunta” sobre la duración del ensayo de prueba, el sujeto se encontraba realizando alguna actividad que, por el curso del entrenamiento previo, está asociada a los ensayos reforzados de tipo largo, el sujeto responderá apretando la palanca usada para esta categoría de respuesta. De igual forma, si el ensayo de prueba termina cuando el sujeto está ocupado en alguna de las conductas colaterales iniciales, es muy probable que responda en la palanca efectiva para las respuestas cortas ya que, en su historia de condicionamiento, tales conductas colaterales tempranas, cuando fueron seguidas por la presión de la palanca correcta para las respuestas cortas, llevaron al reforzador. Todo

ello no es más que una simple discriminación condicional basada en la conducta colateral correspondiente como estímulo discriminativo para el tipo de respuesta terminal apropiada.

Por supuesto, ante ensayos de prueba de duraciones intermedias entre las dos entrenadas, el sujeto puede estar realizando alguna conducta colateral también intermedia entre las colaterales tempranas y ligadas al reforzamiento (ensayos cortos) y las finales también vinculadas al reforzador (ensayos largos). Precisamente por ello, por situarse entre las colaterales iniciales y tardías, las actividades colaterales intermedias resultan poco fiables como predictoras del reforzamiento, de ahí que sea en los ensayos de prueba con duraciones intermedias donde el sujeto responda con probabilidades que tienden a igualarse (hasta llegar al punto de indiferencia) unas veces a las palancas de señales cortas, y, otras, a las de señales largas.

En favor de las hipótesis que subrayan la importancia de las conductas colaterales en el ajuste temporal podemos resaltar lo siguiente: la presencia de estas conductas frente a su ausencia (a veces forzada por el experimentador, limitando los movimientos del sujeto), se traduce en un mejor ajuste temporal de la conducta (ver Richelle y Lejeune, 1980). Aunque lo anterior no supone necesariamente que en ausencia de comportamiento colateral no pueda presentarse una buena discriminación y regulación temporales, sí presta apoyo experimental a las hipótesis que estamos comentando.

Interpretaciones basadas en un reloj interno

La característica común a estas interpretaciones, de gran proliferación en la actualidad, es partir de modelos de procesamiento de la información. Tales modelos se encuentran inspirados en el funcionamiento de los ordenadores y, así se centran en el análisis de las características estructurales y funcionales de unos supuestos mecanismos internos que procesan toda la estimulación que recibe un sujeto; estos mecanismos, por tanto, pueden ser vistos como causa de distintos aspectos de la conducta, de su regularización o adaptación temporal en nuestro caso.

La Teoría Escalar de Estimación Temporal es el más completo de estos modelos, es un modelo matemático que describe las propiedades formales del proceso cognitivo que opera cuando un organismo es confrontado con una tarea de estimación temporal. Esta teoría tiene sus orígenes en La Teoría de Expectancia Escalar (Gibbon, 1977; 1991; Church 2003), y hace su aparición como un modelo de timing en 1981

aproximadamente (Gibbon, 1981). Es conceptualmente similar a un modelo de reloj interno propuesto por Treisman (1963).

Los modelos de reloj interno postulan un mecanismo de estimación temporal específico el cual produce valores temporales subjetivos que llevan relaciones del tiempo real ordenadamente. Este mecanismo específico de timing, o reloj interno es un cronómetro intervalar más que mecanismo periódico u oscilatorio. Un reloj periódico, es como aquellos responsables de los ritmos circadianos que están corriendo continuamente y se automantienen. En contraste un reloj intervalar necesita ser iniciado con una señal. Una vez iniciado, cuando el sistema finaliza viene una pausa y puede ser otra vez reiniciado.

Vamos a desarrollar brevemente el modelo que nos ocupa que fue propuesto por Gibbon y colaboradores (Gibbon y Church, 1984; Gibbon, Church y Meck, 1984). (véase también, para modelos parcialmente diferentes, a Church, 1978; Roberts, 1981, 1983; y Gibbon, 1977, 1991, para alguna modificación a su modelo original; Church y Broadbent, 1990) En la siguiente figura se representa un

diagrama de este modelo.

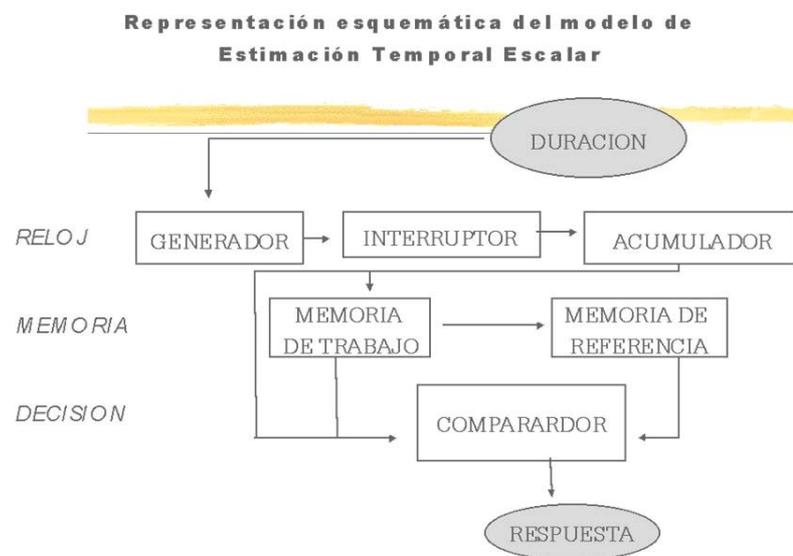


Figura A1. Modelo del reloj interno (Church, 1984) (ver detalle en el texto).

Como puede observarse en la figura 4, se incluyen dentro del sistema tres etapas: la del reloj, la de la memoria y, por último, la decisión. La etapa del reloj incluye tres componentes (marcapasos, interruptor y acumulador). La llegada de estimulación pone en marcha el reloj; el marcapasos genera impulsos a un determinado ritmo que, transmitidos al interruptor, hace que ese se abra permitiendo al acumulador el conteo de los impulsos que le van llegando mientras está presente el estímulo que debe ser cronometrado. Cuando finaliza la señal a cronometrar, el interruptor se cierra y, con

ello, queda bloqueado la acumulación de más impulsos. La segunda etapa incluye a la memoria de trabajo y a la de referencia. La información acumulada sobre el tiempo transcurrido es transmitida a la memoria de trabajo y, si finalmente es relevante (por la aparición de comida al terminar el ensayo, por ejemplo), será almacenada en una memoria de referencia para los valores reforzados. Si ya ha existido un entretenimiento suficiente con una estimulación concreta temporalmente relevante, el proceso de decisión- por el que el

sujeto presentará o no la respuesta en un ensayo determinado- se realiza mediante la comparación entre la duración registrada en ese ensayo en la memoria de trabajo y la información previa (consecuencia del entrenamiento precedente) almacenada en la memoria de referencia; si ambas informaciones – duración del ensayo actual y duraciones previamente reforzadas – se encuentran próximas, el sujeto dará la respuesta y si son discrepantes, no la presentará.

Así, cuando se utiliza un procedimiento de estimulación, en cualquier ensayo de la prueba de generalización el sujeto compararía la información sobre la duración del estímulo recién terminado – que estará presente en la memoria de trabajo – con la información almacenada en la memoria de referencia sobre las dos duraciones previamente reforzadas y, según la similitud encontrada, dará su respuesta a la palanca derecha o a la izquierda (Allan y Gibbon, 1984; Allan 1998). Por su parte, en un procedimiento simple de producción (programa de IF en ensayos discretos) o en los ensayos de prueba del procedimiento de pico, si la información presente se ajusta a la información que sobre la disponibilidad del reforzador contiene la memoria de referencia, el sujeto presentará las respuestas; si, por el contrario, la comparación entre la información actual y la previamente adquirida en anteriores ensayos son discrepantes, el sujeto se abstendrá de responder. A través de los mecanismos de reloj, la memoria y el comparador se lograría que, en el procedimiento de pico, la tasa máxima de respuesta se produzca próxima al instante en que históricamente el sujeto ha recibido el reforzador y que, en el programa simple de IF, la tasa máxima coincida con la obtención del propio reforzador.

Tomando como marco conceptual los modelos de procesamiento de la información, se han realizados numerosos experimentos. Estos han tenido distintos objetivos: a) determinar las propiedades del reloj interno (Church, 1984; Church y Broadbent, 1990; Church, Meck y Gibbon, 1994; Meck y Church, 1982; Roberts, op.cit, 1998 1982; Roberts y Church, 1978); b) estudiar la disociación entre los procesos del reloj y los de la memoria (Meck, 1983; Meck, Church y Olton 1984; Meck, Church, Wenk y Olton; 1987; Meck 1996, Roberts, 1981); c) analizar los cambios en el funcionamiento del reloj y las circunstancias bajo las que se producen (Gibbon, Church, Fairhurst y Kacelnik, 1988; Gibbon, Malapani, Dale y Gallistel, 1997; Maricq, Roberts y Church, 1981; Meck, 1983; Roberts y Holder, 1984, 1985; Wilkie, 1987); d) buscar el tipo de formalización matemática que recoge mejor la relación existente entre el tiempo real y el tiempo subjetivo - ley psicofísica – y entre el tiempo subjetivo y su variabilidad –ley de Weber, (Droit-Vole, 2003; Fortín, 2003; Gibbon, 1992, 1995; Church y Deluty, 1977; Gibbon, 1986; Gibbon y Church; 1990, 1992; Gibbon y Church y Merck, 1984.; Gallistel y Gibbon; 2000; Grondin, 1993,1996 y 2001; Rammsayer y Grondin; 2000), e) formalización completada con datos generados con anterioridad y procedentes, en buena medida, de la tradición operante (Gibbon, op.cit., 1991; Gibbon, Church y Meck, 1984.; Gallistel y Gibbon; 2000); f)

estudiar la mayor o menor similitud entre seres humanos y animales en lo que respecta a sus respectivos relojes internos y a las propiedades que presentan (Allan; 1998; Allan y Gibbon, 1984.; Matell y Meck; 2002; Rammsayer, 1999; Rammsayer y Grondin, op.cit., Wearden, 1991^a, 1991b, 1992, 1994, 1999; Wearden y McShane, 1988) o, recoger anteriores experimentos en psicofísica del tiempo con humanos que, en líneas generales y dentro de ciertos parámetros temporales (entre 1 y 20 segundos), apoyan los resultados obtenidos con animales en experimentos realizados desde la óptica del reloj interno (Fortin, Brannon y Roitman, 2003; Hills, 2003; Roberts, 1982, 1983; Wearden 1999), h) más recientemente identificar los mecanismos funcionales y neuronales que subyacen a el reloj interno incluyendo la circuitería molecular asociada con la estimación temporal (Meck,1996; Meck, 2003).

En resumen los dos modelos presentados anteriormente son los más sobresalientes en cuanto a su influencia en la investigación y su poder explicativo. Ambas son teorías molares aplicables a estado estable pero mientras la primera propone un modelo de procesamiento de información que acude a la comparación entre la memoria de los tiempos experimentados precedentes, la segunda considera la generación sucesiva de estados conductuales a un ritmo relativamente fijo como el principal determinante.

La dificultad para identificar el modelo temporal más apropiado radica en que los supuestos respecto al marcador temporal y las fuentes de error son relativamente similares en ambos modelos, aunque existe evidencia que contradice la propuesta escalar y que sigue siendo congruente con la de estimación conductual (BeT, ver Fetterman y Killeen, 1995). No obstante dicha evidencia no ha sido concluyente y la atención se ha vuelto hacia los procesos dinámicos o de adquisición, más que a las proposiciones molares (Higa y Staddon, 1999; Staddon y Higa, 1991; Machado, 1997) a continuación revisaremos dos modelos que se han enfocado en este tipo de procesos.

Uno de los modelos propuestos es una extensión del modelo de BeT y propone que el proceso de desarrollo y adquisición de la regulación temporal de la conducta en programas periódicos puede entenderse en términos de los siguientes principios fundamentales (Machado 1997):

1. Una organización secuencial de estados conductuales presumiblemente de orden filogenético que llena los intervalos entre reforzadores. Se supone que un marcador temporal, que constituya un buen predictor del reforzador, desencadena una serie de estados conductuales. La activación de cada estado es una variable que depende del tiempo y está determinada por un parámetro que regula la velocidad en que la activación se dispersa a los estados.

2. Un vector de lazos asociativos de los estados conductuales hacia la operante, en otras palabras es un proceso de reforzamiento-extinción que modula la asociación entre los estados y la respuesta operante. Este es un componente de aprendizaje que describe la forma en que los estados conductuales logran regular la respuesta operante. En este caso se propone un modelo sencillo de reglas lineales con dos parámetros de aprendizaje y otro relacionado con el valor incentivo del reforzador. Resumiendo, se propone que el lazo asociativo entre el estado vigente y la conducta incrementa su máximo durante el reforzamiento, a una tasa proporcional a la activación del estado en el momento en que el reforzador fue entregado.
3. La respuesta operante. La parte del modelo en que se determina la fortaleza de la respuesta. Se propone que esta se obtiene de la sumatoria de las fuerzas de los lazos asociativos de todos los estados, cada uno multiplicado por el grado de asociación del estado correspondiente, en otras palabras es un proceso incentivo-motivacional que mapea el grado de regulación temporal dentro de la conducta observable.

Uno de los principales aspectos del presente modelo a nivel teórico es enfatizar principalmente el estudio del segundo proceso, el "much neglected learning" componente de la regulación temporal.

El aspecto central del modelo que de aquí en adelante nos referiremos a el como LeT (Learning to Time) asume la creencia de que los animales no dejan pasar el tiempo pasivamente para después usarlo como lo hacen los modelos de reloj interno sino que más bien ellos actúan e interactúan con su medio ambiente, y en ese proceso su conducta cambia (Machado, 1997; Machado y Cevik, 1998; Machado y Keen,

1999; Machado y Guilhardi, 2000; Machado y Keen; 2002). La figura 3 muestra los tres elementos de LeT: una organización serial de los estados conductuales, un vector de eslabones asociativos acoplando los estados conductuales para una o más respuestas instrumentales, y las respuestas instrumentales mismas.

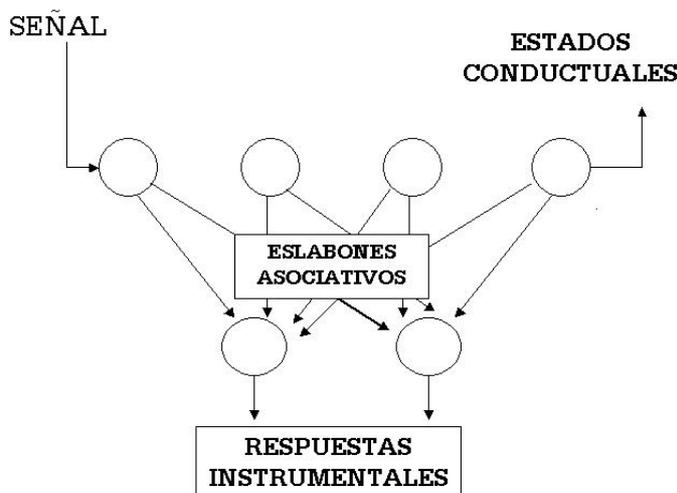


Figura A2. Modelo de aprendizaje de la estimación temporal (Machado y Keen, 1999) (ver detalle en el texto).

En el inicio del intervalo a ser estimado, solo el primer estado es activado, pero como el tiempo transcurrido la activación de cada estado fluye al siguiente

estado en la serie. Consecuentemente el mayor estado activo cambia con el tiempo. Cada estado conductual es también acoplado con una o más respuestas operantes y el grado del acoplamiento cambia en tiempo real, decreciendo durante la extinción e incrementa durante el reforzamiento. Los estados que son fuertemente activados durante la extinción pierden su acoplamiento y eventualmente no pueden mantener la respuesta operante, mientras que los estados que son activados fuertemente durante el reforzamiento incrementan su acoplamiento y pueden además sostener la respuesta. Finalmente la fuerza de cada respuesta operante es obtenida al añadir la fuerza de activación de los estados, añadiendo cada peso al valor acoplado entre el estado correspondiente y la respuesta operante.

En términos más esquemáticos el modelo supone que un marcador temporal genera una secuencia de estados conductuales de tal forma que, durante extinción, los estados pierden fuerza asociativa con la operante y durante reforzamiento, la ganan. Puede entenderse que este modelo representa precisamente la incorporación de la historia de aprendizaje del organismo. La tasa de respuesta será determinada de manera conjunta por el patrón de activación de los estados y sus lazos asociativos con la respuesta operante (Machado, 1997).

Se puede afirmar que LeT predice adecuadamente las distintas fases de adquisición del control temporal y sus propiedades en estado estable, además de algunas características del patrón de respuesta en extinción. Asimismo, describe razonablemente las ejecuciones en otros procedimientos usuales en el estudio de la conducta temporalmente regulada, como el procedimiento de pico, el de bisección, la estimación temporal simultánea (Machado, 1997) y modificaciones al procedimiento de bisección (Machado y Arantes, 2006).

Una propiedad fundamental y común a los dos modelos molares presentados al inicio de este apartado y que se extiende al modelo dinámico que se acaba de describir, es la dependencia que tienen de un generador de pulsos que se inicia al momento en que se presenta el marcador temporal. En concreto, se requiere que el marcador temporal reinicie el reloj a fin de que se inicie un nuevo conteo. En el modelo de Estimación Escalar, por ejemplo la ocurrencia del reforzador activa un interruptor que permite que el conteo de los pulsos y al ocurrir el nuevo reforzador (concluyendo el intervalo entre reforzadores), el resultado es enviado a la memoria iniciándose un nuevo ciclo de conteo y envío a la memoria (Gibbon, 1991). En el caso del modelo BeT y su ampliación dinámica, el punto crucial es el despliegue de una serie de estados diferentes en secuencia. La activación de cada estado es un proceso dependiente del tiempo, de tal forma que la fortaleza o activación dependen tanto de éste como de un parámetro que determina con qué rapidez se

dispersa la activación a través de los estados. En consecuencia, para que la secuencia de estados se preserve de un reforzador a otro, es necesario que el conteo se reinicie con cada reforzador (Machado, 1997).

Por otro lado, los modelos Estimación Escalar y BeT, en su versión dinámica, difieren en cuanto al papel que juega el generador de pulsos. En Estimación Escalar constituye la base de un reloj interno que determina los valores almacenados en memoria y el tiempo actual transcurrido. De esta forma, la respuesta resulta de una comparación entre estos dos tiempos y ocurre en el momento en que se traspone un umbral. Por consiguiente este modelo se orienta a una explicación de estado estable de la conducta, pero no proporciona la posibilidad de inferir la trayectoria hacia ese estado estable. En el modelo dinámico el generador no se asocia propiamente a un reloj, sino que representa un parámetro que determina la secuencia y momento de aparición de cada estado. La regulación temporal de la conducta implica la secuencia de estados así concebida, el proceso de asociación entre estados y conducta debido al reforzamiento y la extinción, y el proceso motivacional que hace manifiesto el grado de control temporal. En este caso sí existen claras propuestas respecto a la trayectoria de la regulación y el papel que pueden jugar factores como el preentrenamiento y la recompensa (Machado y Cevik, 1998).

Interpretaciones dinámicas basadas en rastros de memoria y aprendizaje

En contraste con las teorías marcapasos-acumulador, las teorías de Procesos de Decaimiento se centran en el decaimiento de la activación neuronal siguiendo el inicio de un estímulo en el curso del tiempo. Por ejemplo el modelo de Escalas Múltiples de Tiempo propuesto por Staddon y Higga (1999) esta basado en un proceso de habituación análogo a las funciones de decaimiento secuencial de un grupo de integradores en cascada con resistencia-capacitor (ver también Higga y Staddon, 1997). Otra teoría de proceso-decaimiento es el modelo de redes neuronales de Bushui y Schajuk (1999), el cual propone que el estímulo saliente evoca trazos múltiples de memoria de diferentes amplitudes y cursos de tiempo. Estos modelos han sido exitosamente aplicados a un amplio rango de fenómenos de estimación temporal en condicionamiento clásico y operante. Sin embargo a la fecha, estos modelos no se han dirigido al aspecto (algunos dicen que un aspecto crucial: Gallistel, 1999; Gallistel y Gibbon, 2000; Gibbon; 1999) de la variabilidad de la estimación temporal.

La Teoría de Escalas Múltiples es derivada de datos sobre habituación y memoria. Es intrínsecamente dinámica, la codificación temporal es logarítmica, es una teoría discriminativa, ya que en discriminación de tiempo se dice, -los sujetos aprenden a discriminar entre memorias de diferentes edades y por tanto de

diferentes fuerzas. Esta aproximación a las estimación temporal ofrece la posibilidad de integrar un amplio rango de fenómenos –habitación, sensibilidad a la tasa, efectos de reforzamiento parcial, la Ley de Jost, la Ley de Weber para estimación temporal, la psicofísica de la estimación temporal y algunas propiedades de programas de reforzamiento basados en tiempo (Staddon y Higa 1996; 1999) –por medio de un simple proceso evento-memoria; fenómenos que hasta la fecha las teorías de reloj interno han evitado abordar.

El Modelo de Entrada – Atencional

El Modelo de Entrada – Atencional es propuesto por Zakay y Block (1998) y si bien estos autores

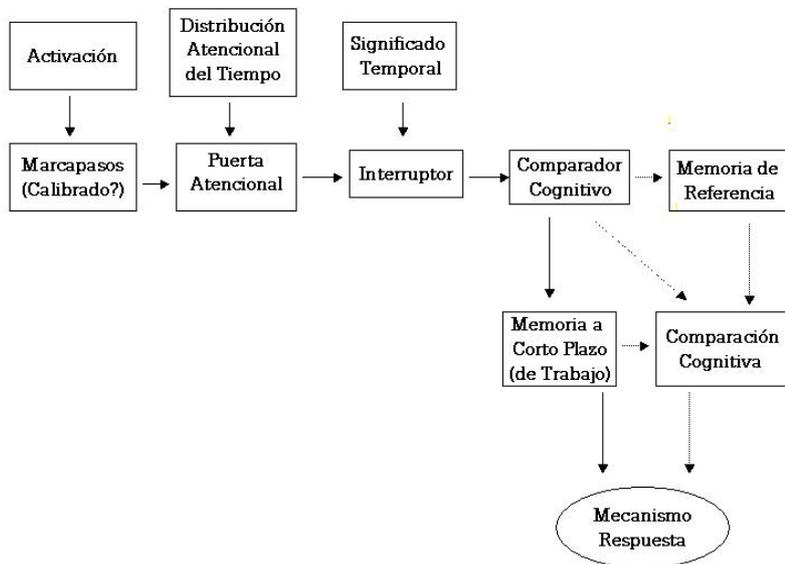


Figura A3. Modelo de puerta atencional (Zakay y Block, 1998) (ver detalle en el texto).

consideran que los modelos reloj interno han sido exitosos en predecir la conducta estimación temporal en animales, parecen estar limitados como una explicación de conducta de estimación temporal en humanos (Block 1990). Un modelo adecuado necesita disponer de las propiedades de estimación escalar y también incluir factores cognitivos, tales como la distribución atencional (Block y Zakay, 1997). Este modelo basado en uno anterior propuesto por Treisman (el modelo de un reloj interno hipotético)¹ y el modelo de Estimación de Expectancia Escalar

(SET), pero, agregan un componente cognitivo adicional: una compuerta o entrada atencional (ver Fig. 5)

Reeves y Sperling (1986) proyectaron la noción de una compuerta atencional, la cual describe la cantidad de fuentes atencionales distribuidas en una tarea como una función lineal del tiempo. La distribución de las fuentes atencionales aparentemente alcanza su pico algún tiempo después de que el sujeto percibió la señal indicada en la distribución. Block y Zakay (1996) asumen que la compuerta atencional es un mecanismo cognitivo determinado por las restricciones temporales inherentes a la distribución de la atención en una tarea específica. Tal como la estimación de la duración. Si mas atención es distribuida, la compuerta

¹ Este modelo sirvió de base para muchos de los modelos posteriores relacionados con un reloj interno incluyendo el modelo de la Estimación Temporal de Expectancia Escalar

permanece abierta a lo ancho, y como resultado genera más pulsos por el marcapasos hacia el contador. Por tanto, cuando el tiempo es importante y relevante (Zakay 1992), la compuerta permite el paso de más pulsos. Este es el caso en el que las condiciones prospectivas prevalecen, excepto cuando muchas de las fuentes atencionales de la persona pueden ser distribuidas a una tarea no temporal importante. Si el tiempo no parece ser relevante o importante, bajo condiciones retrospectivas, la compuerta es comúnmente cerrada, y pocos pulsos pasan hacia el contador. Estar atento al tiempo, por lo tanto, incrementa el nivel de actividad e la compuerta. Por consiguiente un proceso de información temporal consta de un marcapaso que produce pulsos a una tasa constante (si una unidad de calibración es requerida o no, permanece como una cuestión abierta) y un contador en el cual los pulsos que llegan a la compuerta son contados. Aquí es necesario un interruptor que cierre o abra el contador. El operador funciona de una manera de todo o nada y es dirigido por el contenido temporal de ciertos estímulos. Cuando los sujetos perciben un estímulo señalando la terminación de una duración relevante, el interruptor se cierra, previniendo la entrada de pulsos adicionales contador. Al mismo tiempo, lo calculado es transferido al almacén de memoria a corto plazo (de trabajo). La localización exacta de el interruptor esta aún por ser determinada y se han propuesto varias opciones para ello (Block y Zakay, 1997). Aunque los mismos teóricos de la estimación escalar han propuesto que la atención es necesaria para operar un interruptor entre el generador de pulsos y el acumulador (Meck, 1984). No es sino hasta muy recientemente que el efecto atencional en el interruptor estaba limitado a un requerimiento de cuando animal percibía la señal indicando que el intervalo había comenzado. Mas que un requerimiento atencional, el modelo común de estimación escalar no incorpora los efectos atencionales de una manera seria (sin embargo ver Lejeune, 1998). La principal diferencia entre el modelo atencional y los modelos de estimación escalar, es que la compuerta atencional es interpuesta entre el generador de pulsos y el acumulador, y esta compuerta atencional permite producir pulsos a un generador para ser acumulados solo cuando es operado o activado por atención. Lejeune (1998) cuestiona la necesidad de proponer ambos un interruptor y una compuerta, sin embargo hay una diferencia teórica mayor entre la señal de inicio de la duración y atender el tiempo durante la duración (ver Zakay 2000)

Los modelos de estimación escalar y los modelos de compuerta atencional son sistemas de generador-acumulador. Si uno no adopta la suposición de que un sistema generador-acumulador subyace a la estimación temporal, ¿cuál es la alternativa?. Una posibilidad es la estimación temporal de intervalos involucra una comparación aparente de edades de los eventos. Asumir que la edad aparente de un evento (la cual es inversa a la recencia aparente) incrementa como una función negativamente acelerada (por ejemplo una función de poder) del tiempo físico, como lo demuestran los hallazgos de Freidman y Kemp (1998).

Los modelos generador-acumulador de estimación temporal, tales como los de estimación escalar, son limitados en alcance. Estos modelos explican suficientemente algunos hallazgos, especialmente en estimación temporal de estímulos e intervalos en animales, sin embargo, estos pueden no ser necesarios. Los modelos de estimación con un reloj fueron originalmente planeados para explicar solo estimación temporal de intervalos y no pueden fácilmente explicar otros aspectos del tiempo psicológico, tales como recuerdo de la edad aproximada de los eventos, hacer juicios retrospectivos de duración y mantener una perspectiva temporal.

Por otro lado los modelos libres de generador, proporcionan una explicación necesaria y suficiente de memoria para estimación temporal de duración de los estímulos y de estimación de intervalos, así como otros aspectos psicológicos del tiempo. Estos modelos al parecer lo puede hacer de una manera potencialmente integral, principalmente por centrarse en el papel de la atención y los procesos de memoria. No obstante que estos modelos libres de generador no han sido desarrollados para proporcionar predicciones matemáticas precisas, en un futuro no muy lejano ellos podrían ser capaces de hacerlo. Al parecer la promoción de modelos de tiempo psicológico tanto cognitivos como de otra índole ha ido en aumento (ver Block, 2003; Burle, Macar y Bonnet, 2003; Hopson, 2003)

Modelos de Osciladores Múltiples

Aunque SET es una teoría dominante de estimación temporal, y es la teoría en la cual la vieja idea de encontrar un reloj generador de pulsos-acumulador es expresada ampliamente, existen algunas aproximaciones alternativas que usan un mecanismos parecido a un reloj y estas serán brevemente discutidas a continuación.

Una alternativa relativamente popular a la teoría del reloj interno (generador –acumulador) ha sido el medir el paso del tiempo por alguna clase de sistema basado en un oscilador. La idea de que los osciladores pueden ser usados para representar tiempo psicológico no es nueva (ver Pöppel, 1972), sin embargo un problema persistente ha sido el llevar más lejos la simple idea de que los osciladores pueden ser usados para representar tiempo sino desarrollar un modelo basado en osciladores que pueda modelar actualmente los datos existentes en investigación sobre estimación temporal. El modelo de Church y Broadbent (1990; Church 1997; ver también Wearden y Doherty, 1995, para una discusión de esta teoría) es quizás el mejor modelo desarrollado basado en osciladores en la literatura actual de estimación temporal. No solo porque

dicho modelo puede dirigirse a un rango de datos en estimación temporal, sino por su manera inusual de representar tiempo puede ser meritoria de discusión aun sin el número de éxitos empíricos de que ha gozado.

UN MODELO CONEXIONISTA

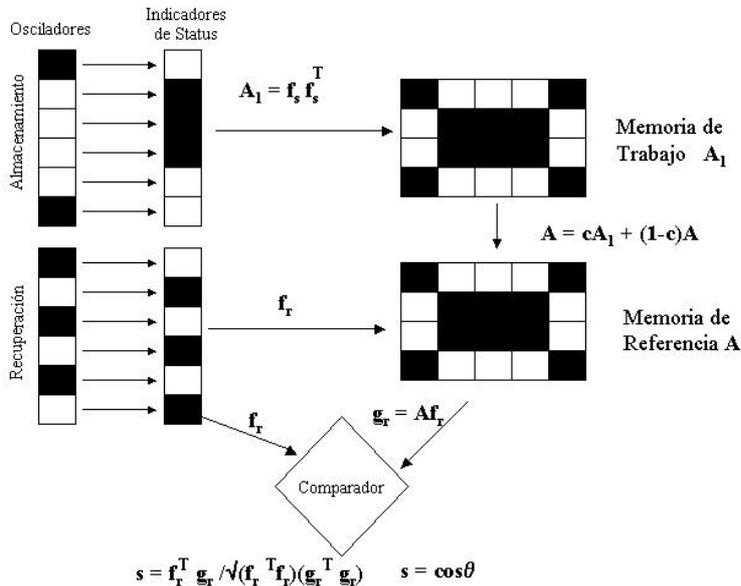


Figura A4. Modelo conexionista de osciladores múltiples (Church y Broadbent, 1991) (ver detalle en el texto).

Brevemente el modelo consiste en dos bancos de osciladores, uno para almacenar los tiempos y otro para recuperarlos, en vez de un simple generador de pulsos (ver figura 6). Los osciladores son adaptados para estar estrechamente en pareja, esto es que todos los osciladores desde su tasa promedio por el mismo porcentaje en cualquier ensayo determinado. En aras de la simplicidad, se asume que los periodos de los osciladores son relacionados en razones de 2 a 1, ya que cada oscilador corre el doble de

rápido que aquel otro que sea lento.

El modelo de Church/Broadbent parte del juicio convencional acerca de cómo los osciladores pueden representar el transcurso o paso del tiempo. La idea obvia es que si un oscilador cicla a través de fases positivas y negativas cada p segundos, contando el numero de veces que el cambio de fase ocurre en algún tiempo a ser juzgado t , permitiría a t ser medido. Esencialmente, alguna variable de acumulación n representa el numero de cambios de fase durante t , resultando $n=t/p$, con los cambios de fase tomando el lugar de los tic-tacs del reloj en el modelo de reloj generador-acumulador, y n representando el contenido del acumulador. El tiempo subjetivo actual es representado como un vector de almacenamiento conteniendo información acerca de la mitad de las fases de los osciladores. Este es llenado con +1s y -1s, ya que los pares 2:1, constituyen una representación binaria del tiempo subjetivo. (Note, sin embargo, que los elementos individuales del vector de almacenamiento son procesados independientemente y en paralelo, mas que como un número binario.) Una matriz autoasociativa almacena el tiempo subjetivo de reforzamiento es formada para tomar el producto de salida del vector de almacenamiento con su traspase. Esta matriz es referida como Memoria de Trabajo. Memoria de Referencia es una matriz formada por una combinación lineal de algún porcentaje de la matriz de memorias de referencia previas mas un porcentaje de la matriz de memoria de trabajo actual.

Para determinar si se debe de dar una respuesta o no en un cierto tiempo, el tiempo subjetivo actual, un vector de recuperación similar en forma al vector de almacenamiento puede ser comparado con los tiempos almacenado en la matriz de memoria de referencia de la siguiente forma: El producto interno de la matriz de memoria de referencia y el vector de recuperación es un vector de salida. En concreto, la mayor similitud entre el vector de recuperación y el vector de salida, es decir, el coseno del tiempo actual es el tiempo almacenado de reforzamiento. La medida de similitud que es usada es el coseno de el ángulo entre el vector de recuperación y el vector de salida. Si el coseno es mayor que un umbral especificado, una respuesta ocurre si la medida de similitud excede ese umbral.

Conclusiones sobre las hipótesis explicativas del ajuste temporal del comportamiento.

¿Hasta que punto son incompatibles o complementarios los distintos tipos de explicaciones que acabamos de ver? Desde luego si nos atenemos a los marcos conceptuales donde se sitúan las hipótesis comentadas, resultan difícilmente compatibles entre sí, al menos, los modelos del reloj, interno con los otros enfoques descritos. En este camino sería larga y compleja una discusión epistemológica que, como poco, debería contemplar tanto la concepción psicológica del tiempo como los aspectos referidos a la percepción de eventos y a la acción de percibir; esta segunda parte derivaría, a su vez, en la discusión sobre el nivel categórico en el que deben ser analizados los hechos psicológicos. Todo indica que es recomendable que nos abstengamos aquí de debatir sobre ello. (Para un análisis de diversos aspectos de toda esta problemática ver, por ejemplo, Block y Zakay, 1997; Gibbon y Galistell, 2000; Guerin, 1990; Machado 1997; Skinner, 1975, Staddon y Higga, 1999; Zakay y Block, 1998; Zeiler, 1998) Nos limitaremos, por tanto, a resaltar algunas de las virtudes que, a nuestro juicio, presentan los trabajos en cada uno de los enfoques comentados y que, en buena medida, si creemos complementarías.

Insertar los aspectos del aprendizaje de la discriminación y regularización temporal, así como los diferentes aspectos cognitivos del comportamiento dentro de un conjunto más amplio de investigación en psicología, creemos que es, por su parsimonia, conveniente. La búsqueda de generalidad por encima de las diferencias aparentes de los fenómenos estudiados, además de evitar una excesiva parcelación teórica, arroja nueva luz sobre los datos que se incorporan a una teoría y, también, sobre los datos que, con anterioridad, tal teoría recogía. Las hipótesis basadas en la discriminación, que vimos en primer lugar, hacen esto al permitir la exclusión del ajuste temporal de la conducta en el campo del control de estímulos.

Pretender entender y explicar el flujo y variabilidad conductual a través, exclusivamente, de la observación y registro de los cambios que se producen en las tasas de una sola respuesta que, además, es arbitrariamente elegida, puede ser peligroso por la gran simplificación que implica de la relación entre organismo y ambiente. Entre los investigadores ocupados en el ajuste temporal de la conducta, este peligro ha sido destacado por Killeen (1985, 1994, por ejemplo). Las interpretaciones basadas en las conductas colaterales tienen presentes problemas de la simplificación en la recogida y análisis de datos, así como el de los riesgos teóricos que se corren a partir de ello (por ejemplo, lo que ocurre al centrarnos en exceso – como históricamente ha pasado – en la ejecución de una sola operante bajo un programa de IF –aceleración de respuestas y olvidarnos, prácticamente, de qué relación existe entre sujeto y medio durante la famosa pausa posterior al reforzamiento).

La capacidad para generar nuevos datos pone de manifiesto la potencia heurística de una teoría. Es posible discutir los planteamientos teóricos de las interpretaciones del ajuste temporal basadas en el reloj interno, pero, desde luego, no se les puede acusar de haber generado pocos datos. Los resultados obtenidos en investigaciones realizadas dentro de este modelo han permitido en primer lugar, aumentar nuestro conocimiento sobre la discriminación y regulación temporal en el comportamiento humano y animal. Además, estos resultados han sido relacionados con la antigua tradición psicofísica, por lo que también hay que asignar a los modelos del reloj interno y sus derivados la virtud que señalamos al hablar de las teorías basadas en la discriminación: insertar un nuevo campo de conocimientos en otro previo ya sentado. En el caso de los modelos del reloj interno no tenemos una inserción dentro de la psicofísica sino más bien, una mutua complementariedad.

Podemos decir, en resumen, que, hoy por hoy, ninguno de los enfoques vistos nos parece superfluo. Tomados en conjunto los aspectos interesantes que acabamos de destacar, pueden permitirnos una visión más completa y real del tema que nos ocupa. No siempre puede decidirse lo mismo en otros ámbitos psicológicos.

Perspectivas del Desarrollo en la Estimación y Control Temporal

En el terreno de la psicología comparada, los estudios realizados con distintas especies – incluida la humana – en programas de IF, aportan apoyo empírico en relación al programa de la continuidad/discontinuidad en las capacidades del aprendizaje. Por un lado, tenemos resultados a favor de la hipótesis de una regulación temporal cada vez más ajustada a lo largo del desarrollo filogenético, tal como sostienen Lejeune y Wearden (1991) y Lejeune (1993). También sugieren cierta continuidad la similitud

encontrada entre animales y niños menores de dos años en los patrones conductuales bajo IF; ello podría prestar apoyo adicional a las conclusiones de Fraisse (1957) acerca de que las destrezas para medir el tiempo y, en general, el desarrollo del conocimiento humano, están profundamente enraizadas en formas de ajuste mucho más básicas y primitivas. Por otro lado los estudios comparativos entre especies animales y humanos han corroborado que la aparición del lenguaje supone un salto cualitativo en la evolución; y para ciertas posturas teóricas ello marca la principal diferencia entre las conductas específicamente humanas y aquellas comunes a una amplia gama de especies.

Otro conjunto de implicaciones estarían referidas a la psicología del desarrollo (Macar, Pouthas y Friedman; 1992). Justamente, los estudios mencionados sobre el desarrollo de la adaptación temporal de la conducta humana bajo programas de IF (y también en programas de reforzamiento diferencial de tasas bajas *RDB*, aunque en este capítulo no los hayamos desarrollado), viene a confirmar o complementar otros resultados procedentes de la psicología del desarrollo o de la psicolingüística evolutiva por ejemplo, Bentall et al. (1985) y Bentall y Love (1987) han puesto de manifiesto que la capacidad para autorregular la propia conducta a través del habla, no está bien establecida en los niños hasta después de los cuatro años. Ello concuerda con los estudios sobre el desarrollo del lenguaje y sus funciones (especialmente con los trabajos que conciernen al habla egocéntrica, Winsler, Carlton, Barry, 2000 para una revisión). Por otro lado, Pouthas, Droit, Jacquet y Wearden (1990) Pouthas y Jacquet (1987) han demostrado que en los niños mayores de 7 años se produce una adecuación perfecta de la conducta a las restricciones temporales de un programa *RDB* (aprenden a esperar un tiempo entre la emisión de dos respuestas), además, estos niños formulan descripciones verbales acerca de su conducta y actúan de acuerdo con esas descripciones, por otro lado Droit-Volet, Clement, y Wearden (2001) y Droit-Volet y Wearden (2001) encuentran evidencia de que las duraciones “estándar” en tareas de generalización y bisección temporal aparentemente son recordadas erróneamente y muestran una gran variabilidad conforme decremente la edad. Esto apoyaría las conclusiones de Fraisse (1957) y Piaget (1946) respecto al momento evolutivo en que los niños adquieren la noción de tiempo. Por último, y en otro ámbito psicológico, se puede establecer una relación entre determinadas características de la personalidad y entre los dos patrones de conducta, típicos en humanos adultos, bajo IF (tasa alta y tasa baja). Darcheville, Riviére y Wearden (1993) han demostrado que los sujetos impulsivos responden a una tasa alta en IF y que, en cambio los sujetos autocontrolados presentan un patrón de tasa baja, así como sensibilidad a los cambios temporales del programa. Estas correspondencias también se cumplen con programas de *RDB* (Van de Broek, Bradshaw y Szabadi, 1987). Ello nos permite especular sobre la posibilidad de utilizar programas de reforzamiento como elemento para el diagnóstico, independiente de juicios subjetivos y de posibles contaminaciones culturales que pudieran darse con el empleo de algunos tests psicológicos (Wearden, 1994; 1998; Wearden, 1991).

Referencias

- Allan L. G. (1979). The Perception of time. *Perception and Psychophysics*, 26, 340-354.
- Allan, L. ,G. y. Gibbon, J. (1991). Human bisection at the geometric mean. *Learning and Motivation*, 22, 39-58.
- Allan, L. (1998). The influence of the scalar timing model on human timing research. *Behavioral Processes*, 44, 101-117.
- Bateson, M. y A. Kacelnik (1997). "Starlings' preferences for predictable and unpredictable delays to food." *Animal Behaviour* 53: 1129-1142
- Bentall, R. P. Lowe. C. F., y. Beatty. A. (1985). The role of verbal behavior in human learning: II. Developmental differences. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 43, 165-181.
- Bentall, R. P., y. Lowe. C. F. (1987). The role of verbal behavior in human learning: III. Instructional effects in children. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 47, 177-190.
- Bindra, D., y. Waksberg. H. (1956). Method and terminology in studies of time estimation. *Psychological Bulletin*, 53, 155-159.
- Block, R. A. (1989). Experiencing and remembering time: affordances, context, and cognition. En I. Levin y D. Zakay (eds.), *Time and Human Cognition: A Life Span Perspective* (pp. 333-363). Amsterdam: North-Holland.
- Block, R.A., y Zakay, D. (1996). Models of Psychological Time Revisited. En H. Helfrich (ed.). *Time and Mind*. (pp. 171-195). Kirkland, WA: Hogrefe & Huber..
- Block, R.A., y Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: a meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4, 184-197.
- Boltz, M.G. (1995). Effects of event structure on retrospective duration judgments. *Perception and Psychophysics*, 57, 1080-1096.
- Bower, G.H. (ed.) (1991). *The psychology of learning and motivation: advances and research and theory*, vol. 27. San Diego, Academic Press.
- Bradshaw, C. M., y Szabadi, E. (1997) *Time and Behavior. Psychological and neurobehavioral analyses*. Amsterdam: Elsevier
- Brannon, E., y Roitman (2003). Nonverbal Representations of Time and Number in Animals and Humans Infants En W. Meck (Ed.). *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. (pp. 143-182). Boca Raton Florida CRC Press.
- Brodbeck, D.R., Hampton, R.R. y Cheng, K. (1998). Timing Behavior of Black-Capped Chickadees, *Behavioural Processes*, 44 , 183-195.
- Brown, P. L. y Jenkins, H. M. (1968). Auto-shaping in the pigeon's key-peck. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11, 1-8.
- Brown, S.W., y Stubbs, D.A. (1988). The psychophysics of retrospective and prospective timing. *Perception*, 17, 297-310.
- Buhusi, C.V., y Schajuk, N.A. (1999). Timing in simple conditioning and occasion setting: a neural network approach. *Behavioral Processes*, 45, 33-57.
- Buhusi, C. V., Paskalis, J. P. G. and Cerutti, D. T. (2006). Time-sharing in pigeons: Independent effects of gap duration, position and discriminability from the timed signal. *Behavioural Processes*. 71, 116-125

- Burle, B., Macar, F., y Bonnet, M. (2003). Behavioral and electrophysiological oscillations in information processing: A tentative síntesis. En H. Helfrich (Ed.), *Time and Mind II*. (pp. 209-232) Göttingen: Hogrefe & Huber :
- Cabeza de Vaca, S., Brown, B. L., y Hemmes, N. S. (1994). Internal clock and memory processes in animal timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 184.
- Catania, A. C. (1970). Reinforcement schedules and psychophysical judgments: A study of some temporal properties of behavior. En W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules*. New York: Appleton-Century- Crofts.
- Church, M. R., y Broadent, H.A. (1990). Alternative representation of time, number, and rate. *Cognition*, 37, 55-81
- Church, M. R., Lacourse. M. D., y Crystal. D. J. (1998) Temporal Search as a Function of the Variability of Interfood Intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 24, 291-315.
- Church, R. M. (1978). The internal clock. H. Fowler. y. W. K. Honig. S. Hulse. Hulse (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior* . Hillsdale, NJ.: Erlbaum.
- Church, R. M. (1984). Properties of an internal clock. J. Gibbon y L. G. Allan (Eds.), *Annals of the New York Academy of Sciences: Timing and time perception* . New York: New York Academy of Sciences.
- Church, R. M. y. Deluty. M. Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3, 216-228.
- Church, R. M. y. Broadbent, H.A. (1991). A connectionist model of timing. En M.L. commons, S.Grosssberg, y J.E.R. Staddon (Eds), *Neural network models of conditioning and action* (pp. 225-240). Hillsdale, NL: Lawrence Erlbaum Associates.
- Church, R. M., Meck, W.H., y Gibbon, J. (1984). Scalar timing in memory. En J.Gibbon y L.Allan (eds.)
- Clausen, J. (1950). An evaluation of experimental methods of time judgment. *Journal of Experimental Psychology*. 40, 756-762
- Cohen , J. (1954) The experience of time, *Acta Psychologica*, 10, 207-219
- Colwill, R.M. (1984). Disruption of short-term memory for reinforcement by ambient illumination. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36 B, 235-258.
- Darcheville, J.C., Riviere, V., y Wearden, J.H. (1993) Fixed-interval performance and self-control in infants. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 60, 239-254.
- Dews, P. B. (1960). Free-operant behavior under conditions of delayed reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 3 221-234.
- Dews, P. B. (1974). Modification by drugs of performance on simple schedules of positive reinforcement. A. C. Catania (Ed.), *Investigación Contemporánea en conducta operante* (Vol. 65pp. 268-281). México: Trillas.
- De Keyser, V., d'Ydewalle, G. y Vandierendonck, A. (eds.) (1998). *Time and the Dynamic Control of Behavior*. Germany, Hogrefe & Huber Publishers
- Dorrance, B. R., Kaiser, D. H., y Zentall, T. R. (2000). Event duration discrimination by pigeons: The choose-short effect may result from retention-test novelty. *Animal Learning & Behavior*, 28, 344–353.
- Dougherty, D. H., y Wixted, J. T. (1996). Memory for Asymmetric Events. En D.L. Medin (Ed.) *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 35, pp. 89-128) San Diego: academic Press
- Dreyfus, L. R., Fetterman, J. G., Stubbs, D. A., y Montello, S. (1992). On discriminating temporal relations: Is it relational?. *Animal Learning & Behavior*, 20, 135.

- Dougherty, D. H., y Wixted, J. T. (1996). Memory for Asymmetric Events. En D.L. Medin (Ed.) *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 35, pp. 89-128) San Diego: academic Press
- Droit-Volet, S., (2000a). L'estimation du temps: perspective développementale. *L'Année Psychologique*, 100, 443-464.
- Droit-Volet, S., & Gautier, T., (2000). Time estimation in 3- and 5 1/2-year-old children: The role of instructions as a function of the type of response. *Current Psychology of Cognition*, 19, 263-276.
- Droit-Volet, S., Clement, A., & Wearden, J. (2001). Temporal Generalization in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 271-288.
- Droit-Volet, S., y Wearden, J.H. (2001). Temporal bisection in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 142-159.
- Fetterman, G.J. (1995). The psychophysics of remembered duration. *Animal Learning & Behavior*, 23, 49-62.
- Fetterman, J. G., y Dreyfus, L. R. (1986) Pair Comparison of Durations. *Behavioral Processes*. 12, 111-123
- Fetterman, J. G., Dreyfus, L. R., y Stubbs, D. A. (1993). Discrimination of duration ratios by pigeons (*Columba livia*) and humans (*homo sapiens*). *JCP*, 107, 3.
- Fetterman, J.G., Dreyfus, L.R., y Stubbs, D.A. (1989). Discrimination of duration ratios. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 15, 253-263.
- Fetterman, J.G., Stubbs, D.A., y MacEwen, D. (1992). The perception of the extended stimulus. In W.K. Honig & J.G. Fetterman (Eds.), *Cognitive aspects of stimulus control* (pp. 1-20). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fetterman, J.G., Dreyfus, L.R., y Stubbs, D.A. (1996). Judging relative duration: The role of rule and instructional variables. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 22, 350-361.
- Fortin, C. (2003). Attentional Time-Sharing in Interval Timing. En W. (Ed.). *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. (pp. 235-260). Boca Raton Florida CRC Press.
- Fraisse, P. (1977). Perception et estimation du temps. P. Fraisse y J. Piaget (Eds.), *Tratado de psicología experimental : La percepción* (Vol. 6). Buenos Aires: Paidós.
- Fraisse, P. (1957). *Psychologie du temps*. París: Presses Universitaires de France.
- Friedman, W. J. (1982). *The development psychology of time*, New York, Academic Press.
- Friedman, W. J. (1990). *About time*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press
- Friedman, W. J., & Kemp, S. (1998). The effects of elapsed time and retrieval on young children's judgments of the temporal distances of past events. *Cognitive Development*, 13, 335-367.
- Gaitan, S.C., y Wixted, J.T. (2000). The role of "nothing" in memory for event duration in pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 28, 147-161.
- Gallistel, C. R. (1990) The organization of learning. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press.
- Gallistel, C. R. y Gibbon. J (2000). Time and rate in classical condition. . *Psychological Review*. 107, 289-344
- Gallistel, R. C. (1999). Can a Decay Process explain the timing of conditioned responses? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71, 264-271.
- Gibbon, J. (1977). Scalar Expectancy theory and Weber's Law in animal timing. *Psychological Review*. 84, 279-325

- Gibbon, J. (1981). On the form and location of the psychometric bisection function for time. *Journal of Mathematical Psychology*, 24, 58-86.
- Gibbon, J. (1986). The structure of subjective time: How time flies. *The Psychology of Learning and Motivation*, 20, 105-135.
- Gibbon, J. (1991). Origins of scalar timing. *Learning and Motivation*, 22, 3-38.
- Gibbon, J. (1992). Ubiquity of scalar timing with a Poisson clock. *Journal of Mathematical Psychology*, 36, 283-293.
- Gibbon, J. (1995). Dynamics of time matching: arousal makes better seems worse. *Psychological Bulletin Review*, 2, 208-215
- Gibbon, J. (1999). Multiple Time Scales is Well Named. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71(2), 272-275.
- Gibbon, J. y Balsam, P. (1981). Spreading association time. En C.M. Locurto, H.S. Terrace y Gibbon, J. (eds.) *Autoshaping and Conditioning Theory*. (pp. 219-253). New York Academic Press.
- Gibbon, J. y Church. R. M. (1981). Time left: Linear versus logarithmic subjective time. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 87-108.
- Gibbon, J. y Allan, L. (eds.) (1984). *Timing and Time Perception*. New York, Annals of the New York Academy of Sciences
- Gibbon, J., Church. R. M., y Meck. W. H. (1984). Scalar timing in memory. L. G. y G. J. Allan (Eds.), *Annals of the New York Academy of Sciences: Timing and time perception* . New York: New York Academy of Sciences.
- Gibbon, J. y Church. R. M. (1984). Sources od variance in an information processing theory of timing. T. G. Bever., H. S. Terrace., y H. L. Roitblat. (Eds.), *Animal Cognition* . Hillsdale NJ.: Erlbaum.
- Gibbon, J. y Church. R. M. (1990a). Time left: Linear versus logarithmic subjective time. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 87-108.
- Gibbon, J. y Church. R. M. (1990b). Representation of time. *Cognition*, 37, 23-54.
- Gibbon, J. y Church. R. M. (1992). Comparison of variance and covariance patterns in parallel and serial theories of timing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 57, 393-406.
- Gibbon, J., Church. R. M., Fairshurst, S., y Kacelnik, A. (1988). Scalar Expectancy Theory and Choice between rewards delayed. *Psychological Review*. 95, 102-114.
- Gibbon, J., Malapani, C., Dale, D.L., y Gallistel, C.R. (1997). Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Current Opinion Neurobiology*, 7, 170-184.
- Gibson, J. J. (1975). Events are perceivable but time is not. A. J. T. Fraser y N. Lawrence (Eds.), *The study of time, II* . Berlín: Springer-Verlag.
- Grant, D. S. (1991). Symmetrical and asymmetrical coding of food and no-food samples in delayed matching in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 17, 186-193.
- Grant, D. S. (1993). Coding processes in pigeons. In T. R. Zentall (Ed), *Animal cognition: Essays in honor of Donald A Riley* (pp 193-216). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Grant, D. S., y Spetch, M. L. (1991). Pigeons' memory for event duration: Differences between choice and successive matching tasks. *Learning and Motivation*, 22, 180-199.
- Grant, D. S., y Spetch, M. L. (1993). Analogical and nonanalogical coding of samples differing in duration in a choice-matching task in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 19, 15-25.

- Grant, D. S., y Spetch, M. L. (1994). The role of asymmetrical coding of duration samples in producing the choose-short effect in pigeons. *Learning and Motivation*, 25, 413-430.
- Grant, D. S., Spetch, M. L., y Kelly, R. (1997). Pigeons' coding of event duration in delayed matching-to-sample. En C. M. Bradshaw & E. Szabadi (Eds.), *Time and behaviour: Psychological and neuro-behavioural analyses* (pp. 217-264). Amsterdam: Elsevier.
- Grant, D.S. y Talarico, D.C. (2004). Processing of empty and filled time intervals in pigeons. *Learning & Behavior*, 32, 477-490
- Greenaway, F. (1979) *Time and the Science*, New York, United Nations.
- Guyau, J. M. (1890) *L'idée de temps*. En J. A. Michon, V. Pouthas y J. L. Jackson (1992) (eds.). *Time, action and Cognition: Towards bridging the gap*. Dordrecht, Holanda, Kluwer.
- Guerin, B. (1990). Gibson, Skinner and perceptual responses. *Behavior and Philosophy*, 18, 43-54.
- Grondin, S. (1993). Duration discrimination of empty and filled intervals marked by auditory and visual signals. *Perception and Psychophysics*, 54, 383-394.
- Grondin, S. (1996). Discrimination intermodal time intervals. In S. Marin (ed.) *Fechner Day 96: Proceedings of the 12th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics* (pp. 275-280) Padua, Italy: International Society for Psychophysics.
- Grondin, S. (2001). From physical time to the first and seconds moments of psychological time. *Psychological Bulletin*, 127, 22-44
- Grondin, S. (2003) Sensory modalities and temporal processing. En H. Helfrich (ed) *Time and Mind II: Information Processing Perspectives*, (pp. 61-77) Hogrefe & Huber Publishers, Göttingen Germany
- Hanson, H. M. (1959). Effects of discrimination training on stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology*, 51, 321-334.
- Helfrich, H. (2003) *Time and Mind II: Information Processing Perspectives*, Hogrefe & Huber Publishers, Göttingen Germany.
- Heron, W. T. (1949). Time discrimination in the rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 42, 27-31.
- Higa, J. J., y Staddon, J.E.R. (1997). Dynamics models of rapid temporal control in animals. En C.M. Bradshaw, E. Szabadi (eds.). *Time and Behaviour: Psychological and Neurobehavioral Analyses*. (pp 1-40). Amsterdam: Elsevier,
- Higa, J. J., y Pierson, D. (1998). Temporal Control in Rats: Analysis of Nonlocalized effects from short Interfood Intervals. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 70, 35-43.
- Hicks, R.E., Miller, G.W., y Kinsbourne, M. (1976). Prospective and retrospective judgments of time as a function of the amount of information of information processed. *American Journal of Psychology*, 89, 719-730
- Hills, T.T. (2003). Toward a Unified Theory of Animal Event Timing. En W. Meck (Ed.). *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. (pp. 77-112). Boca Raton Florida CRC Press.
- Ho, M.-Y., Velázquez –Martínez, D., Bradshaw, C.M., y Szabadi, E. (2002) 5-Hidroxytryptamine and interval timing behavior. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 71, 773-785.
- Honig, W. K., & Wasserman, E. A. (1981). Performance of pigeons on delayed simple and conditional discrimination under equivalent training procedures. *Learning and Motivation*, 12, 149-170.
- Hopson, J. W. (2003) General Learning Models: Timing without a Clock. En W. Meck (Ed.). *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. (pp. 23-60). Boca Raton Florida CRC Press.

- Hull, C. L. (1986). *Principios de Conducta*. Madrid: Debate.
- Janet, P. (1928) *L'evolution de la mémoire et de la notion de temps*, París, A. Chahine.
- Kaiser, D. H., & Zentall, T. R., y Neiman, E. (2002). Timing in pigeons: Effects of the similarity between intertrial interval and gap in a timing signal. *Journal of Experiment Psychology: Animal Behavior Processes*, 28, 328-363.
- Killeen, P. R. (1985). Reflections on a cumulative record. *The Behavior Analyst*, 8, 177-183.
- Killeen, P. R. y Fetterman, J. G. (1988). A behavioral theory of timing. *Psychological Review*, 95, 274-295.
- Killeen, P.R. (1994). Mathematical principles of reinforcement. *Behavioral Brain Science*, 17, 105-134.
- Killeen, P. R. (2001). Writing and overwriting short-term memory. *Psychological Bulletin & Review*, 8, 18-43.
- Killeen, P. R., y Fetterman, J. G. (1995) Categorical Scaling of Time: Implications for Clock-Counter Models. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 21, 43-33.
- Killeen, R. P., Fetterman, J.G., y Bizo. L. A. (1997) Time's causes. En C.M. Bradshaw, E. Szabadi (eds.). *Time and Behaviour: Psychological and Neurobehavioral Analyses (pp-1-40)*. Amsterdam: Elsevier.
- Killeen, R. P. & Bizo. L. A. (1998). The mechanics of reinforcement. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 221-238.
- Kreamer, P. J. y Roberts, W.A. (1985). Short-term memory for simultaneously presented visual and auditory signals in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 11, 137-151.
- Luria, A.R. (1974). *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. New York, Liveright, 1961, trad. Cast. Lenguaje y Comportamiento, Madrid, Fundamentos .
- Lejeune, H. (1990). Timing: Differences in continuity or generality beyond differences. D. E. Blackman y H. Lejeune (Eds.), *Behavior analysis in theory and practice: Contributions and controversies* . Hove: Erlbaum.
- Lejeune, H. (1998). Switching or gating? The attentional challenge in cognitive models of psychological time. *Behavioral Processes*, 44, 127-145.
- Lejeune, H., y Richelle, M. (1982). Fixed-interval performance in turtle doves: A comparison with pigeons and rats. *Behaviour Analysis Letters*, 2, 87-95.
- Lejeune, H., y Richelle, M. (1990). Timing behavior and development: Comments on some animal and human data. *International Journal of Comparative Psychology*, 4, 111-135.
- Lejeune, H. y Wearden, J. H. (1991). The comparative psychology of fixed-interval responding: Some quantitative analysis. *Learning and Motivation*, 22, 81-111.
- Lieving, L.M., Lane, S.D, Cherek, D.R. y Tcheremissine, O.V. (2006). Effects of delays on human performance on a temporal discrimination procedure: Evidence of a choose-short effect. *Behavioural Processes*, 71, 135-143
- Macar, F., Pouthas, V., y Friedman, W.J. (Eds.) (1992) *Time, action and Cognition: Towards bridging the gap*. Dordrecht, Holanda, Kluwer.
- Mach, E. (1987). *Análisis de las sensaciones*, Barcelona, alta Fulla (rep. Facsímil de la ed. 1925, trad. De la 6ª. Ed. De1918)
- Machado, A. (1997). Learning the temporal dynamics of timing. *Psychological Review*, 104, 241-265.
- Machado, A. y Arantes, J. (2006). Further tests of the Scalar Expectancy Theory (SET) and the Learning-to-Time (LeT) model in a temporal bisection task. *Behavioral Processes* 72, 195-206.

- Machado, A., y Cevik, M. (1998) Acquisitions and extinction under periodic reinforcement. *Behavioral Processes* 44, 237-262.
- Machado, A., y Guilhardi, P. (2000). Shifts in the psychometric function and their implications for Models Timing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 74, 25-54.
- Machado, A., y Keen, R. (1999). Learning to time (LET) or Scalar Expectancy Theory (SET)?. *Psychological Science*. 10, 285-290
- Machado, A., y Keen, R. (2002). Relative numerosity discrimination in the pigeon: further tests of the linear-exponential-ratio model. *Behavioral Processes*. 57:131-148.
- McCarthy. D. y White, K.G. (1987). Behavioral models of delayed detection and their applications to memory. En M.L. Commons, J. Mazur, J.A. Nevin and H. Rachlin (Eds.) *Quantitative Analysis of Behavior Vol 5: The effect of delay and intervening events on reinforcement value*. (pp. 29-54) New York: Earlbaum.
- Maric, A. V., Roberts, S., y Church. R. M. (1981). Methamphetamine and time estimation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 18-30.
- Meck, W. H. (1983). Selective adjustment of the speed of internal clock and memory processes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9, 171-201.
- Meck, W. H. (2003). *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. CRC Press. Boca Raton Florida USA.
- Mattel, M.S., y Meck, W. H. (2000). Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. *BioEssays*. 22, 94-103.
- Meck, W. H., y Church. R. M. (1982). Abstraction of temporal attributes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 8, 226-243
- Meck, W.H., Chuch, R.M., y Olton, D.S. (1984). Hippocampus, time, and memory. *Behavioral Neuroscience*, 98, 3-22
- Meck, W.H., Chuch, R.M., Wenk, G.L., y Olton, D.S. (1988). Nucleus basalis magnocellularis and medial septal area lesions differentially impair temporal memory. *The Journal of Neuroscience*, 7, 2505-2511.
- Meck, W.H. (1996). Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognitive Brain Research*, 3, 227-242
- Meck, W. H.(2005).Neuropsychology of timing and time perception . *Brain and Cognition*, 58 , 1-8.
- Michon, V. Pouthas y J. L. Jackson (eds.) (1988) Guyau and the idea of time. Amsterdam, Holanda, North Holland.
- Morse, W. H. (1966). Intermittent reinforcement En W. K. Honig (ed.), *Operant behavior: Areas of Research and Application*, New York, Appleton-Century-Crofts, Trad. Cast. En W. K. Honig (Ed.) Reforzamiento Intermitente. Conducta Operante . México: Trillas 1975.
- Nuttin, J. (1963). The future time perspective in human motivation and learning. *Acta Psychologica*, 23, 60-82
- Nuttin, J. (1979). La perspective temporelle dans le comportement humain. En P. Fraisse (Ed.) *Du temps biologique et temps psychologique*. París, Presses Universitaires de France, 307-364.
- Paule, M. G., Meck, W. H., McMillan, D. E., McClure, G. Y. H., Bateson, y M., Popke, E. J.,(1999). The use of timing behaviors in animals and humans to detect drug and/or toxicant effects. *Neurotoxicology and Teratology*, 21, 491-502
- Penney, T. B., Allan, L. G., Meck, W. H., y Gibbon, J. (1998). Memory mixing in duration bisection. En D. A. Rosenbaum & C. E. Collyer (Eds.), *Timing of behavior: Neural, psychological, and computational perspectives* (pp. 165 - 193). Cambridge MA: MIT Press.

- Piaget, J. (1978). *El desarrollo de la noción de tiempo en el niño*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Platt, J. R. (1979). Temporal differentiation and the psychophysics of time. M. D. Zeiler y P. Harzem (Eds.), *Advances in analysis of behavior : Reinforcement and the organization of behavior* . Chichester: Wiley.
- Pouthas, V., Droit, S., Jaquet, A. Y., y Wearden, J. H. (1990). Temporal differentiation of response duration in children of different ages: Development changes in relations between verbal and no verbal behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 53, 21-31.
- Pouthas, y. Jaquet. A. Y. (1987). A development study of timing behavior in 4 1/2 and 7 years old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 43, 282-299.
- Rakitin B.C, Gibbon J, Penney T.B, Malapani C, Hinton S.C, y Meck W.H. (1998) Scalar expectancy theory and peak-interval timing in humans. *Journal Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. 24(1):15-33.
- Rammsayer, T.H. (1997). On the relationship between personality and time estimation. *Personality and Individual Differences*, 23, 739-744
- Rammsayer, T.H. (1999). Neuropharmacological evidence for different timing mechanisms in humans. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52 B 273-286.
- Rammsayer, T.H., y Grondin, S. (2000) Psychophysics of Human timing. En R. Miller (ed.) *Time and the Brain: Conceptual Advances in Brain Research*.(pp. 157-167). Harwood Academic Publishers.
- Reeves, A, y Sperling, G. (1986). Attention gating in short term visual memory. *Psychological Review*, 93, 180-206.
- Richelle, M. (1992). From action to cognition: Bridging the gap?, en F. Macar, V Pouthas y W. J. Friedman (Eds.), *Time, action and Cognition: Towards bridging the gap*. pp. 254-268. Dordrecht, Holanda, Kluwer.
- Richelle, M. (1993). A concise guide to the temporal maze". *Psychologica Belgica*, 33, 135-145
- Richelle, M. y. L. H. (1980). *Time in animal behavior*. Oxford: Pergamon Press.
- Roberts, S. (1981). Isolation of an interval clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 242-268.
- Roberts, S. (1982). Cross-modal use of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 8, 2-22.
- Roberts, S. (1983). Properties and function of an internal clock. R. L. Mellgren (Ed.), *Animal Cognition and Behavior*. Amsterdam: Nort-Holland.
- Roberts, S. (1998) The Mental Representation of Time: Uncovering a Biological Clock. En D. Scarborough & S. Sternberg (vol. Eds.) *Methods, models, and conceptual issues. Vol. 4 of Invitation to cognitive science*.(pp 53-106) (D. Osherson, series ed.). Cambridge, MA MIT Press.
- Roberts, S, y Church. R. M. (1978). Control of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 4, 318-337.
- Roberts, S. y Holder. M. D. (1985). Effect of classical conditioning on an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 11, 194-214.
- Roberts, S. y Holder. M. D. (1984). What starts an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 273-296.
- Roberts, W. A. (1972). Short-term memory in the pigeon: Effects of repetition and spacing. *Journal of Experimental Psychology*, 94, 74-83.
- Rosenbaum, D. A. y Collyer, C. E. (eds.) (1998). *Timing of Behavior*. Cambridge Massachusetts, The MIT Press

- Santi, A., Ducharme, M. J., y Bridson, S. (1992). Differential outcome expectancies and memory for temporal and nontemporal stimuli in pigeons. *Learning & Motivation*, 23, 156
- Santi, A., Bridson, S., y Ducharme, M. J. (1993). Memory codes for temporal and nontemporal samples in many-to-one matching by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 21, 120.
- Santi, A., Ross, L., Coppa, R., y Coyle, J. (1999) Pigeons' memory for empty time intervals marked by visual or auditory stimuli. *Animal Learning & Behavior*, 27, 190-205.
- Santi, A., Hornyak, S., y Miki, A. (2003). Pigeons' memory for empty and filled time intervals signaled by light. *Learning and Motivation*, 34, 282-302.
- Sherburne, L. M., y Zentall, T. R. (1993). Asymmetrical coding of food and no-food events by pigeons: Sample pecking versus food as the basis of the sample code. *Learning & Motivation*, 24, 141.
- Sherburne, L. M., Zentall, T. R., y Kaiser, D. H. (1998). Timing in pigeons: The choose-short effect may result from pigeons' "confusion" between delay and intertrial intervals. *Psychological Bulletin & Review*, 5, 516-522
- Shurtleff, D., Raslear, T.G., Genovese, R.F., y Simmons, L. (1992). Perceptual bisection in rats: Effects of physostigmine, scopolamine and pirenzepine. *Physiology and Behavior*, 51, 381-390.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms*. New York, Appleton-Century-Crofts, Trad. Cast. La conducta de los Organismos, Barcelona, Fontanella, 1975
- Skinner, B. F. (1950). Are theories of learning necessary?. *Psychological Review*. 57, 193-216, Trad. Cast. En B.F. Skinner, *Registro Acumulativo*, Barcelona, Fontanella, 1975
- Skinner, B. F. y M. W. H. (1957). Concurrent activity under fixed-interval reinforcement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 50, 279-281.
- Spetch, M. L. (1987). Systematic errors in pigeons' memory for event duration: Interaction between training and test delay. *Animal Learning & Behavior*, 15, 1-5
- Spetch, M.L. y Wilkie, D.M. (1982). A systematic bias in pigeons' memory for food and light durations. *Behaviour Analysis Letters*, 2, 267-274.
- Spetch, M. L., y Rusak, B. (1989). Pigeons' memory for event duration: Intertrial interval and delay effects. *Animal Learning & Behavior*, 17, 147-156.
- Spetch, M. L., y Rusak, B. (1992). Time present and time past. En W. K. Honig y J.G. Fetterman (Eds.) *Cognitive aspects of stimulus control* (pp. 47-67). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Spetch, M. L., y Sinha, S. S. (1989). Proactive effects in pigeons' memory for event duration: Evidence for analogical retention. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 15, 347-357.
- Spence, K. W. (1936). The nature of discrimination learning animals. *Psychological Review*, 43, 427-449.
- Spetch, M. L., & Rusak, B. (1992). Temporal context effects in pigeons' memory for event duration. *Learning & Motivation*, 23, 117
- Staddon, R.E.J. (2001) . *Adaptive Dynamics: The theoretical Analysis of Behavior*. The MIT Press, Cambridge Massachusetts.
- Staddon, R. E. J. y Higga, J. J. (1996). Multiple time scales in simple habituation. *Psychological Review*, 103, 720-733.
- Staddon, R. E. J. y Higga, J. J. (1999). Time and Memory: Towards a Pacemaker-Free Theory of Internal Timing. *Journal of the Experimental Analysis Behavior*, 71, 215-251.

- Staddon, R. E. J., Higga, J. J. y Chelaru, M. I. (1999). Time, Trace, Memory. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71(2), 293-301.
- Stubbs, D.A. (1979) Temporal discrimination and psychophysics. En M.D. Zeiler & P. Harzem (Eds), *Advances in the Analysis of Behavior: (Vol. 1) Reinforcement and the Organization of Behavior*. (pp. 341-369). Chichester, England: John Wiley,.
- Stubbs, D.A., Dreyfus, L.R., Fetterman, J.G., Boynton, D.M., Locklin, N., y Smith, L.D. (1994). Duration comparison: Relative stimulus differences, stimulus age, and stimulus predictiveness. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 62, 15-32.
- Talton, LE, Higa, JJ, y Staddon, JER (1999). Interval schedule performance in the gold fish (*Carassius auratus*), *Behavioural Processes*, 45, 193-206
- Terrace, H. S. (1966). Stimulus control, en W.K. Honig (ed.), *Operant behavior: Areas of Research and Application*, New York, Appleton-Century-Crofts, Trad. Cast. En W. K. Honig (ed.) *Control de Estímulos. Conducta Operante*. México: Trillas 1975.
- Terrace, H. S. (1963). Discrimination learning with and without errors. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6, 1-27.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implication for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs*, 77, (Whole N° 576)
- Van den Broek, M.D., Bradshaw, C.M., y Szabadi, E. (1987). Behaviour of impulsive and non-impulsive humans in a temporal differentiation schedule of reinforcement. *Personality and Individual Differences*, 8, 233-239.
- Vygotsky, L.S. (1934/1977) *Pensamiento y Lenguaje*, Buenas Aires, La Pléyade.
- Wallace, M., y Rabin, A. (1960). Temporal Experience. *Psychological Bulletin*, 57, 213-235.
- Wearden, J. H. (1991a). Do humans possess in internal clock with scalar timing properties. *Learning and Motivation*, 22, 59-83.
- Wearden, J. H. (1991b). Human performance on an analogue of an interval bisection task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43 B, 59-81.
- Wearden, J. H. (1992). Temporal generalization in humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 18, 134-144.
- Wearden, J. H. (1994). Prescriptions for models of biopsychological time. En M. Oaksford y G. Brown (Eds), *Neurodynamics and Psychology* (pp.215-236). London: Academic Press.
- Wearden, J. H. (1999). Beyond the fields we know...": Exploring and developing scalar timing theory. *Behavioral Processes*, 45, 3-21.
- Wearden, J. H. y Doherty, M. F. (1995). Exploring and developing a connectionist model of animal timing: Peak procedure and fixed-interval simulations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 21, 99-115.
- Wearden, J. H. y Ferrara, A. (1993). Subjective Shortening in humans' memory for stimulus duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46 B, 163-186.
- Wearden, J. H. y Ferrara, A. (1995). Stimulus spacing effects in temporal bisection human. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48 B, 289-310.
- Wearden, J. H. y Ferrara, A. (1996). Stimulus range effects in temporal bisection human. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49 B, 24-44.

- Wearden, J. H., Denovan, L., Fakhri, M., y Haworth, R. (1997). Scalar timing in temporal generalization in humans with longer stimulus durations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23, 502-511.
- Wearden, J. H. y. McShane, B. (1988). Interval production as an analogue of the peak procedure: Evidence for similarity of animal and human timing processes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40 B, 363-375.
- White G. y Wixted, J. T. (2001). Psychophysics of remembering. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71, 91-113.
- Whitrow, G. J. (1988). *Time in History*. Oxford, Oxford University Press
- Wilkie, D. M. (1987). Stimulus intensity affects pigeon's timing behavior: Implications for an internal model. *Animal Learning & Behavior*, 15, 35-39.
- Wilkie, D. M., y Willson, R. J. (1990). Discriminal distance analysis supports the hypothesis that pigeons retrospectively encode event duration. *Animal Learning & Behavior*, 18, 124-131
- Wilson, M. P. y. K. F. S. (1953). On the selective reinforcement spaced responding. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 46, 190-193.
- Winsler, A., Carlton, M.P., y Barry, B.J. (2000) Age-related changes in preschool children's systematic use of private speech in a natural setting. *Journal of Child Language*, 27: 665-687
- Wixted, J. T. (1989). Nonhumans short-term memory: A quantitative reanalysis of select findings. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 52, 409-426.
- Wixted, J. T. y Ebbensen E. B. (1991). On the form of forgetting. *Psychological Science*. 6, 409-415.
- Wixted, J. T. (1993). A signal detection analysis of memory for nonoccurrence in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23, 400-411.
- Woodrow, H. (1928). Temporal discrimination in the monkey. *Journal of Comparative Psychology*, 8, 395-427.
- Woodrow, H. (1951). Time perception. En S.S. Stevens (ed.) *Handbook of Experimental Psychology*, New York: Wiley pp. 1224-1236
- Zakay, D. (1992). On prospective time estimation, temporal relevance and temporal uncertainty. En F. Macar, V. Pouthas y W.J. Friedman (eds.), *Time, Action, and Cognition: Towards bridging the gap*. pp. 59-84. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Zakay, D. (1993). Time estimation methods –do they influence prospective duration estimates? *Perception*, 22, 91-101
- Zakay, D. (2000). Gating or switching? Gating is a better model of prospective timing (a response to ‘switching or gating?’ by Lejeune) *Behavioral Processes*. 52, 63-69.
- Zakay, D., y Block, R.A. (1998). New perspective on Prospective Time Estimation. En V. De Keyser, G. d’Ydewalle, y A. Vandierendonck, (eds.) *Time and the Dynamic Control of Behavior*. pp. 130-141, Germany, Hogrefe & Huber Publishers
- Zeiler, D. M. (1999). Time Without Clocks. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71(2), 288-291.
- Zeiler, D.M. y Powell, (1994). Temporal control in fixed-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 61, 1-9
- Zentall, T. R. (1997). Animal memory: The role of "instructions". *Learning & Memory*, 28, 280-308.
- Zentall, T. R., Clement, T. S., y Weaver, J. E. (2003). Symmetry training in pigeons can produce functional equivalences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 387-391.

Zentall, R.T., Klein, E.D., y 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. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 30, 129-134

Zentall, R.T. (2006) Timing, memory for intervals, and memory for untimed stimuli: The role of instructional ambiguity, *Behavioural Processes*, 71, 88-97