



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN COMPORTAMIENTO

**NIVEL DE ACTIVACIÓN GENERAL EN UNA TAREA DE
DISCRIMINACIÓN TEMPORAL EN HUMANOS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO
OPCIÓN ANÁLISIS DE LA CONDUCTA**

PRESENTA

DAVID GABRIEL LUNA PÉREZ

DIRECTOR:

DR. FELIPE CABRERA GONZÁLEZ

ASESORES:

DR. ÓSCAR GARCÍA LEAL

DR. CRISTIANO VALERIO DOS SANTOS

OCTUBRE, 2007

a mi madre

AGRADECIMIENTOS

Nada de este trabajo hubiera sido posible sin el apoyo de las siguientes instituciones:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Universidad de Guadalajara

Universidade do Minho

y personas (en orden alfabético):

Armando Machado

Felipe Cabrera

François Tonneau

Héctor Martínez

El autor de este trabajo quiere agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la beca con número de registro 193725 a fin de realizar sus estudios de posgrado.

ÍNDICE

	pág.
Resumen	7
Introducción	9
1. La teoría de expectancia escalar	11
2. El estudio experimental de sesgos en la estimación de intervalos	25
3. Reporte experimental	37
Método	37
Resultados	46
Discusión	58
Conclusiones	63
Referencias	64
Apéndice	70

RESUMEN

La teoría de expectativa escalar (SET) es un modelo de reloj interno desarrollado para dar cuenta de la ejecución bajo estado estable de organismos expuestos a arreglos de contingencias en los que media una variable temporal. Se ha asumido que la velocidad de un reloj interno de este tipo se ve afectada por cambios en el nivel de activación general del organismo, sin embargo pocas veces esta asunción ha sido sometida a verificación experimental. En este contexto, el objetivo de este estudio fue identificar el efecto del nivel de activación general en una discriminación temporal humana. Empleando una variación del procedimiento de bisección temporal, los participantes del estudio debieron biseccionar dos veces por sesión un conjunto de estímulos cuyo rango de duración iba de 200 a 800 milisegundos. Entre cada bisección por sesión se presentaron estímulos auditivos o uno visual (i.e., piezas musicales o una figura geométrica respectivamente) con la intención de afectar el nivel de activación general de los participantes. Durante 9 sesiones experimentales se registró para cada participante el nivel de resistencia de la piel como índice del nivel de activación general. Los resultados obtenidos muestran que la bisección del conjunto de estímulos empleado no mantiene una relación ordenada con el nivel de resistencia de la piel registrado. Se concluye que, al menos desde el diseño experimental aquí empleado, no hay evidencia de que la velocidad de un reloj interno del tipo propuesto en la SET esté asociada al nivel de activación general.

Palabras clave: bisección temporal, discriminación temporal, nivel de activación general, humanos, teoría de expectativa escalar.

ABSTRACT

The Scalar Expectance Theory (SET) is an internal-clock model developed to account the interval timing behavior in both, humans and non-humans organisms. It has been assumed that the speed of an internal clock of this type is affected by changes in the arousal levels of the organisms. Nevertheless, this assumption has not received enough attention by experimental procedures. The objective of this study was to identify the effect of arousal level in a human temporal discrimination task. Using a variation of the bisection procedure, the participants of the study had to bisect a set of stimuli whose rank of duration went from 200 to 800 milliseconds. With the purpose to affect the arousal's level of the participants, an auditory or visual stimulus (i.e., musical pieces or one geometric figure respectively) was introduced between each bisection task. As an index of the arousal level, the resistance of the skin was registered during nine experimental sessions for each participant. The results showed that the stimulus set bisection did not maintain an ordered relation with the level of resistance of the skin. It concludes that, at least from the experimental design employed, there is no evidence about that the speed of an internal clock of the type proposed in the SET is associated with the arousal level.

Key words: temporal bisection, temporal discrimination, arousal level, humans, scalar expectance theory.

INTRODUCCIÓN

La teoría de expectativa escalar (SET; Gibbon, 1991) es un modelo de reloj interno desarrollado para dar cuenta de la ejecución en estado estable de organismos expuestos a arreglos de contingencias en los que media una variable temporal. En la SET se postula la existencia de un mecanismo cognoscitivo constituido por un sistema de reloj, memoria, y comparación.

Originalmente desarrollada a través de y aplicada en estudios en conducta animal¹ (Gibbon, 1977), a finales del siglo XX y principios del XXI, la SET fue también empleada para el estudio de la regulación temporal de la conducta en niños (e.g., Droit-Volet, 2002; Droit-Volet & Wearden, 2001), jóvenes adultos (e.g., Allan & Gibbon, 1991; Wearden, 1991a), y adultos mayores (e.g., McCormack, Gordon, Brown, Taylor, Darby & Green, 1999; Wearden, Wearden & Rabbitt, 1997). Esto permitió evaluar la generalidad de los mecanismos psicológicos usados por humanos y animales para regular temporalmente su conducta, además de recuperar fenómenos clásicos en la psicología del tiempo -por ejemplo el estudio de los sesgos en la estimación de intervalos por humanos (e.g., François, 1927; Goldstone, Lhamon & Sechzer, 1978; Hoagland, 1933, 1935)- e interpretarlos en los términos de este modelo.

La formulación teórica de la SET ha permitido interpretar los sesgos en la estimación de intervalos por humanos y animales como efecto de un cambio en la velocidad de un marcapasos integrado en el sistema de reloj, ya sea aumentándose o disminuyéndose (e.g., Meck, 1983; Penton-Voak, Edwards, Percival & Wearden, 1996).

¹ En este trabajo los términos 'animal' y 'humano' se emplearán únicamente para abreviar la distinción entre 'organismos no humanos' y 'organismos humanos' (ver Dess & Chapman, 1998).

Generalmente se ha asumido que este cambio en la velocidad del marcapasos es efecto de una alteración en el nivel de activación general del organismo (*arousal*²; Wearden, 2005a).

Actualmente existen pocos estudios que hayan sometido a verificación experimental la relación propuesta entre el nivel de activación general y la estimación de intervalos (o velocidad de un marcapasos en un modelo de reloj interno); y en los que se han hecho los resultados son inconsistentes (para evidencia a favor de esta relación, ver Angrilli, Cherubini, Pavese & Manfredini, 1997; para evidencia en contra, ver Yarrow, Haggard & Rothwell, 2004). Además, dos problemas se suman al antes mencionado: (1) la falta de una teoría coherente acerca de qué debe ser entendido por nivel de activación general y (2) cuál es la mejor forma de registrarlo. Ambos problemas repercuten en el aún más escaso número de estudios que emplean algún tipo de registro fisiológico como índice de activación general para apoyar o refutar dicha relación (Wearden, Philpott & Win, 1999).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo identificar el efecto del nivel de activación general en jóvenes adultos sobre su ejecución en una tarea de discriminación temporal. Como índice de nivel de activación general de los participantes se empleó el nivel de resistencia de la piel obtenido a través de un polígrafo. La elección de este tipo de registro se hizo con base en reportes previos que señalan a la actividad electrodérmica como un índice representativo del nivel de activación general (e.g., Conde, Menéndez & López de la Llave, 2000). Como tarea de discriminación temporal fue seleccionado el procedimiento de bisección temporal (ver más adelante), que ha sido frecuentemente empleado en el estudio de sesgos en la estimación de intervalos tanto con

² La traducción al español adecuada para el término en inglés *arousal* es *nivel de activación general* (C. Fernandes, comunicación personal, enero 2007), reservándose el término *activación* (del inglés *activation*) al componente motor implicado en este constructo.

humanos (e.g., Droit-Volet & Wearden, 2002; Wearden, Philpott & Win, 1999) como con animales (e.g., Maricq, S. Roberts & Church, 1981; Meck, 1983).

El trabajo que aquí se presenta está compuesto de tres partes. En la primera se expone en forma breve la formulación teórica del modelo SET; en seguida se desarrolla un esbozo de la investigación experimental sobre sesgos en estimación de intervalos y cómo ésta ha sido abordada e interpretada a través de dicho modelo; por último se describe el reporte experimental.

1. La teoría de expectativa escalar (SET)

La teoría expectativa escalar (SET) es un modelo matemático que describe las propiedades formales de los procesos cognoscitivos que operan en un organismo cuando éste es expuesto a una tarea en la que media una variable temporal (Gibbon, 1991). La SET fue presentada por John Gibbon y sus colaboradores (Gibbon, Church & Meck, 1984) durante una conferencia sobre *Cognición Animal* realizada en la Universidad de Columbia, en 1983.

El modelo de procesamiento de información temporal propuesto en la SET consta de tres componentes interrelacionados: a) sistema de reloj, que incluye un marcapasos, switch y acumulador; b) sistema de memoria, con memoria de trabajo y de referencia, y; c) sistema de comparación (ver Figura 1).

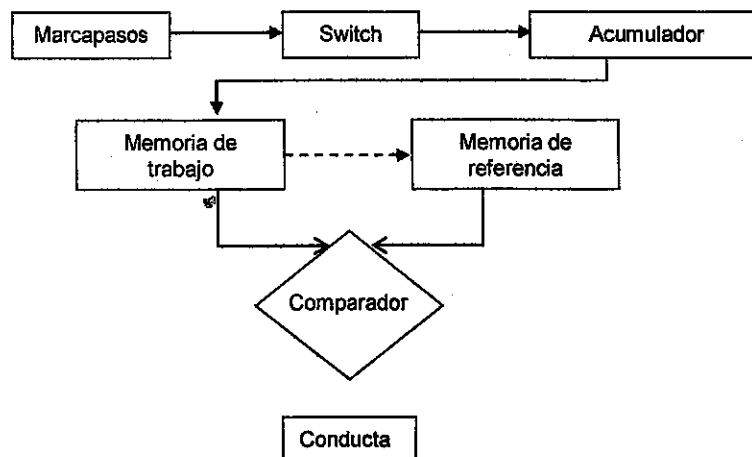


Figura 1. Representación gráfica del modelo de procesamiento de información temporal propuesto en la teoría de expectativa escalar.

a) **Sistema de reloj**³. El sistema de reloj se encarga de registrar el transcurso de un intervalo (Gibbon, 1991), así como de proveer el material necesario para realizar un juicio temporal sobre éste (Wearden, 2005b).

Marcapasos: Al inicio de un intervalo a estimar, el marcapasos se activa emitiendo pulsos a una tasa constante y elevada, con un intervalo entre pulsos aleatorio. El intervalo entre pulsos emitidos se distribuye exponencialmente:

$$F(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (1)$$

con una tasa media de pulsos equivalente a $\Lambda = \lambda$ (Gibbon, Church & Meck, 1984):

$$\lambda = 1/E(x) \quad (2)$$

³ En las siguientes descripciones de los sistemas del modelo SET debe notarse que las letras minúsculas señalan valores aleatorios de las variables, mientras que las letras mayúsculas señalan sus valores esperados. En el APÉNDICE 1 el lector encontrará una tabla que describe y resume cada uno de los parámetros formulados en el modelo SET.

donde el símbolo λ señala la tasa media de los pulsos emitidos por el marcapasos (Gibbon, 1991) siendo un número real positivo, e es la base de los logaritmos naturales y su valor aproximado es 2.71828, x señala el intervalo entre pulsos promedio, y $E(x)$ es la función exponencial de x . La distribución de pulsos en un intervalo de tiempo dado sigue a una distribución de Poisson.

Switch: El switch conecta el marcapasos con el acumulador, permitiendo o impidiendo el flujo de los pulsos de un componente hacia el otro. El flujo y la cantidad de pulsos registrados en el acumulador dependen, en parte, de la latencia con la que el switch se cierra (i.e., t_1) y la latencia con la que se abre (i.e., t_2) ante la presencia y retiro respectivamente de la señal que marque el intervalo (e.g., tono o luz). Esas dos latencias definen la duración efectiva registrada del intervalo (i.e., τ). El valor de t_1 se asume que es mayor al de su semejante (i.e., $t_1 > t_2$), aunque la diferencia entre ambos (i.e., $t_0 = t_1 - t_2$) puede adoptar valores positivos o negativos (ver Gibbon, 1991).

El valor de T_0 puede interpretarse como la duración mínima de un intervalo que no alcanzó a ser registrada por los pulsos emitidos por el marcapasos o como un periodo refractario desde el inicio de un intervalo hasta el comienzo en la emisión de pulsos por el marcapasos (Gibbon, 1991). Para el caso de valores negativos en T_0 , la interpretación propuesta sugiere que la entrega de un reforzador contingente a una respuesta tiene el efecto de reiniciar este sistema dejándolo operativo para la situación futura inmediata; si no se libera el reforzador al momento esperado, el reinicio del sistema puede no ser completo y alguna acumulación residual de pulsos (de un ensayo pasado) se estaría agregando a la actual. Como evidencia a favor de esta última interpretación, Gibbon (1991) refiere el efecto de omisión, reportado por Staddon e Innis (1969; ver también S. Roberts, 1981).

El valor del tiempo efectivo registrado en el acumulador (i.e., τ) corre en forma lineal con el valor del tiempo real (i.e., T) del intervalo; dado T_0 , el valor de τ es igual a:

$$\tau = T - T_0 \quad (3)$$

con T_0 señalando el punto donde el origen de τ se intercepta con T (Gibbon, 1991).

Acumulador: El acumulador registra el número de pulsos almacenados (i.e., N) desde el cierre del switch hasta su apertura, donde N es un número entero. El valor asociado a N puede calcularse en función del valor de λ y τ :

$$N = \lambda \tau \quad (4)$$

aunque también puede ser obtenido en función de T :

$$N = \lambda (T - T_0) \quad (5)$$

La representación gráfica de los procesos hasta aquí descritos puede verse en la **Figura 2.**

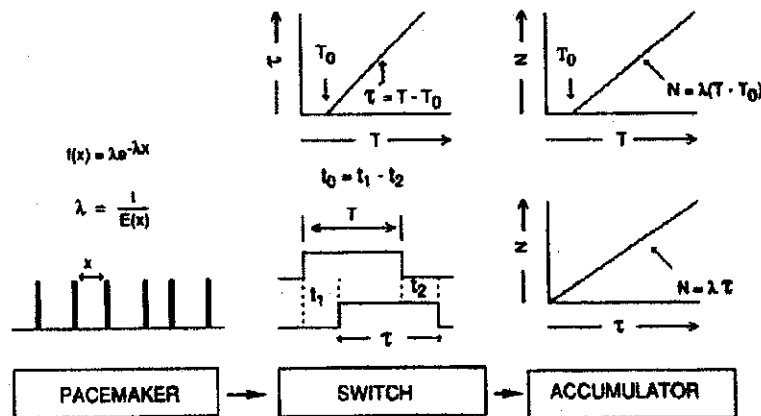


Figura 2. Representación del procesamiento de información temporal en el sistema de reloj propuesto en el modelo SET. Tomada de Gibbon (1991).

b) Sistema de memoria. Consta de memoria a corto plazo (STM) o de trabajo⁴ y memoria a largo plazo (LTM) o de referencia. En la primera (i.e., STM) se registra el valor temporal de un intervalo en curso (i.e., n), esto es, para un ensayo particular, el número de pulsos asentados en el acumulador se actualiza en la memoria de trabajo. La segunda (i.e., LTM) tiene un doble papel: en ella se almacenan los valores temporales *importantes* de un intervalo pasado para posteriormente recuperarlos (i.e., n^*), y es la responsable junto con el sistema de comparación de generar la *propiedad escalar* en la regulación temporal de la conducta (ver más adelante) (Gibbon, 1991; Jones & Wearden, 2003).

Un valor temporal importante es definido por el momento en el que se entrega un reforzador a un animal al momento T^* , o en estudios realizados con humanos, por alguna duración señalada como *relevante a la situación* (Wearden, 1999). Este valor temporal importante tiene asociado un número n^* de pulsos registrados para esa ocasión (ensayo) (Gibbon, 1991).

⁴ En recientes versiones del modelo propuesto en la SET se ha combinado el acumulador y la memoria de trabajo para formar un solo componente (e.g., Church, Meck & Gibbon, 1994; Gibbon, 1991).

Se asume que en el sistema de reloj (i.e., marcapasos-switch-acumulador) se estima sin distorsión la duración de un intervalo de duración t , misma que es actualizada en la memoria de trabajo (Church, Meck & Gibbon, 1994), pero cuando la información temporal registrada es transferida a la memoria de referencia, ésta se multiplica por una constante representada por el parámetro K^* (Jones & Wearden, 2003).

El valor de K^* se distribuye bajo la forma de una curva de Gauss con una media de 1.0 y un coeficiente de variación igual a c (Jones & Wearden, 2003). Por multiplicar por K^* el valor n de los pulsos en la memoria de trabajo al momento del reforzamiento T^* , y transferirse ese valor a la memoria de referencia, es por lo que esta última contiene una distribución *gaussiana* de los valores recordados como importantes (i.e., n^*) construida sobre ocasiones sucesivas (i.e., a través de los ensayos en que puede consistir una sesión experimental).

En la memoria de referencia el valor de n^* crece en forma lineal con T^* :

$$n^* = K^* \lambda (T - T_0) \quad (6)$$

o expresada para el valor de N^* , la ecuación anterior queda:

$$N^* = K^* \lambda (T^* - T_0) \quad (7)$$

El proceso de transferencia y transformación de la información temporal recolectada por el sistema de reloj hacia la memoria de referencia puede apreciarse en la **Figura 3**.

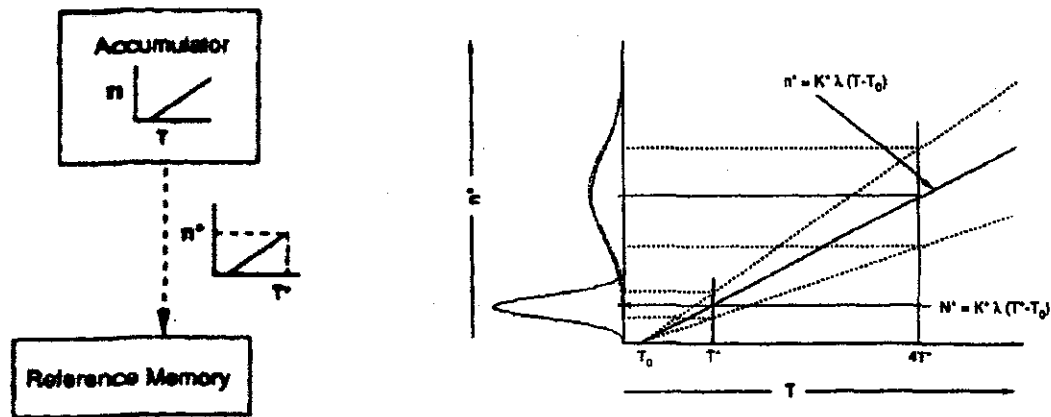


Figura 3. Izquierda: el valor n de los pulsos registrados en el acumulador durante el transcurso de T es transferido a la memoria de referencia, en la cual se almacena el valor n^* de los pulsos asociados a un evento importante como lo es la entrega de un reforzador al momento T^* . Derecha: transformación de la información temporal registrada en el sistema de reloj al ser multiplicada por la constante K^* con media de 1.0 y un coeficiente de variación c , y la distribución de los valores resultantes bajo la forma de curva gaussiana. Tomadas de Church, Meck y Gibbon (1994) y Gibbon (1991) respectivamente.

c) **Sistema de comparación.** El sistema de comparación opera manejando diferencias relativas entre los valores temporales asociados a cada tipo de memoria (i.e., de trabajo y de referencia respectivamente). Esto significa que en este sistema se contrasta en términos relativos el valor n del momento actual en un intervalo con el valor n^* del momento recordado como importante, que fue conocido y conformado sobre ocasiones previas (Gibbon, 1991).

Con la ejecución en estado estable de un animal expuesto a contingencias en las que media una variable temporal (e.g., procedimiento de pico⁵), al inicio del intervalo se asume

⁵ En este procedimiento se mezclan en forma aleatoria ensayos discretos de un programa de intervalo fijo señalado y ensayos discretos no reforzados en los que la señal se extiende más allá del valor del intervalo y termina independiente de la respuesta. La ejecución generada bajo ensayos de extinción adquiere la forma de una curva de *Gauss* cuyo máximo se encuentra alrededor del tiempo en que usualmente se libera el reforzador; la tasa máxima de respuestas registrada en este tipo de ensayos es similar a la registrada en los

que el valor absoluto de la discrepancia relativa entre n y n^* es igual a 1.0. Conforme transcurre el intervalo esta discrepancia se reduce en forma lineal tendiendo a 0 (cero) como el tiempo de reforzamiento T^* se aproxima, para posteriormente comenzar otra vez la discrepancia relativa entre n y n^* a aumentar en forma lineal (Gibbon & Church, 1990).

La información registrada en los dos tipos de memoria [i.e., n y n^*] es constantemente comparada para determinar su discrepancia relativa de acuerdo a una regla de respuesta (también llamada 'regla de decisión') que puede ser expresada en dos formas distintas.

Bajo la regla de *proximidad relativa* se compara el valor del momento actual del intervalo [i.e., el valor n de los pulsos registrados en el acumulador al momento T] con el valor del momento 'importante' n^* almacenado en la memoria de referencia como una proporción del primero respecto al segundo. Sólo mientras la discrepancia relativa entre ambos valores adquiera un valor de umbral igual a $1 - b$ habrá una alta probabilidad de respuesta (al menos hasta que se reciba el reforzador) y no en caso contrario. La ecuación que describe esta regla es:

$$|(n^* - n) / n^*| \leq 1 - b \quad (8)$$

donde b es un valor de umbral (ver Figura 4).

ensayos de IF (ver S. Roberts, 1981). La distribución de la tasa de respuestas en forma de una curva gaussiana ha sido interpretada como efecto de la regla de respuesta por *proximidad relativa* (ver Gibbon & Church, 1990).

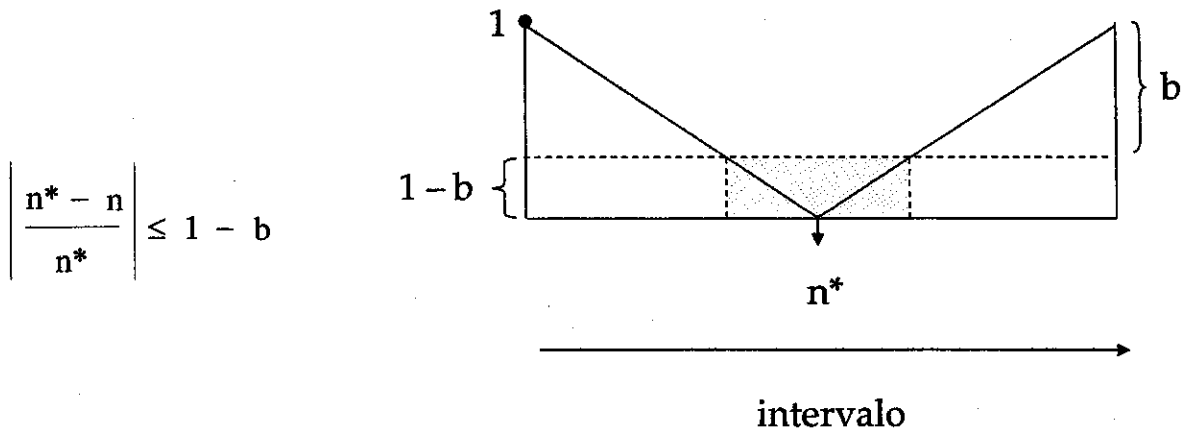


Figura 4. Izquierda: ecuación de la regla de respuesta por *proximidad relativa*. Derecha: representación gráfica del significado de dicha ecuación; la parte sombreada en el gráfico muestra el periodo durante el cual hay una máxima probabilidad de emisión de respuesta. Adaptadas de Gibbon y Church (1990).

La regla de respuesta por *similitud* (o *cercanía*) no es diferente conceptualmente de la anterior, aunque es mejor aplicada a procedimientos en los que la tarea consiste en discriminar entre la duración de dos estímulos y responder bajo un criterio de similitud entre ambos (e.g., procedimiento de bisección temporal). Bajo esta regla, una respuesta es emitida cuando la similitud (SIM) entre n y n^* expresada como la razón del primero respecto al segundo, adquiere un valor por encima de un umbral con valor igual a b . Esto es:

$$\text{SIM}(n / n^*) > b \quad (9)$$

La Figura 5 describe el significado de la ecuación anterior.

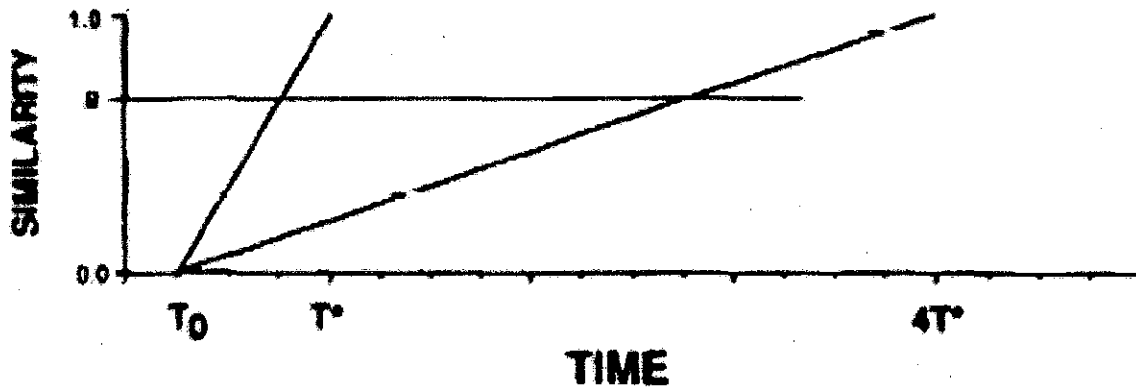


Figura 5. Descripción gráfica de la regla de respuesta por similitud. Cuando la razón de n respecto a n^* se encuentran próximas y el valor de la primera rebasa el valor de un umbral B , entonces hay una mayor probabilidad de emisión de respuesta. La gráfica muestra la regla de respuesta para el caso de T^* y $4T^*$. Adaptada de Gibbon (1991).

Se asume que el valor para b varía de ensayo a ensayo, y a partir de ese supuesto se sugiere que el valor asociado a un ensayo particular es recuperado de una muestra distribuida bajo la forma de una curva gaussiana de diversos valores con una media igual a B y una desviación estándar x (Wearden & Culpin, 1998; Wearden & Grindrod, 2003). Con los valores de n^* y b recuperados de un cúmulo que adopta una distribución normal, se explican las fluctuaciones ensayo a ensayo en la ejecución de un organismo; además, también se sugiere que el valor asociado a b puede ser afectado por diferentes variables (e.g., probabilidad de reforzamiento, dificultad de la tarea, nivel motivacional del organismo; ver Church, Meck & Gibbon, 1994).

La propiedad escalar. La propiedad escalar es un tipo de ley de Weber asociada a la regulación temporal de la conducta que sugiere que los mecanismos de estimación

temporal mantienen una sensibilidad constante al tiempo, independientemente de la magnitud del intervalo a estimar (Jones & Wearden, 2003).

En el contexto de la SET se asumen dos requerimientos importantes: 1) la estimación promedio de un intervalo t debe coincidir con la duración del intervalo t expresada en tiempo real, y; 2) el coeficiente de variación (i.e., desviación estándar/media) asociado a un intervalo estimado debe mantenerse constante aun con incrementos en la duración de este último (Gibbon, 1991). Lo anterior es lo que ha sido conocido como la propiedad escalar en la regulación temporal de la conducta. Esta propiedad se ha convertido en un sello distintivo de esta área de estudio, por lo que es empleada frecuentemente como punto de contraste para resultados obtenidos en estudios comparativos bajo diversos procedimientos (e.g., Lejeune, 1993; Lejeune & Wearden, 1991; Richelle & Lejeune, 1998).

En la formulación de la propiedad escalar de la regulación temporal de la conducta se asume que el tiempo percibido es distribuido normalmente con una media μ_t que es una función de potencia del tiempo real t con un exponente igual (o muy cercano) a 1.0:

$$\mu_t = t \quad (10)$$

y que la desviación estándar del tiempo percibido (i.e., σ_t) es proporcional a su media:

$$\sigma_t / \mu_t = \gamma \quad (11)$$

donde γ (gamma) es una constante de proporcionalidad conocida como la *fracción de Weber* (Allan, 1979). La Figura 6 muestra en forma gráfica esta relación entre tiempo subjetivo y tiempo real.

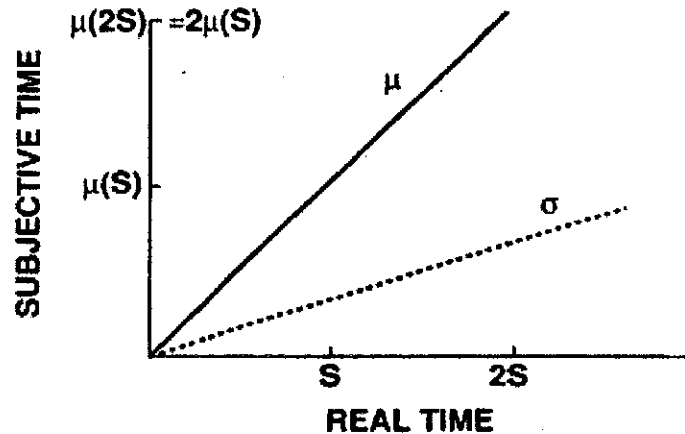


Figura 6. Muestra la relación asumida entre tiempo subjetivo y tiempo real, indicando un incremento 1:1 entre una unidad de tiempo subjetivo y una de tiempo real. Tomada de Gibbon y Church (1990).

Existen tres formas de evaluar la propiedad escalar en un estudio sobre regulación temporal de la conducta: 1) a través de la desviación estándar de la estimación promedio de un intervalo (i.e., la desviación estándar debe crecer linealmente conforme aumenta la duración del intervalo a estimar; ver Figura 6); 2) por el coeficiente de variación, el cual debe mantenerse constante aun con incrementos en la magnitud del intervalo, y; 3) por superposición, el requerimiento de que medidas de estimación realizadas ante magnitudes diferentes en tiempo real coincidan cuando éstas sean transformadas en la misma escala relativa (Ferrara, Lejeune & Wearden, 1997; para un ejemplo de este caso ver Figura 7).

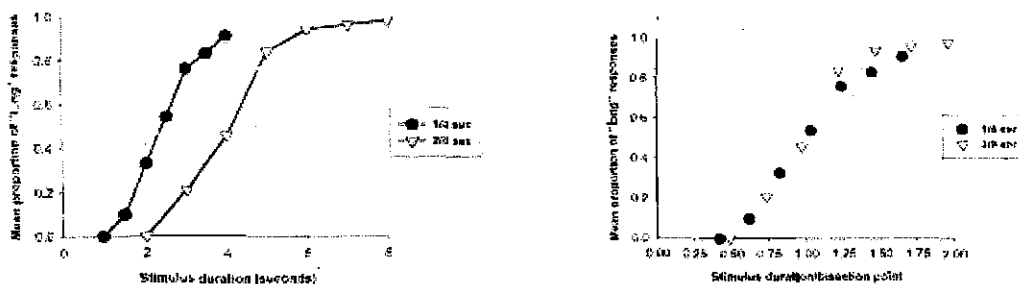


Figura 7. Izquierda: ejecución de niños de 8 años de edad ante una tarea de discriminación temporal (i.e., bisección temporal) con dos rangos de duración para los estímulos empleados (i.e., 1-4 y 2-8 segundos). Derecha: superposición (a través de las normalización del eje de las abscisas) de las medidas de estimación temporal generadas por los mismos niños. En estas funciones psicofísicas se relaciona la probabilidad de considerar un estímulo como de larga duración en función de la duración del mismo. Tomada de Droit-Volet y Wearden (2001).

Influencia y empleo de la SET en el análisis experimental de la conducta. Wearden (2005b) ha señalado a la SET como el modelo dominante en el área de investigación sobre regulación temporal de la conducta dado que *“todos los modelos alternativos son o variantes de éste, o reacciones en su contra”* (p. 135). No obstante existen modelos competitivos que ofrecen interpretaciones alternativas (e.g., Machado, 1997), los cuales han sido contrastados con el modelo SET, en ocasiones dando cuenta de resultados no predichos por éste o al menos señalando inconsistencias presentes en el mismo (e.g., Bizo & White, 1997; Killeen, Hall & Bizo, 1999; Machado & Arantes, 2006; Machado & Pata, 2005; Machado & Keen, 1999).

Diversos estudios han intentado evaluar en forma empírica la plausibilidad de cada uno de los sistemas propuestos en el modelo SET. Respecto al sistema de reloj se encuentran los estudios de Matell, Meck y King (2004), Maricq, Roberts y Church (1981), y Meck (1983) en el campo de la farmacología conductual; y en el campo del condicionamiento operante los trabajos de Gibbon y Church (1981), Matell y Meck (1999),

Meck y Church (1984), Meck, Komeily-Zadeh y Church (1984), S. Roberts (1981), S. Roberts y Church (1978), y S. Roberts y Holder (1984). Para el sistema de memoria algunos trabajos relevantes son los de Buhusi (2003), Buhusi y Meck (2000), Buhusi, Perera y Meck (2005), Cabeza de Vaca, Bruce y Hermes (1994), y W. Roberts, Cheng y Cohen (1989) con animales; mientras que con humanos destacan Droit-Volet, Clément y Wearden (2001), Jones y Wearden (2003), Jones y Wearden (2004), McCormack, Brown Smith y Brock (2004), y Wearden, Parry y Stamp (2002). Para el caso del sistema de comparación -que es el sistema que menos trabajo empírico ha generado- se encuentran los trabajos de Wearden y Culpin (1998) y Wearden y Grindrod (2003), o el desarrollo de modelos de simulación por computadora inspirados en los sistemas propuestos en la SET (e.g., Wearden, 2004; Wearden & Ferrara, 1995, 1996).

El empleo y evaluación crítica de la SET se prolongó a otras áreas de investigación en comportamiento como lo son la conducta de elección (e.g., Grace, Berg & Kyonka, 2006; Grace & Nevin, 1999; Gibbon, Church, Fairhurst & Kacelnik, 1988), la conducta de búsqueda de alimento (*foraging*) (e.g., Bateson, 2003; Kacelnik & Brunner, 2002), la farmacología conductual (e.g., Knealing & Schaal, 2002; Odum, Lieving & Schaal, 2002), estudios sobre la ontogenia de la regulación temporal de la conducta en humanos (e.g., Droit-Volet, 2002; Droit-Volet, Clément & Wearden, 2001; McCormack, Gordon, Brown, Taylor, Darby & Green, 1999), y la realización de estudios a partir de conocimiento neurocientífico y cognoscitivo basados en sus fundamentos teóricos (ver Malapani & Fairhurst, 2002, p. 165 y *ss.*).

El desarrollo de un modelo de reloj interno como la SET también ha permitido retomar (para reinterpretar a la luz de sus supuestos) fenómenos clásicos en la psicología del tiempo como son los sesgos en la estimación de intervalos, cuyos primeros estudios

experimentales pueden rastrearse al menos desde los trabajos de François (1927) y Hoagland (1933, 1935).

2. El estudio experimental de sesgos en la estimación de intervalos

Bajo el supuesto de que el tiempo subjetivo y el tiempo real mantienen una relación 1:1 (Allan, 1979; Gibbon & Church, 1990), hay dos formas en que esa relación puede ser transgredida. En una de ellas el tiempo subjetivo es mayor al tiempo real (i.e., $TS > TR$), mientras que en la otra se da una situación inversa: el tiempo subjetivo es menor al tiempo real (i.e., $TS < TR$; Gibbon, 1986). La Figura 8 muestra en forma gráfica ambas situaciones, las cuales pueden ser nombradas como sesgos en la estimación de intervalos. Para comodidad del lector de aquí en adelante el primer caso será referido como sesgo del Tipo 1, y el segundo, sesgo Tipo 2.

Ambos tipos de sesgos pueden ocurrir bajo contingencias diferentes. Piénsese en una tarea de producción temporal, en la que hay que mantener presionado un botón durante x segundos. Cuando en forma sistemática el participante presiona dicho botón durante una cantidad menor tiempo, entonces puede sugerirse un sesgo del Tipo 2 (i.e., una subproducción del tiempo meta). Bajo una tarea de estimación temporal se pide estimar la duración de un estímulo (ya sea por reporte verbal o por la ejecución de alguna otra operante). Cuando en forma sistemática el participante sugiere una *duración mayor* a la que en verdad tiene el estímulo, entonces se presenta un sesgo del Tipo 1 (i.e., sobreestimación temporal).

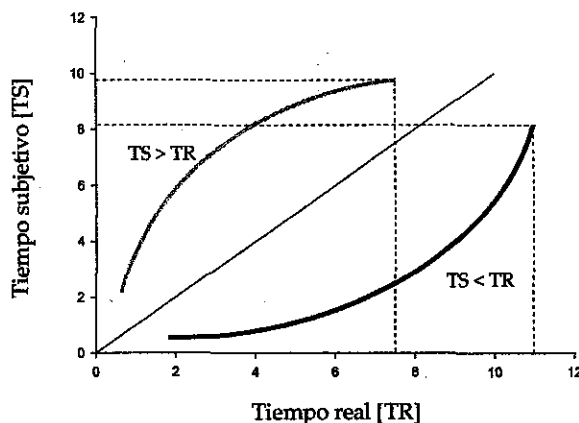


Figura 8. Muestra las dos trasgresiones a la relación 1:1 entre tiempo subjetivo y tiempo real. En la línea tenue se muestra cómo las unidades de tiempo subjetivo son mayores a las del tiempo real (i.e., sesgo Tipo 1); la línea oscura muestra una relación inversa, las unidades de tiempo subjetivo son menores que las del tiempo real (i.e., sesgo Tipo 2). Adaptada de Gibbon (1986).

Los primeros reportes sobre sesgos en la percepción del tiempo corresponden respectivamente a François (1927) y a Hoagland (1933, 1935). En forma independiente y bajo distintas circunstancias estos autores se percataron de que al incrementar la temperatura corporal de sujetos humanos, éstos producían un intervalo de magnitud menor a la que les era requerida (i.e., sesgo del Tipo 2). Además la magnitud del sesgo en su producción adoptaba la forma de una función lineal negativa; esto es, a mayor temperatura menor magnitud de intervalo producido. A lo largo del siglo XX se realizaron otros estudios en los que, manipulando la temperatura corporal de diferentes formas⁶, reportaron que con incrementos y decrementos en la temperatura corporal se presentaban sesgos en la estimación y/o producción de intervalos consistentes con los resultados de François y Hoagland (para una revisión ver Wearden & Penton-Voak, 1995).

⁶ Como dato curioso, esos estudios incluían en sus diseños la inmersión en tinas de baño rellenas con agua fría o caliente, fiebres naturales, permanencia en cuartos fríos o calientes, uso de cascos calientes, trajes para hacer sudar, cuartos de vapor, exposición a aire caliente, fluctuaciones diurnas, procedimientos de diatermia.

Desde las dos últimas décadas del siglo XX, uno de los procedimientos más empleados para el estudio experimental de sesgos en la estimación de intervalos es uno psicofísico conocido como bisección temporal. El procedimiento de bisección temporal fue desarrollado por Church y Deluty (1977) con base en un estudio de Stubbs (1968); y durante casi 10 años fue empleado sólo en experimentos en conducta animal. En esta tarea primero se entrena al animal a responder a un operando tras la presencia de un estímulo de corta duración (e.g., 2 seg.; a lo que se llama respuesta corta ó rC) y a responder a otro luego de presentado un estímulo de duración mayor (e.g., 8 seg.; respuesta larga ó rL). Tras este entrenamiento inicial se continua con una fase de prueba, durante la cual se incluyen duraciones de estímulo intermedias junto con las ya entrenadas y se registra la tendencia del animal a responder ante uno u otro operando (i.e., emitir una rC ó una rL).

A inicios de los años 90 del siglo XX, en forma independiente Allan y Gibbon (1991) y Wearden (1991a,b) adaptaron este procedimiento para ser empleado en estudios en conducta humana. Para este caso, el entrenamiento inicial consiste en proporcionar instrucciones verbales sobre atender a dos estímulos de duraciones diferentes, que pueden llamarse respectivamente 'estímulo corto' y 'estímulo largo'. Una vez que el sujeto ha discriminado entre ambos estímulos, entonces en una fase de prueba se presenta un conjunto de estímulos de duraciones diferentes: tanto las inicialmente discriminadas como otras más intermedias. La tarea del participante consiste en clasificar (vía la ejecución de una operante) la duración de cada estímulo como 'corta' ó 'larga', dependiendo de la duración percibida⁷ (i.e., emitir una rC ó una rL).

⁷ Otras versiones del procedimiento de bisección temporal para estudios en conducta humana son la bisección temporal por partición desarrollada por Wearden y Ferrara (1995, 1996) y la bisección itinerante diseñada por Rodríguez-Gironés y Kacelnik (2001).

Tanto en estudios en conducta humana como animal, la ejecución en esta tarea es recogida en una función psicofísica la cual relaciona la probabilidad de emitir una rL en función de la duración del estímulo presentado. Este gráfico adquiere una forma sigmoideal en la que se aprecia la nula o leve probabilidad de rL con estímulos de menor duración, y su incremento monotónico con la presentación de estímulos de mayor duración (e.g., Maricq, S. Roberts & Church, 1981). En la Figura 7 ya fue mostrada la representación de esta gráfica. La función psicofísica adquiere la forma antes descrita tanto en estudios con ratas (e.g., Church & Deluty, 1977), con pichones (e.g., Miki & Santi, 2001) y humanos (e.g., Wearden 1991b).

Asociados a la función psicofísica se encuentran tres parámetros cuantitativos. El punto de igualdad subjetiva (PSE) que se refiere a la duración del estímulo que tiene una probabilidad de 0.5 de generar una rL. El umbral diferencial (dl) que es el resultado de restar a la duración del estímulo que tiene una probabilidad de 0.75 de generar una rL la duración del estímulo cuya probabilidad de generar una rL es 0.25, dividido entre 2 [i.e., $dl = (3^{\circ}\text{cuartil} - 1^{\circ}\text{cuartil})/2$]. La Razón de Weber (i.e., $W.R. = dl/PSE$), que se emplea como índice de discriminación temporal (Maricq, S. Roberts & Church, 1981). Un valor reducido en este último parámetro sugiere una mayor sensibilidad a la dimensión temporal del estímulo presentado (Droit-Volet & Wearden, 2001). El punto de igualdad subjetiva generado por animales expuestos a este procedimiento se encuentra cercano a la media geométrica de los valores extremos del conjunto a biseccionar (e.g., Church & Deluty, 1977; Maricq, S. Roberts & Church, 1981; Meck, 1983; Meck, Church & Gibbon, 1985; Meck, Church & Olton, 1984; Morrisey, Wogar, Bradshaw & Szabadi, 1993; para una rara excepción donde el PSE se desplaza hacia la media armónica ver Miki & Santi, 2001) en tanto que el generado por humanos en ocasiones se halla próximo a la media aritmética

(e.g., Wearden, 1991a; Wearden, 1991b; Wearden, & Ferrara, 1995, 1996; Wearden, Rogers, & Thomas, 1997; Wearden, Wearden & Rabbitt, 1997) y en otras a la geométrica (e.g., Allan & Gibbon, 1991; Penney, Gibbon & Meck, 2000; para una revisión sobre la localización del PSE en humanos ver Allan, 2002b y Wearden, Bajik & Brocki, 2003).

Bajo el procedimiento de bisección, un mayor número de estímulos clasificados como 'largos' genera el desplazamiento a la izquierda sobre su eje de la función psicofísica y un decremento en el valor del PSE (sin cambios sistemáticos en la W.R), respecto a una situación inversa. Cuando un mayor número de estímulos son clasificados como 'cortos', entonces la función psicofísica se desplaza a la derecha sobre su eje, aumentando el valor del PSE, también sin cambios sistemáticos en la W.R (ver Figura 9).

En estudios en conducta animal, el desplazamiento de la función psicofísica a la izquierda y derecha se ha obtenido por la administración de metanfetamina y haloperidol respectivamente (Maricq, S. Roberts & Church, 1981; Meck, 1983; para un estudio en donde se obtiene un resultado diferente con metanfetamina ver McClure, Saulsgiver & Wynne, 2005). Cambios en la densidad del reforzamiento también han ocasionado este efecto (e.g., Bizo & White, 1994a; 1994b; 1995a; 1995b; Killeen, 1991; Killeen, Hall & Bizo, 1999; MacEwen & Killeen, 1991; Morgan, Killeen & Fetterman, 1993), aunque para este último caso resultados contrarios han sido reportados por Bizo y White (1997), Machado y Guilhardi (2000) y Guilhardi, MacInnis, Church y Machado(en prensa).

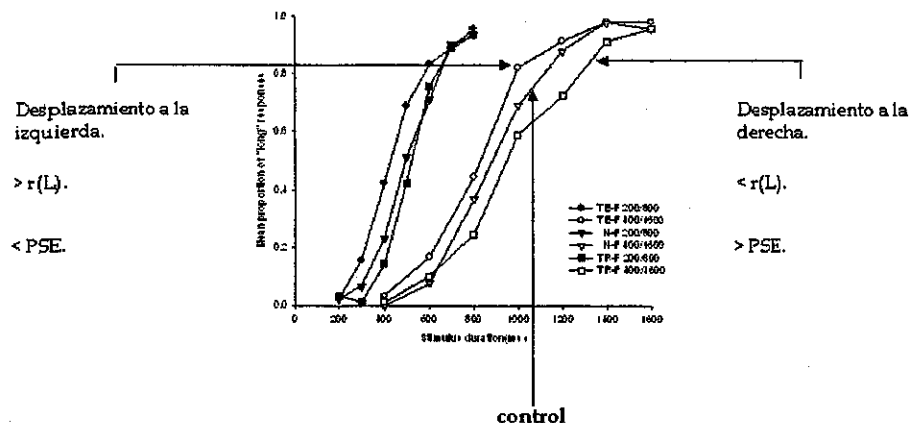


Figura 9. Muestra las posibles ubicaciones de la función psicofísica, producto de cambios en la probabilidad de emitir rL frente a los estímulos, y la forma en que esto afecta el valor del punto de igualdad subjetiva. Adaptada de Ortega y López (enviado para su evaluación).

Para el caso de estudios en conducta humana comúnmente se emplea un método desarrollado por Treisman, Faulkner, Naish y Brogan (1990), el cual consiste en la presentación de estimulación repetitiva en forma de destellos ó clics previa el evento meta (i.e., presentación del estímulo a estimar). Por ejemplo, para lograr un desplazamiento de la función psicofísica a la izquierda, entonces los estímulos en entrenamiento se presentan en forma común (i.e., sin manipulación experimental alguna), mientras que en la fase de prueba cada estímulo mostrado es asociado a la presentación previa de una cadena de clics o destellos. En forma inversa, para lograr el desplazamiento a la derecha la manipulación experimental (i.e., presencia de clics o destellos) debe ser presentada durante la fase de entrenamiento (e.g., Droit-Volet & Wearden, 2002; Ortega & López, enviado para su evaluación; Wearden, Philpott & Win, 1999).

De las dos posibilidades de desplazamiento de la función psicofísica, el desplazamiento a la izquierda y derecha han sido interpretadas respectivamente como

efecto del incremento o decremento en la velocidad del marcapasos propuesto en el modelo SET⁸ (Droit-Volet & Wearden, 2002; Wearden, Philpott & Win, 1999). La idea subyacente al cambio en la velocidad del marcapasos es la trasgresión de la relación 1:1 propuesta para el tiempo subjetivo y real. Suponiendo que el marcapasos emite un pulso (i.e., una unidad de tiempo subjetivo) por segundo (unidad de tiempo real), entonces al acelerarse el marcapasos estaría emitiendo mayor número de unidades de tiempo subjetivo por cada una de tiempo real. Lo contrario también sugiere que, cuando el marcapasos pierde velocidad, entonces estará emitiendo un menor número pulsos por unidad de tiempo real. Esta relación puede verse en la Figura 10.

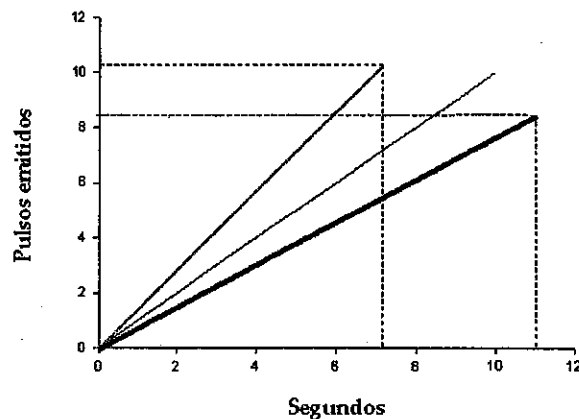


Figura 10. Línea oscura delgada: relación 1:1 entre unidades de tiempo subjetivo (i.e., pulsos) y unidades de tiempo real (i.e., segundos). Línea oscura gruesa: las unidades de tiempo subjetivo son menores a las de tiempo real. Línea tenue gruesa: las unidades de tiempo subjetivo son mayores a las de tiempo real.

⁸ A excepción de los estudios citados donde se manipula la densidad de reforzamiento. En cuyo caso la interpretación ofrecida es también un cambio en la velocidad de un marcapasos, pero conceptualmente diferente al propuesto en el modelo SET (ver Killeen & Fetterman, 1988).

Se ha asumido que la velocidad de un marcapasos interno está en función del nivel de activación general de un organismo: niveles altos de activación general ocasionan que el marcapasos corra a una velocidad elevada y viceversa, bajos niveles de activación general se asocian a una baja velocidad de dicho mecanismo⁹ (Killeen, Hall & Bizo, 1999; Kraemer, Brown & Randall, 1995; Penton-Voak, Edwards, Percival & Wearden, 1996; Treisman, Cook, Naish & MacCrone, 1994; Wearden, 2005a; Wearden, Philpott & Win, 1999; Wearden, Pilkington & Carter, 1999; Wilkie, 1987).

Wearden, Philpott y Win (1999) han señalado dos problemas asociados a esta relación propuesta entre el nivel de activación general y la velocidad del marcapasos. El primero de ellos se refiere a la falta de un desarrollo teórico coherente acerca de exactamente qué debe ser entendido por nivel de activación general (*arousal*); el segundo apela a la necesidad de evidencia concreta (e.g., a través de la recolección de registros fisiológicos) de que dicho nivel ha sido afectado. De estos dos se desprende uno más que puede ser –al menos parcialmente– la causa de la escasa investigación experimental sobre esta relación propuesta. Al no haber una teoría coherente de qué significa *nivel de activación general*, entonces el criterio de selección de ciertas medidas para su registro (e.g., EEG, tasa cardiaca, nivel electrodermal, inventarios de auto-reporte) puede recaer en soluciones pragmáticas (i.e., medir aquello que se pueda de acuerdo al equipo o tecnología disponible; e.g., Wearden, Pilkington & Carter, 1999) o estar basados en diferentes concepciones que pueden ir cambiando con el paso del tiempo. Respecto a lo anterior, el

⁹ Esta asunción es hecha en forma explícita dentro del modelo desarrollado por Killen y Fetterman (1988): “En particular, la BeT asume que la velocidad del marcapasos es proporcional al nivel de activación general del animal, que incrementa con la tasa de reforzamiento (y muchos otros factores)...” (Killeen, Hall & Bizo, 1999, p. 130). La SET no tiene alguna noción similar respecto a la velocidad del marcapasos, sin embargo Wearden y cols., utilizaron ese supuesto de la BeT aplicado a la SET para dar cuenta de sus resultados (A. Kacelnik, comunicación personal, mayo 2006).

lector puede contrastar la postura de Angrilli, Cherubini, Pavese y Manfredini (1997) con la de Levintal (1979).

Al margen del problema conceptual y tecnológico delineado en el párrafo anterior, a la fecha existen limitados estudios que evalúan sistemáticamente la relación entre el nivel de activación general y la ejecución en tareas que implican algún tipo de estimación temporal, y al parecer todavía más escasos son los conducidos desde el marco de la SET (para una excepción ver Yarrow, Haggard & Rothwell, 2004).

Angrilli, Cherubini, Pavese y Manfredini (1997) realizaron un estudio con humanos para identificar el impacto de factores afectivos (i.e., nivel de activación general y valencia afectiva ligada a un evento) sobre la estimación de intervalos en el rango de pocos segundos (2, 4, y 6 seg.). Los intervalos fueron señalados por estímulos visuales, específicamente tarjetas obtenidas del *Internacional Affective Picture System* (IAPS: Center for the Study of Emotion and Attention – CSEA-NIMH), las cuales mostraban imágenes que por su contenido estaban clasificadas como 1) neutrales, 2) de valencia afectiva positiva y bajo nivel de activación general, 3) de valencia afectiva positiva y alto nivel de activación general, 4) de valencia afectiva negativa y bajo nivel de activación general, y 5) de valencia afectiva negativa y alto nivel de activación general. Registros fisiológicos de la tasa cardiaca (HR) y de la respuesta de conductancia de la piel (SCR) fueron recolectados durante dos tareas experimentales. La primera de ellas consistió en la reproducción del intervalo señalado por cada tarjeta vía la presión de una tecla de respuesta, en tanto que durante la otra los participantes debían marcar en una escala análoga (de 0 a 10 seg. representados sobre una línea de 20 cm de largo) la duración percibida del intervalo. Los criterios de análisis fueron la subestimación y la sobreestimación del intervalo y su posible relación con los factores afectivos asociados a

las tarjetas. Los resultados obtenidos mostraron una relación entre el valor de la valencia y el asociado al nivel de activación general en las tarjetas en la estimación de intervalos. Específicamente, intervalos señalados por tarjetas de valencia negativa y bajo nivel de activación fueron juzgados más breves que aquellos señalados por tarjetas de valencia positiva y bajo nivel de activación. En forma opuesta, intervalos señalados por tarjetas de valencia negativa y alto nivel de activación general fueron considerados mayores que los señalados por tarjetas de valencia positiva y alto nivel de activación general. Aunque los autores interpretaron sus resultados en términos de modelos de atención para el procesamiento de información temporal (i.e., focalizar la atención sobre el transcurso del tiempo), desde la óptica de los modelos de reloj interno (e.g., SET) es posible sugerirse que en el supuesto cambio en la velocidad del marcapasos estaría involucrada también la valencia afectiva ligada a un evento, y no sólo el nivel de activación general del organismo.

En otro estudio, Yarrow, Haggard y Rothwell (2004) evaluaron si la ilusión óptica (llamada cronostasia sacádica) que consiste en la extensión en la duración percibida de un estímulo visual luego de un reflejo sacádico era posible de ser explicada a partir de la relación sugerida entre el nivel de activación general y la velocidad de un marcapasos del tipo sugerido en la SET. El supuesto de los autores fue que el nivel de activación general de un organismo podría ser modificado debido a un estado de preparación al movimiento ocular, y este cambio en el nivel de activación general podría afectar la velocidad del marcapasos, lo cual distorsionaría la duración percibida del estímulo meta en forma sistemática. Los autores emplearon diferentes duraciones para el estímulo meta a fin de identificar si la magnitud del cambio en la duración percibida era proporcional (e.g., si los participantes percibían cualquier estímulo un 10% mayor a su duración real, independientemente del valor absoluto de ésta) o constante (e.g., si los participantes

percibían cualquier estímulo x segundos mayor a su duración real). El primer caso es un criterio para determinar cambios en la velocidad de un marcapasos de este tipo, en tanto que el segundo apela a cambios en otras partes del mecanismo, específicamente el switch. Los resultados obtenidos no mostraron una tendencia a sobreestimar en forma proporcional la duración de los estímulos empleados, lo cual es contrario a la hipótesis de la relación entre nivel de activación general y velocidad de un reloj interno. No obstante, se detectó un cambio constante en la duración percibida de cada estímulo independientemente de su duración real. Esto último sugiere que otros mecanismos de un reloj de este tipo pueden estar implicados en el fenómeno de estudio (i.e., switch integrado en el sistema de reloj).

OBJETIVO

El presente estudio tuvo como objetivo identificar el efecto del nivel de activación general en una discriminación temporal humana. Así, se pretendió someter a verificación experimental la hipótesis que sugiere que cambios en el nivel de activación general del organismo afectan la relación mantenida entre tiempo subjetivo y real. Transcribir esta hipótesis en el lenguaje técnico de la SET quedaría como sigue: si cambios en el nivel de activación general de un organismo afectan la velocidad del marcapasos del sistema de reloj, entonces con incrementos en el nivel de activación general la velocidad del marcapasos debería aumentar, mientras que con decrementos su velocidad debería disminuir.

La tarea empleada fue una variación del procedimiento de bisección temporal. La selección de esta tarea se hizo con base en la forma ordenada (antes descrita) de discriminar entre desplazamientos de la función psicofísica que han sido asociados a cambios en la velocidad del marcapasos. La tarea se dividió en tres partes. En la primera de

ellas se presentó el conjunto completo de estímulos cuya duración debía ser bisecada; en la segunda y tercera cada participante del estudio debió bisecar tal conjunto de estímulos. Entre la segunda y tercera parte se incluyó un estímulo con la intención de afectar el nivel de activación general del participante. La justificación de haber variado la tarea en esta forma estribó en evitar cualquier posible efecto de la conformación de los contenidos del sistema de memoria que, de acuerdo al modelo SET, se van realizando conforme la tarea va en marcha (ver Allan, 2002a; Allan & Gibbon, 1991; Wearden, 2004; Wearden & Ferrara, 1995, 1996). La idea fue que al presentar el conjunto total de estímulos previo a la bisección, al momento de realizar ésta, el participante contendría ya la información temporal asociada al sistema de memoria, particularmente la memoria de referencia, con lo cual durante la fase de entrenamiento y prueba se estaría evaluando exclusivamente el funcionamiento del sistema de reloj, concretamente el marcapasos integrado en tal sistema.

Para salvar el segundo problema planteado por Wearden, Philpott y Win (1999) asociado a la relación nivel de activación general y la velocidad del marcapasos, se capturó el nivel de resistencia de la piel, cuyo parámetro asociado es el $k\Omega$. Además, al fluctuar los valores de resistencia de la piel entre 50 y 500 $k\Omega$, el nivel de activación general se pudo representar en un continuo que va de los 500 $k\Omega$ (bajo nivel de activación general), a los 50 $k\Omega$ (elevado nivel de activación general). La selección de este índice se hizo siguiendo a Conde, Menéndez y López de la Llave (2000) quienes sugieren que la actividad electrodérmica (AED) es un índice fiable del nivel de activación general de un organismo¹⁰.

¹⁰ Puede verse también a Angrilli, Cherubini, Pavese y Manfredini (1997), quienes mencionan que “la conductancia de la piel [equivalente inverso de la resistencia] muestra la mayor correlación con el nivel de activación general, considerando tanto la activación simpática como el nivel de activación general auto-reportado.” (p. 981).

3. Reporte experimental

El objetivo de este estudio fue identificar el efecto del nivel de activación general en una discriminación temporal humana (i.e., procedimiento de bisección). El modelo SET predice que con incrementos en el nivel de activación general del organismo habrá desplazamiento a la izquierda de la función psicofísica y una reducción en el valor del punto de igualdad subjetiva (PSE) con respecto a una situación inversa. Con decrementos en el nivel de activación general del organismo la función psicofísica deberá desplazarse a la derecha y reducirse el PSE.

MÉTODO

Participantes

Se trabajó con 6 estudiantes inscritos en la Universidade do Minho, Braga, Portugal. Cuatro fueron mujeres de nacionalidad portuguesa, los restantes fueron un varón mexicano y otro alemán. Cuatro de ellos recibieron un pago en efectivo por su participación en el estudio, mientras que los dos restantes lo rechazaron.

Aparatos y materiales

Tarea experimental. Los parámetros temporales, la presentación de estímulos y el registro de las respuestas fueron controlados por una computadora Compaq Presario 2200 (Celeron). Los intervalos fueron señalados visualmente por una figura geométrica (i.e., círculo azul de 300 x 300 píxeles, y un círculo negro de 150 x 150 píxeles, ambos sobre fondo amarillo) presentada al centro de la pantalla de la computadora. La situación

experimental fue programada empleando el software SuperLab v. 4.0 que cuenta con una precisión de entre 10 y 35 milisegundos.

Manipulación del nivel de activación. Los estímulos empleados para manipular el nivel de activación en los participantes fueron cuatro piezas musicales: la composición *Gymnopedie No. 1* de Eric Satie (Satie, 1995), los primeros 3'26'' del tercer movimiento de la Sinfonía no. 6 en A menor de Gustav Mahler *Andante* (Mahler, 1994), los primeros 3'26'' de la Sinfonía no. 4 en F menor, op. 36 de Peter Tchaikovsky *Finale Allegro con fuoco* (Tchaikovsky, 2003), y la pieza *Sacrificial Dance (The Chose One)* de Igor Stravinsky (Stravinsky, 1995). Para la captura de los extractos de las piezas de Gustav Mahler y Peter Tchaikovsky fue empleando el software Easy CD-DA Extractor v. 6.1. La reproducción de cada pieza se hizo a través de una PC ASUS (Pentium 4), empleando el Windows Media Player v. 10.0; y cada pieza fue transmitida a través de unos audífonos Phillips HP 250. La selección de las piezas musicales se hizo en base a estudios previos (i.e., Iwanaga, Ikeda & Iwaki, 1996; Iwanaga & Moroki, 1999; Iwanaga & Tsukamoto, 1997) en los cuales se reportó que éstas tienen un efecto sobre el nivel de activación general de sus escuchas; las dos primeras reduciéndolo, las dos últimas aumentándolo. Más de una pieza musical asociada a cada nivel de activación general fue empleada para reducir la posibilidad de un efecto de habituación a su estructura musical en los participantes.

Registro fisiológico. Para el registro del nivel de resistencia de la piel (NRP) se utilizó un polígrafo Embla Flaga hf. Medical Devices, conectado a una PC ASUS (Pentium 4) la cual recolectaba variaciones en $k\Omega$ en el nivel de resistencia de la piel vía un par de

electrodos que conectados a la falange medial de los dedos índice y anular en la mano no dominante de cada participante enviaban información para ser capturada a través del software Somnologica v. 2.0.2 Flaga hf. Medical Devices. Este equipo hacía una lectura de 10 mediciones del NRP por segundo.

Situación experimental

Las sesiones experimentales fueron realizadas en el Laboratorio de Fisiología del Instituto de Educação e Psicologia, en la Universidade do Minho. Las computadoras se hallaban sobre una mesa con silla; ambas mesas estaban colocadas a poco más de un metro de distancia, en ángulo recto. Sobre la mesa donde se realizó la tarea experimental se colocó el polígrafo empleado para el registro del NRP, y un cojín en donde los participantes podían descansar su brazo.

Cada sesión experimental fue conducida entre las 14:00 y 16:00 horas con el fin de reducir la variabilidad circadiana en la actividad fisiológica (Rickard, 2004) y en el estado de alerta (Gruart, Delgado, Escobar & Roblero, 2002) en los participantes.

Diseño experimental

Se empleó un diseño A-B (McGuigan, 1996), en el cual la fase A se identificó con el Entrenamiento mientras que la fase B lo hizo con la Prueba.

Procedimiento

El experimento consistió de 9 sesiones experimentales por cada participante, de aproximadamente 30 minutos cada una, conducidas entre el 07 de noviembre y el 21 de diciembre de 2006. Durante este periodo cada participante arregló las fechas para la

realización de las sesiones, las cuales no necesariamente debían ser consecutivas, con la única restricción de que se ajustaran al horario requerido para conducir el experimento. Al inicio del experimento la única información con la que contaba cada participante era que se trataba de un estudio sobre estimación de intervalos y que diferentes piezas musicales estaban involucradas en el diseño.

Hubo tres condiciones experimentales: Excitativa (incluía las piezas de Tchaikovsky y Stravinsky), Sedativa (incluía las piezas de Satie y Mahler), y Silencio (el participante tuvo que observar un círculo negro durante un periodo de 3'42'')¹¹. Tres sesiones fueron asociadas a cada condición, y la presentación de cada sesión fue arreglada en forma aleatoria para cada participante. La inclusión de una pieza musical en la primera sesión asociada a una condición específica determinó la pieza asociada a la segunda y tercera sesión en la misma condición. Por ejemplo, si durante la primer sesión de la condición Sedativa se presentaba la pieza de Satie, entonces durante la segunda debía presentarse la pieza de Mahler , y durante la tercera nuevamente la de Satie; la selección de la primer pieza presentada en cada condición se arregló en forma aleatoria para cada participante. La Tabla 1 indica la fecha y orden en que fueron programadas y realizadas de las sesiones experimentales por participante.

¹¹ Esta duración fue elegida en forma arbitraria y representa sólo la duración promedio de las 4 piezas musicales seleccionadas.

Tabla 1. Indica la fecha y el orden en que fueron realizadas las sesiones experimentales, mostrando la pieza musical asociada a la condición experimental en vigor.

Participante	Condición	Fecha	Pieza musical	No. sesión
A.F	Excitativa	29/11/2006	Stravinsky	1
		15/12/2006	Tchaikovsky	8
		20/12/2006	Stravinsky	9
	Sedativa	04/12/2006	Mahler	2
		06/12/2006	Satie	4
		13/12/2006	Mahler	7
	Silencio	05/12/2006	---	3
		11/12/2006	---	5
		12/12/2006	---	6
C.O	Excitativa	06/12/2006	Tchaikovsky	3
		14/12/2006	Stravinsky	8
		21/12/2006	Tchaikovsky	9
	Sedativa	04/12/2006	Satie	1
		11/12/2006	Mahler	5
		13/12/2006	Satie	7
	Silencio	05/12/2006	---	2
		07/12/2006	---	4
		12/12/2006	---	6
H.O	Excitativa	07/11/2006	Tchaikovsky	1
		15/11/2006	Stravinsky	4
		30/11/2006	Tchaikovsky	9
	Sedativa	08/11/2006	Mahler	2
		20/11/2006	Satie	5
		29/11/2006	Mahler	8
	Silencio	14/11/2006	---	3
		21/11/2006	---	6
		28/11/2006	---	7
J.A	Excitativa	07/11/2006	Tchaikovsky	1
		20/11/2006	Stravinsky	7
		22/11/2006	Tchaikovsky	9
	Sedativa	09/11/2006	Mahler	2
		14/11/2006	Satie	4
		17/11/2006	Mahler	6
	Silencio	10/11/2006	---	3
		15/11/2006	---	5
		21/11/2006	---	8

Tabla 1. Continuación.

Participante	Condición	Fecha	Pieza musical	No. sesión
M.C	Excitativa	13/11/2006	Stravinsky	5
		14/11/2006	Tchaikovsky	6
		15/11/2006	Stravinsky	7
	Sedativa	09/11/2006	Mahler	3
		16/11/2006	Satie	8
		17/11/2006	Mahler	9
	Silencio	07/11/2006	---	1
		08/11/2006	---	2
		10/11/2006	---	4
	R.M	Excitativa	07/12/2006	Tchaikovsky
14/12/2006			Stravinsky	7
15/12/2006			Tchaikovsky	8
Sedativa		23/11/2006	Satie	2
		12/12/2006	Mahler	6
		19/12/2006	Satie	9
Silencio		21/11/2006	---	1
		28/11/2006	---	3
		05/12/2006	---	4

Todas las instrucciones fueron presentadas en el monitor de la PC, y fueron ofrecidas en inglés, portugués, o español, dependiendo el idioma que dominara cada participante. Se empleó un conjunto de 7 estímulos cuyo rango de duración iba de 200 a 800 milisegundos, en incrementos de 100 ms. En la presentación del conjunto, el orden en que aparecieron los estímulos fue arreglado en forma aleatoria para cada participante.

El experimentador se encontró siempre presente durante cada sesión experimental para instrumentar y conducir los eventos que así lo requirieran. Sólo en la primera sesión de cada participante el experimentador ofreció instrucciones generales sobre el desarrollo y conducción del estudio (e.g., atención a las instrucciones ofrecidas en el monitor, eventos en la sesión experimental –tarea, música, tarea-, permanencia del experimentador en el laboratorio, etc.).

Registro fisiológico. Al inicio de cada sesión el participante tuvo un periodo de 5 minutos para recuperarse de cualquier actividad previa inmediata que hubiera estado realizando; a esto le siguieron dos eventos. (1) El participante debió colocarse los audífonos sobre los oídos, y (2) el polígrafo le fue conectado en la falange medial de los dedos anular e índice en su mano no dominante. El registro del NRP inició 3 minutos previos a la realización de la tarea experimental, continuó durante toda ésta, y finalizó 3 minutos posteriores a su término.

Tarea experimental

Presentación de estímulos y entrenamiento. El participante comenzó el experimento al presionar una tecla en la computadora, lo cual era seguido por la presentación de una pantalla indicando que al momento en que ésta cambiara, el estudio iniciaría. Esta pantalla permaneció durante 3 minutos. Inmediatamente después se solicitó al participante presionar una tecla, acto seguido se dieron instrucciones de atender a un conjunto de estímulos de duraciones diferentes y menores a un segundo. Tras la presión de una tecla y posterior a una demora de 2500 ms, se presentó 3 veces el conjunto de estímulos empleados, con un intervalo entre la presentación de cada estímulo de 2500 ms. Posterior a esto inició el entrenamiento. Se informó al participante que su tarea consistía en clasificar cada estímulo como 'corto' ó 'largo' dependiendo de su duración. Tras la presión de una tecla y manteniéndose fijo un intervalo de 1500 ms entre cada evento, se presentó 20 veces el conjunto de estímulos. Posterior a la presentación de cada estímulo apareció la siguiente leyenda al centro de la pantalla: *¿Este estímulo era 'corto' ó 'largo'? Presiona C (corto) ó*

*L (largo)*¹², permaneciendo hasta que el participante ejecutara su respuesta. Tras el último estímulo del último conjunto y dependiendo de la condición asociada a la sesión en vigor se indicó al participante que a continuación iba a escuchar una pieza musical durante la cual debía cerrar los ojos y sentarse lo más cómodo que pudiera sobre el asiento; o mirar fijamente (pudiendo parpadear) una figura geométrica proyectada al centro de la pantalla. Se indicó también que, al final de estos eventos (cualquiera que haya estado presente) podría continuar inmediatamente con la tarea experimental tan sólo por presionar la tecla indicada.

Debido a que el software disponible para la programación del ambiente experimental no soportaba el formato y duración de las piezas musicales empleadas, el experimentador debió iniciar su reproducción cuando fuera necesario. La presentación de la figura geométrica fue programada para aparecer en forma automática dentro del ambiente experimental.

Fase de prueba. De la misma forma que durante el entrenamiento, el participante debió clasificar como 'corto' ó 'largo' cada estímulo de un conjunto presentado 20 veces.

Análisis de datos

Se realizó sobre datos individuales obtenidos en sesiones también individuales. La ejecución en la tarea se recogió bajo funciones psicofísicas, una asociada a la fase de entrenamiento y otra a la de prueba, y construidas sobre las 140 instancias presentadas por

¹² Con instrucciones en inglés las teclas de respuesta fueron S y L, para *short* y *long* respectivamente; y en portugués, C y L para *curto* y *longo* respectivamente.

fase. El valor del punto de igualdad subjetiva (PSE) fue obtenido a través del método de interpolación lineal (Gescheider, 1997).

El registro total del NRP obtenido durante toda la sesión fue segmentado en partes, cada una asociada a un evento de la sesión (i.e., 3 minutos iniciales, instrucción a la tarea, entrenamiento, manipulación experimental, prueba, 3 minutos finales). Para el análisis de datos se empleó los segmentos correspondientes a las fases de entrenamiento, manipulación experimental y prueba, de los cuales se representó el patrón obtenido del NRP; también se realizó un análisis cuartilar a fin de representar la variabilidad asociada a cada segmento y se obtuvo el valor de la mediana, en $k\Omega$, del NRP registrado durante fase de entrenamiento y de prueba. Posteriormente este último valor fue contrastado con el obtenido para el punto de igualdad subjetiva. En el análisis cuartilar fueron eliminados una gran cantidad de *outlayers* debido a que se consideraron artefactos en el nivel de resistencia de la piel. Dado que el nivel de resistencia de la piel muestra una tendencia sostenida en el tiempo, la exclusión de tales artefactos no afecta en forma importante a ésta.

Para el caso de la interpretación del registro fisiológico, la reducción o aumento en el nivel de resistencia de la piel se asocian respectivamente con el aumento o el decremento en el nivel de activación general (*arousal*; Carretié & Iglesias, 1995). Entonces, a mayor NRP menor activación general; y viceversa, a menor NRP mayor activación general.

En el siguiente apartado se mostrarán los resultados más representativos del estudio, bajo las categorías de “Nivel de activación general elevado”, “Nivel de activación general reducido” y “Nivel de activación general sostenido”, este último hace referencia a

situaciones en las cuales no hay un cambio importante en el nivel de activación general de la fase de entrenamiento a la de prueba.

RESULTADOS

Antes de iniciar la descripción de resultados es importante mencionar que en al menos una ocasión las piezas musicales empleadas no causaron el efecto sobre el nivel de activación general esperado (i.e., una pieza que debía disminuir el nivel de activación general en realidad lo aumentaba o viceversa). Esta situación pudo deberse a las diferencias en condiciones de los estudios a partir de los cuales fueron seleccionadas y el presente, a efectos de valencia afectiva ligada al estímulo auditivo (como algunos participantes lo sugirieron en forma verbal), o a una mezcla entre ambas. Esta situación no se muestra tan inconveniente al estudio, siempre y cuando no se pierda de vista que su objetivo principal fue identificar el efecto del nivel de activación general sobre una discriminación temporal. De acuerdo a lo anterior, aún cuando una pieza que bajo otras circunstancias se asociara a un bajo nivel de activación general y en este estudio haya ocasionado un aumento en éste, la ejecución bajo la tarea de bisección podría –al menos en teoría– haberse ajustado a la predicha por el modelo. Los resultados de un participante (i.e., C.O) no serán mostrados a pesar de que completó el estudio, esto debido a que presentó un sesgo sistemático hacia una tecla de respuesta a partir de la segunda sesión experimental.

Nivel de activación general elevado

La Figura 11.1 muestra el patrón obtenido para el nivel de resistencia de la piel (NRP) y un análisis cuartilar de éste, registrado en los participantes A.F (panel superior) y J.A (panel inferior), así como la función psicofísica generada por participante para la bisección en cada fase experimental. El primero de los participantes fue expuesto durante la manipulación experimental a la pieza de G. Mahler , mientras que el segundo a la de P. Tchaikovsky; y respectivamente, los datos corresponden a su sesión experimental número 2 y 1, considerando en continuo el total de sesiones (i.e., 9) realizadas a lo largo del estudio. Aun cuando existe variabilidad momento a momento en el NRP, puede observarse que la tendencia mantenida en ambos es un decremento en este parámetro. Esto indica que conforme avanzaba la sesión experimental el nivel de activación general iba en aumento ambos, aunque siendo más pronunciado para el participante A.F. En ambos casos, la función psicofísica generada durante la fase de prueba muestra un desplazamiento a la izquierda respecto a generada durante la fase de entrenamiento. Esto indica que durante la fase de prueba se emitió un mayor número de respuestas L frente a los estímulos presentados. En correspondencia con lo anterior, el valor del punto de igualdad subjetiva muestra un decremento de la fase de entrenamiento a la fase de prueba, lo cual se acompañó de una reducción del valor de la mediana del nivel de resistencia de la piel registrada.

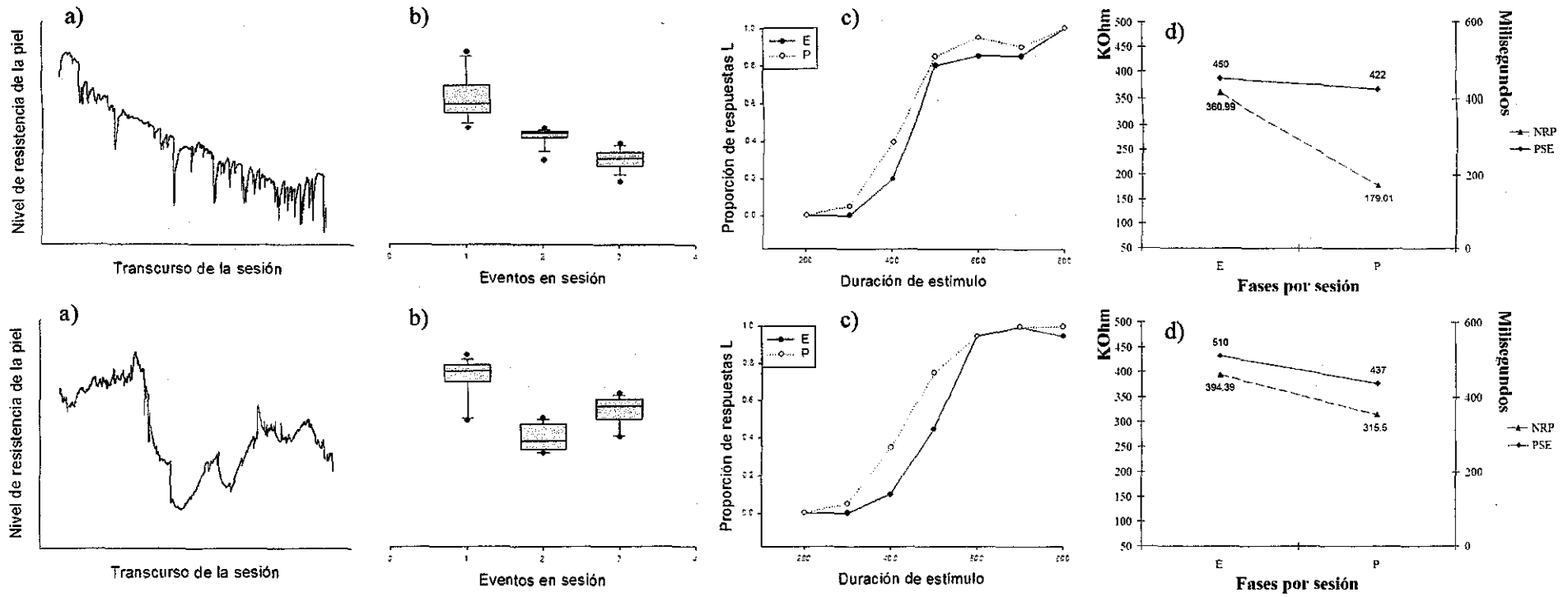


Figura 11.1. Panel superior: participante A.F., sesión 2, expuesto a la pieza de G. Mahler durante manipulación experimental. Panel inferior: participante J.A., sesión 1, expuesto a la pieza de P. Tchaikovsky durante manipulación experimental. De izquierda a derecha: a) patrón obtenido durante el registro del nivel de resistencia de la piel durante el transcurso de la sesión en fase de entrenamiento, manipulación experimental, y fase de prueba; b) análisis cuartilar donde los números 1, 2, y 3 se identifican respectivamente con la fase de entrenamiento, manipulación experimental y fase de prueba; c) función psicofísica generada durante fase de entrenamiento (E) y fase de prueba (P); d) valores obtenidos para el punto de igualdad subjetiva (PSE) durante fase de entrenamiento (E) y fase de prueba (P) en milisegundos, comparados con el valor en kΩ de la mediana obtenida para el nivel de resistencia de la piel (NRP) durante fase de entrenamiento y fase de prueba.

La Figura 11.2 muestra el patrón del nivel de resistencia de la piel y su análisis cuartilar obtenido para el participante H.O en dos sesiones diferentes. Los estímulos empleados durante la manipulación experimental en cada sesión representada fueron la figura neutra al centro de la pantalla (i.e., condición silencio, panel superior) y la pieza de P. Tchaikovsky (panel inferior). Estos datos corresponden a las sesiones 6 y 9 respectivamente de este participante. Mientras que para la primera sesión mostrada, la reducción en el nivel de resistencia de la piel se aprecia notablemente hasta la fase de prueba, para la segunda se nota una tendencia a reducir en este parámetro desde el inicio de la fase de entrenamiento hasta el final de la fase de prueba. Esta reducción en el nivel de resistencia de la piel sugiere que el participante adoleció de un incremento en su nivel de activación general. Para ambas sesiones la parte central de la función psicofísica generada durante la fase de prueba sufrió un ligero desplazamiento a la derecha de la generada durante la fase de entrenamiento. Esto fue ocasionado por una tendencia a emitir un menor número de respuestas L frente a ciertos estímulos presentados durante la fase de prueba. Debe notarse que el desplazamiento es opuesto, aunque su magnitud es menor, con respecto al reportado en la figura anterior. El punto de igualdad subjetiva sufrió un incremento de unas cuantas decenas de milisegundos, lo cual está asociado a una reducción del valor de la mediada para en el nivel de resistencia de la piel.

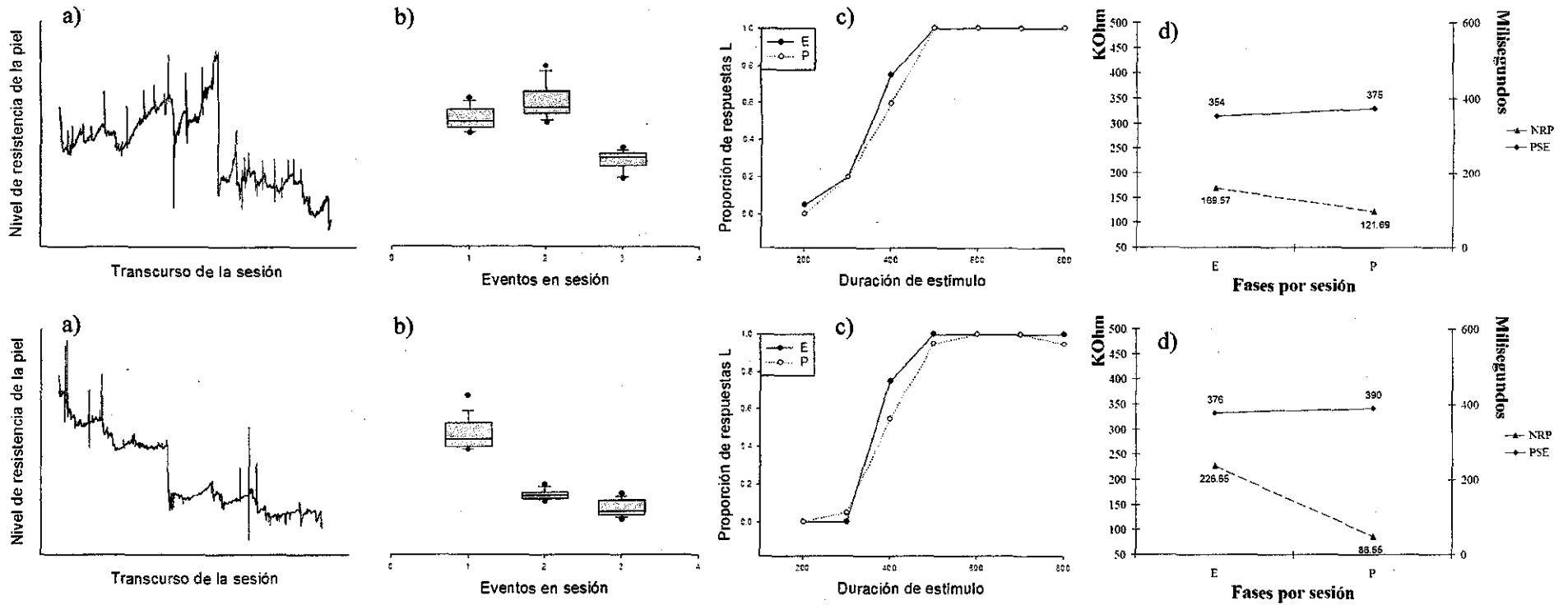


Figura 11.2. Panel superior e inferior: participante H.O., sesión 6 y 9 respectivamente, expuesto a la condición de silencio y a la pieza de P. Tchaikovsky, también respectivamente, durante manipulación experimental. Para el resto de la descripción ver leyenda de la Figura 11.1.

Para terminar este apartado, la Figura 11.3 muestra también el patrón del nivel de resistencia de la piel y su análisis cuartilar, obtenido para un mismo participante en dos sesiones experimentales diferentes. Se trata del participante R.M., quien fue expuesto a la pieza de P. Tchaikovsky y a la de G. Mahler , correspondientes a sus sesiones 8 (panel superior) y 6 (panel inferior) del estudio. El patrón del registro fisiológico muestra una reducción en el nivel de resistencia de la piel, lo cual indica un nivel elevado de activación general, al menos durante la realización de la fase de prueba en la tarea experimental. En cuanto a su ejecución en la tarea, el punto de igualdad subjetiva incrementó un par de decenas de milisegundos de la fase de entrenamiento a la fase de prueba. Lo anterior también se asoció a una reducción en la mediana del nivel de resistencia de la piel durante esta última fase. No obstante, aun cuando de una fase experimental a otra existe un cambio en la tendencia de respuesta ante los estímulos del conjunto, no es posible determinar sin ambigüedad la dirección del desplazamiento de la función psicofísica generada durante la fase de prueba respecto a la obtenida durante el entrenamiento.

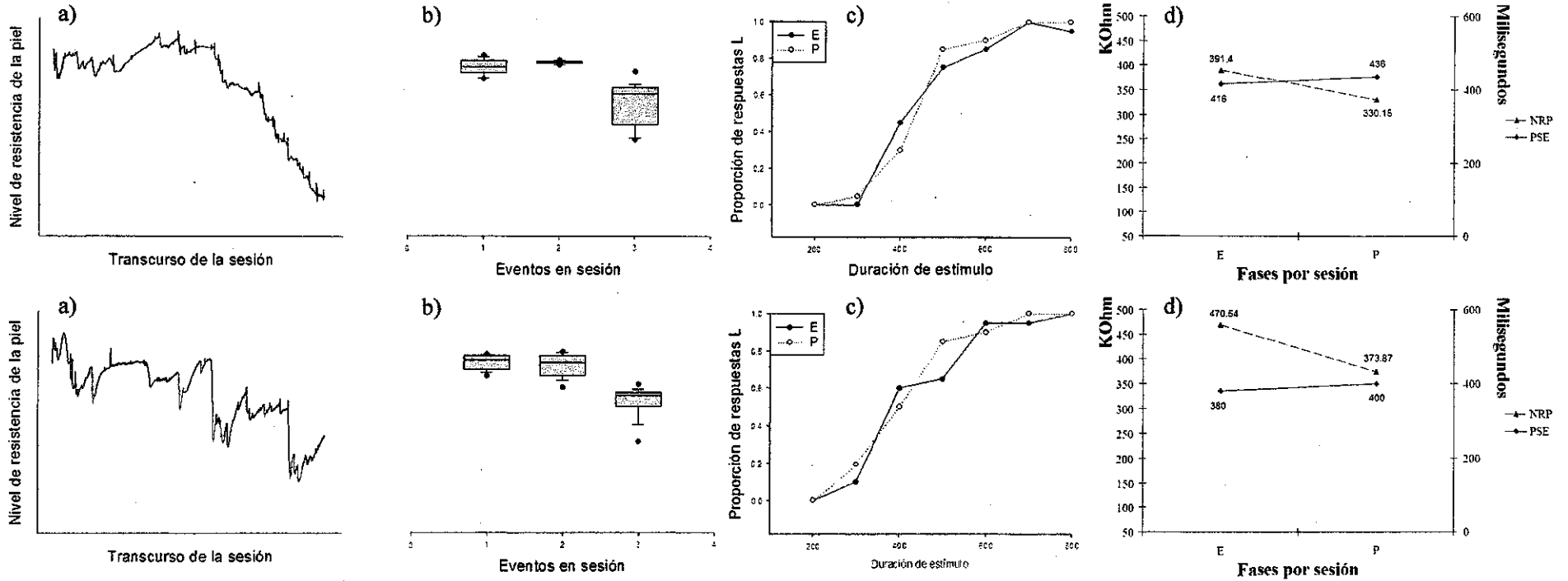


Figura 11.3. Panel superior e inferior: participante R.M., sesión 8 y 6 respectivamente, expuesto a las piezas de P. Tchaikovsky y G. Mahler, también respectivamente, durante manipulación experimental. Para el resto de la descripción ver leyenda de la Figura 11.1.

Nivel de activación general reducido

La Figura 12 muestra el patrón del nivel de resistencia de la piel y su análisis cuartilar por evento en la sesión experimental para el participante M.C., en tres sesiones diferentes. Durante cada una de ellas la manipulación experimental consistió respectivamente en la presentación de la figura geométrica al centro de la pantalla (i.e., condición silencio, panel superior), la pieza de I. Stravinsky (panel medio), y nuevamente la figura geométrica al centro de la pantalla (panel inferior). Los datos representados corresponden a sus sesiones 1, 7, y 4 respectivamente.

En los 2 primeros paneles se aprecia un incremento en el nivel de resistencia de la piel constante a lo largo de la sesión, acompañado de variabilidad momento a momento que no cambia la tendencia del patrón reportado. Este patrón indica que conforme la sesión transcurría, se reducía el nivel de activación general del participante. Por lo que respecta a la ejecución en la tarea, la función psicofísica generada durante la fase de prueba muestra un desplazamiento a la derecha respecto a la obtenida durante la fase de prueba. En ambos casos hubo un incremento en el valor del punto de igualdad subjetiva de la fase de entrenamiento a la fase de prueba, que se asoció a un incremento en el valor de la mediana obtenida para el nivel de resistencia de la piel. Debe notarse que el mayor incremento en el valor del punto de igualdad subjetiva se acompañó de un mayor incremento en el valor de la mediana del nivel de resistencia de la piel (ver panel superior).

En panel inferior de la misma figura se aprecia que el incremento en el nivel de resistencia de la piel sucede al inicio de la sesión experimental, durante la fase de entrenamiento. Durante la manipulación experimental el nivel de resistencia de la piel se mantiene y para la fase de prueba se reduce ligeramente, ubicándose cercano al límite entre el tercer y el cuarto cuartil de la distribución cuartilar obtenida para el nivel de resistencia

de la piel durante la fase de entrenamiento. En este caso y aun cuando existe un incremento en el valor del punto de igualdad subjetiva obtenido en la fase de prueba respecto a generado en la fase de entrenamiento de varias decenas de milisegundos, al comparar ambas funciones psicofísicas en su totalidad no es posible determinar con certeza la dirección de desplazamiento de una respecto a la otra.

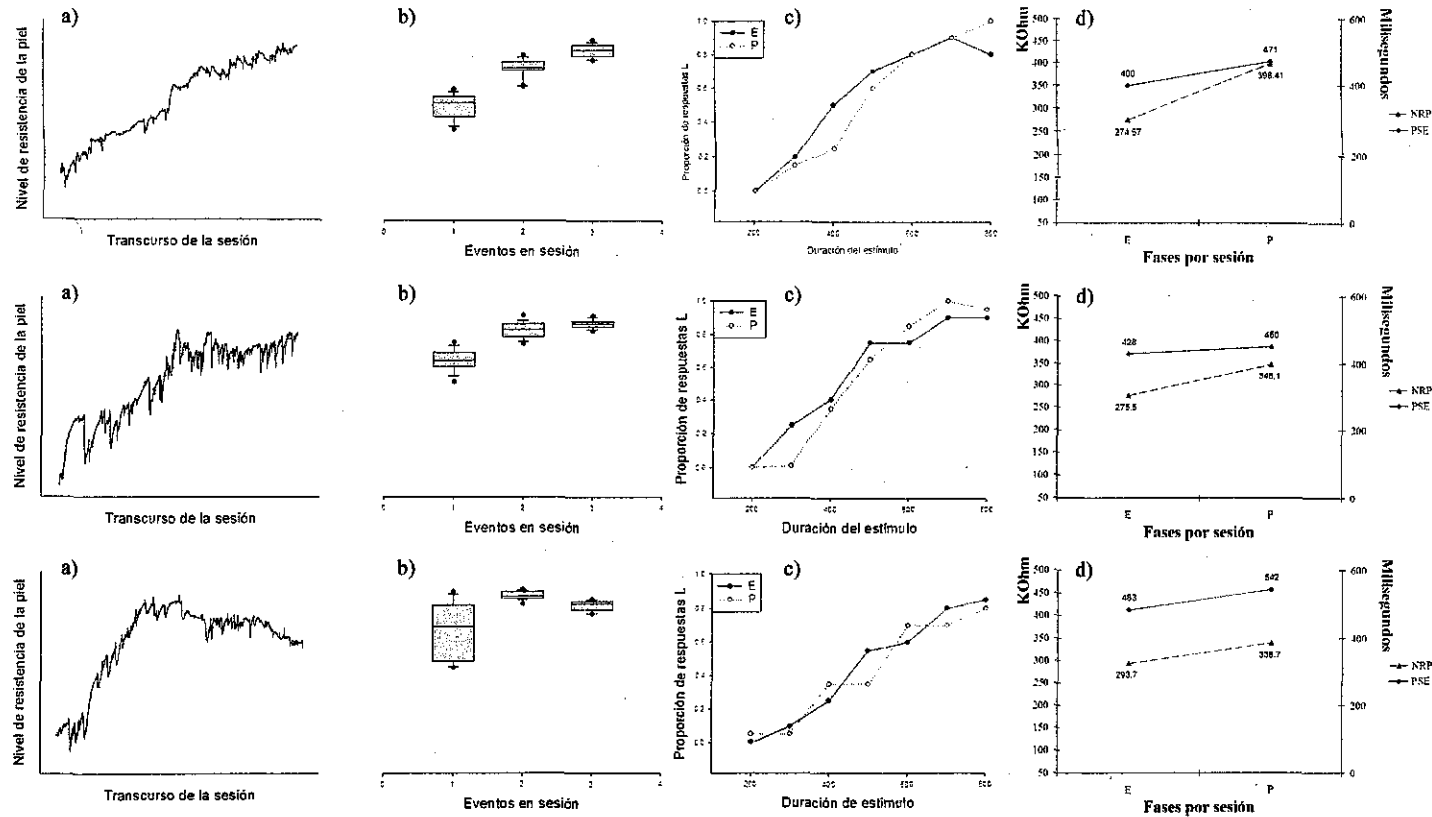


Figura 12. Panel superior, medio e inferior: participante M.C., sesión 1, 7 y 4 respectivamente, expuesto a la figura geométrica al centro de la pantalla (i.e., condición silencio), a la pieza de I. Stravinsky, y a la figura geométrica al centro de la pantalla, también respectivamente, durante manipulación experimental. Para el resto de la descripción ver leyenda de la Figura 11.1.

Nivel de activación general sostenido

La Figura 13 muestra los resultados obtenidos para el participante R.M., en dos sesiones que corresponden a la 9 (panel superior) y a la 7 (panel inferior) del total realizadas. En la primera de ellas el participante fue expuesto durante la manipulación experimental a la pieza de E. Satie mientras que en la segunda fue expuesto a la de I. Stravinsky. En ambos casos el patrón del nivel de resistencia de la piel muestra amplias variaciones momento a momento, las cuales van disminuyendo hacia el final de la sesión. Además, tras una inspección al análisis cuartilar del nivel de resistencia de la piel asociado a cada fase de la sesión se aprecia que la mediana en este parámetro no sufre variaciones importantes, manteniéndose relativamente constante. Esto indica que el nivel de activación general del participante se mantuvo durante toda la sesión.

En ambos casos el valor generado para el punto de igualdad subjetiva permanece constante de la fase de entrenamiento a la fase de prueba, y lo mismo ocurre para el valor de la mediana del nivel de resistencia de la piel mostrado en el panel superior; mientras que la obtenida para la fase de prueba en el panel inferior, es apenas ligeramente menor a la registrada para la fase de entrenamiento.

En cuanto a las funciones psicofísicas, la mostrada en el panel superior muestra una superposición casi total de la generada en fase de prueba respecto a la de fase de entrenamiento. Salvo dos duraciones de estímulo (i.e., 500 y 700 ms.), la tendencia de respuesta fue idéntica entre ambas fases. Algo similar ocurre con la función psicofísica mostrada en el panel inferior, exceptuando que la tendencia de respuestas cambia para 3 duraciones de estímulo (i.e., 400, 700, 800). Lo anterior estaría sugiriendo que este participante se comportó de modo casi idéntico durante ambas fases de la tarea experimental en ambas sesiones.

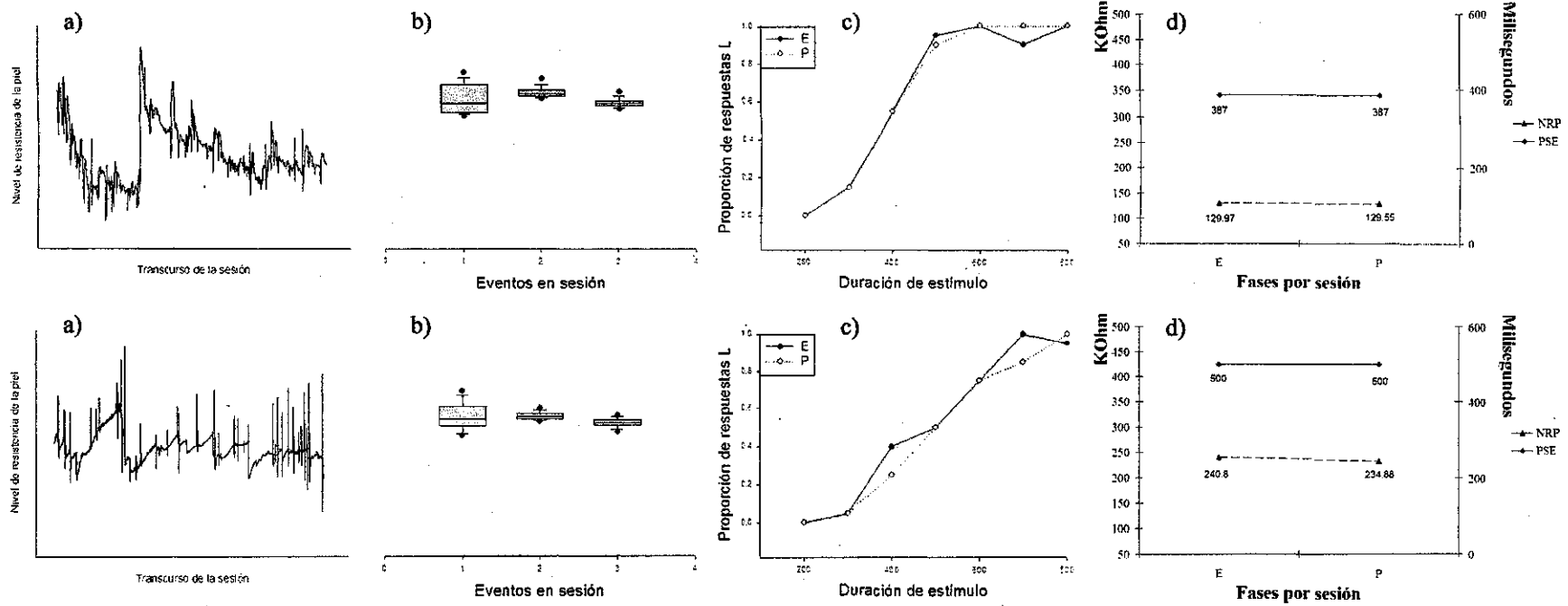


Figura 13. Panel superior e inferior: participante R.M., sesión 9, y 7 respectivamente, expuesto a las piezas de E. Satie e I. Stravinsky, también respectivamente, durante manipulación experimental. Para el resto de la descripción ver leyenda de la Figura 11.1.

Discusión

El objetivo de este estudio fue identificar el efecto del nivel de activación general en una discriminación temporal humana. Para ello fue empleado una variación del procedimiento de bisección temporal, al mismo tiempo que fue recolectado el nivel de resistencia de la piel de los participantes durante cada sesión experimental.

La teoría de expectativa escalar (SET) predice que, con incrementos en el nivel de activación general del organismo, debería ocurrir un desplazamiento a la izquierda sobre su eje de la función psicofísica y una reducción en el valor del punto de igualdad subjetiva (PSE) con respecto a una situación inversa. Con decrementos en el nivel de activación general del organismo la función psicofísica debería desplazarse a la derecha y aumentar el valor del PSE.

Los resultados obtenidos en este trabajo no fueron consistentes con las predicciones del modelo SET al menos en tanto que los desplazamientos de las funciones psicofísicas y los cambios en el valor del PSE no siguieron un orden sistemático con los cambios registrados en el nivel de resistencia de la piel (NRP), índice seleccionado como indicador del nivel de activación general en los participantes. Atendiendo a la hipótesis que –en términos técnicos de la SET– sugiere que la velocidad del marcapasos depende del nivel de activación general del organismo, los resultados obtenidos no aportan evidencia a favor de ésta. Esta asunción parece ser verdad al menos desde el diseño experimental empleado para este estudio.

Como se mencionó en el marco teórico de este estudio, a la fecha no hay estudios conocidos que sometan a verificación experimental la relación propuesta entre velocidad del marcapasos y el nivel de activación general, y que además empleen algún tipo de

registro fisiológico como índice de este último. Así, los resultados aquí obtenidos son difíciles de comparar en forma directa con otros estudios.

A pesar de lo anterior, el trabajo de Wearden, Pilkington y Carter (1999; Experimento 3) puede ofrecer un punto de partida para discutir y contrastar los resultados obtenidos. En su experimento, los autores expusieron a un grupo de estudiantes universitarios a una tarea de generalización temporal sin retroalimentación, y en momentos puntuales durante su realización les aplicaron una escala de activación general de autoreporte (i.e., adaptación de la escala de Thayer). La tarea experimental consistió en identificar de entre un grupo de estímulos de duraciones diferentes, un estímulo con duración predeterminada y a la que habían sido expuestos al inicio de la sesión. La ejecución en este tipo de tareas se recoge en un gradiente de generalización temporal cuyo máximo apunta al estímulo de duración predeterminada, esto siempre y cuando se ofrezca retroalimentación (e.g., Wearden, 1991a). Sin retroalimentación, los autores reportaron que conforme el nivel de activación general disminuía, el máximo del gradiente se desplazaba sistemáticamente a la derecha, apuntando a estímulos de duraciones mayores a la duración meta. Este resultado fue interpretado en términos de una tendencia a la reducción en la velocidad del marcapasos conforme el nivel de activación general tendía a disminuir. Ambos hechos ocurridos sobre el transcurso de la sesión experimental.

Para el estudio que aquí se presenta sólo los resultados mostrados en la Figura 12, panel superior y medio, son en forma análoga consistentes con los reportados por Wearden y colaboradores, en el sentido de que a medida que el nivel de activación general de este participante disminuía se presentó una tendencia a emitir un menor número de respuestas L, lo cual en términos de la SET se ha interpretado como efecto de la reducción de la velocidad del marcapasos. Pero, en contraste, al presentarse un ligero cambio en el patrón

del nivel de activación durante la fase de prueba en la tarea (ver Figura 12, panel inferior), la tendencia de respuesta ante un estímulo particular cambió en forma no sistemática. Esto último puede interpretarse de dos formas: (1) como cambios no sistemáticos en la velocidad del marcapasos durante la realización de la tarea experimental en una fase respecto a la otra, o (2) como cambios aleatorios en la tendencia de respuesta, no dirigidos por el nivel de activación general o por la velocidad de algún supuesto marcapasos (*cf.* Fetterman & Killen, 1991). Considerando que la velocidad del marcapasos puede aparentemente sostenerse sobre el tiempo sin fluctuaciones aleatorias (i.e., cambios repentinos y no ordenados de alta a baja velocidad) dependiendo del nivel de activación general (Wearden, Pilkington & Carter, 1999) la segunda interpretación antes descrita parece más plausible de ser correcta, al menos por no disponerse de evidencia en su contra.

Asumiendo la simetría en la relación propuesta entre el nivel de activación general y la velocidad del marcapasos, que sugiere que a un elevado nivel de activación general el marcapasos debería correr a alta velocidad, entonces los resultados mostrados en la Figura 11.1 son consistentes con dicha relación. Como el nivel de activación general fue en aumento en ambos participante, hubo una mayor tendencia a emitir respuestas L, lo cual desde el marco teórico de la SET se ha interpretado como efecto de la aceleración del marcapasos. Esto aún cuando en los datos mostrados en el panel inferior se aprecia un ligero cambio en el patrón del nivel de activación, tendiendo hacia su decremento, durante la fase de prueba. No obstante, los datos representados en la Figura 11.2 sugieren que un elevado nivel de activación no garantiza una tendencia a emitir respuestas L. De hecho, en esta figura se aprecia que un incremento en el nivel de activación realmente se asoció a una ligera tendencia a clasificar estímulos de duraciones intermedias como de corta duración. De la misma forma, incrementos en el nivel de activación general no se asociaron a un

cambio sistemático en la tendencia de respuesta, aun cuando sí a un ligero aumento del punto de igualdad subjetiva (ver Figura 11.3). Este último caso puede ser nuevamente interpretado como un cambio aleatorio en la tendencia de respuesta ante la tarea experimental de la fase de entrenamiento a la fase de prueba, mismo que afectó el valor del punto de igualdad subjetiva.

Llama la atención que, para un participante, cuando el nivel de resistencia de la piel, y por tanto el nivel de activación general, se mantuvo constante durante la sesión experimental el punto de igualdad subjetiva también mantuvo su valor de fase de entrenamiento a fase de prueba (ver Figura 13). Esto último parece ser debido a que el participante siguió la misma (o al menos muy parecida) estrategia de respuesta durante ambas fases en cada sesión. A favor de esta interpretación está el que las funciones psicofísicas generadas para ambas fases se enciman casi totalmente.

Con lo hasta aquí discutido no se encuentra evidencia de que el nivel de activación general de los participantes haya dirigido su ejecución en la bisección temporal realizada; por cual no hay evidencia favorable a la relación entre nivel de activación general y velocidad del marcapasos. No obstante, deben ser consideradas otras posibilidades a fin de generar más estudios potencialmente útiles para someter a verificación experimental la relación aquí investigada (aunque esto no debe restar validez —al menos por el momento— a los resultados reportados en este estudio).

Aquellos estudios con humanos que reportan desplazamientos en la función psicofísica y variaciones en el PSE en forma consistente con las predicciones de la SET en la relación aquí investigada, recurren a manipulaciones experimentales en las que los participantes son expuestos a cadenas de clics o destellos puntuales (entre 1 y 5 segundos; Penton-Voak, Edwards, Percival & Wearden, 1996) previos a la exposición de estímulos

meta específicos (e.g., Droit-Volet & Wearden, 2002; Ortega & López, enviado para su evaluación; Wearden, Philpott & Win, 1999). Dado que en ninguno de estos estudios se ha tomado un registro fisiológico como índice del nivel de activación general, no es posible determinar si hay o no cambios en éste, independientemente de lo que en el modelo se SET asuma. Considerando que la actividad electrodermal es un índice adecuado del nivel de activación general (Conde, Menéndez & López de la Llave, 2000), y que existen dos parámetros para detectar cambios puntuales en ésta (i.e., respuesta de resistencia y respuesta de conductancia, la última es el equivalente inverso de la primera), entonces es posible que estos eventos anticipatorios al estímulo meta desencadenen estas respuestas, y que además ese cambio puntual y efímero en el nivel de activación general ocasione un cambio transitorio en la velocidad del marcapasos. Si esto ocurre o no sólo investigaciones futuras podrán determinarlo; lo que con esto se pretende señalar es que posiblemente en este estudio el parámetro asociado a la actividad electrodermal que debió ser considerado fue la respuesta de resistencia (o conductancia) y atender a sus efectos sobre momentos puntuales de la ejecución en la tarea experimental. Al ser registrado el nivel de resistencia de la piel se omitieron las respuestas de resistencia y conductancia; y las funciones psicofísicas al ser construidas sobre la ejecución ante el total de instancias presentadas por sesión, pudieron ocultar algún efecto transitorio sobre un momento puntual en la ejecución en la tarea. Esta posibilidad apunta a una futura nueva investigación cuidando las variables ya señaladas, en un diseño experimental pertinente.

Finalmente, es digno de comentar que en la revisión de la literatura sobre la actividad electrodermal, se detectó que existe evidencia de que el nivel electrodérmico aumenta durante la realización de prácticamente cualquier tipo de prueba experimental (ver Carretié & Iglesias, 1995). Si esto es verdad y además el nivel electrodermal es un buen

índice del nivel de activación general, entonces y al menos en teoría, la velocidad del marcapasos debería estar en constante cambio siguiendo las fluctuaciones del nivel de activación general. Así, se estaría afectando momento a momento la realización de cualquier tarea de regulación temporal de la conducta. Una posible solución a este problema teórico es entonces sugerir que la velocidad del marcapasos es susceptible de recalibrarse, a fin de mantenerse relativamente constante al menos durante un periodo y así obtener ejecuciones en estado estable o línea base. Este último tema de la recalibración del marcapasos queda fuera del enfoque de este trabajo, y el lector interesado puede encontrar información al respecto en Penton-Voak, Edwards, Percival y Wearden (1996), y en Wearden, Pilkington y Carter (1999).

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que no existe evidencia favorable a la relación sugerida entre nivel de activación general y la velocidad de un marcapasos del tipo propuesto en la teoría de expectativa escalar. Lo anterior es verdad al menos al considerar la actividad electrodermal como índice del nivel de activación general, registrar el nivel de resistencia de la piel en los participantes y asociar el patrón obtenido a la ejecución en la tarea de bisección empleada. No obstante, existe la posibilidad de realizar otras variaciones de este estudio a fin de corroborar o rechazar los actuales resultados.

Referencias

- Allan, L. (1979). The perception of time. *Perception and Psychophysics*, 26, 340-354.
- Allan, L. (2002a). Are the referents remembered in temporal bisection? *Learning and Motivation*, 33, 10-31.
- Allan, L. (2002b). The localization and interpretation of bisection point. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55B, 43-60.
- Allan, L., & Gibbon, J. (1991). Human bisection at the geometric mean. *Learning and Motivation*, 22, 39-58.
- Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A., & Manfredini, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Perception & Psychophysics*, 59, 972-982.
- Bateson, M. (2003). Interval timing and optimal foraging. En: W. Meck (Ed.), *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. pp. 113-141. Washington, DC: CRC Press.
- Bizo, L.A., & White, K.G. (1994a). Pacemaker rate in the behavioral theory of timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 308-321.
- Bizo, L.A., & White, K.G. (1994b). The behavioral theory of timing: Reinforcer rate determines pacemaker rate. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 61, 19-33.
- Bizo, L.A., & White, K.G. (1995a). Biasing the pacemaker in the behavioral theory of timing. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 64, 225-235.
- Bizo, L.A., & White, K.G. (1995b). Reinforcement context and pacemaker rate in the behavioral theory of timing. *Animal Learning & Behavior*, 23, 376-382.
- Bizo, L.A., & White, K.G. (1997). Timing with controlled reinforcer density: Implications for models of timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23, 44-55.
- Buhusi, C.V. (2003). Dopaminergic Mechanisms of Interval Timing and Attention. En: W.H. (Ed.). *Functional and neural mechanism of interval timing*. pp. 317-338. Washington, DC: CRC Press
- Buhusi, C.V., & Meck, W.H. (2000). Timing for the absence of a stimulus: The gap paradigm reversed. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 26, 305-322.
- Buhusi, C.V., Perera, D., & Meck, W.H. (2005). Memory for Timing Visual and Auditory Signals in Albino and Pigmented Rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 31, 18-30.
- Cabeza de Vaca, S., Brown, B.L., & Hemmes, N.S. (1994). Internal clock and memory processes in animal timing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 184-198.
- Carretié, L., & Iglesias, J. (2000). *Psicofisiología. Fundamentos Metodológicos*. Madrid: Pirámide.
- Church, R. M., & Deluty, M. Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3, 216-228.
- Church, R.M., Meck, W.H., & Gibbon, J. (1994). Application of scalar timing theory to individual trials. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20, 135-155.
- Conde, P.M., Menéndez, B.F.J., & López de la Llave, A. (2000). Estabilización de la actividad electrodermal y ciertos parámetros respiratorios. *Psicothema*, 12, 426-434.

- Dess, N.K. & Chapman, C.D. (1998). Humans and animals? On saying what we mean. *Psychological Science*, *9*, 79-80.
- Droit-Volet, S. (2002). Scalar timing in temporal generalization in children with short and long stimulus durations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *55A*, 1193-1209.
- Droit-Volet, S., Clément, A., & Wearden, J.H. (2001). Temporal generalization in 3- to 8-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *80*, 271-288.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J.H. (2001). Temporal bisection in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *80*, 142-159.
- Droit-Volet, S. & Wearden, J.H. (2002). Speeding up an internal clock in children: Effects of visual flicker on subjective duration. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *55B*, 193-211.
- Ferrara, A., Lejeune, H., & Wearden, J. H. (1997). Changing sensitivity to duration in human scalar timing: An experiment, a review, and some possible explanations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *50B*, 217-237.
- Fetterman, J.G., & Killeen, P.R. (1991). Adjusting the pacemaker. *Learning and Motivation*, *22*, 226-252.
- François, M. (1927). Contributions à l'étude du sens du temps: La température interne comme facteur de variation de l'appréciation subjective des durées. *L'Année Psychologique*, *27*, 186-204.
- Gescheider, G.A. (1997). *Psychophysics: The Fundamentals*. Mahwah, N.J.: L.Erlbaum Associates.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectance theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, *84*, 279-325.
- Gibbon, J. (1986). The structure of subjective time: How time flies. En: G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, vol. 20, pp 105-135. New York: Academic Press.
- Gibbon, J. (1991). Origins of scalar timing. *Learning and Motivation*, *22*, 3-38.
- Gibbon, J., & Church, R. (1981). Time-left: Linear versus logarithmic subjective time. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *7*, 87-107.
- Gibbon, J., & Church, R.M. (1990). Representation of time. *Cognition*, *37*, 23-54.
- Gibbon, J., Church, R.M., Fairhurst, S., & Kacelnik, A. (1988). Scalar expectance theory and choice between delayed rewards. *Psychological Review*, *95*, 102-114.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. En: J. Gibbon, & L. G. Allan (Eds.). *Annals of the New York Academy of Sciences: Timing and time perception*. pp. 52-77. New York: New York Academy of Sciences.
- Goldstone, S., Lhamon, W.T., & Sechzer, J. (1978). Light-intensity and judged duration. *Bulletin of Psychonomic Society*, *12*, 83-84.
- Grace, R.C., & Nevin, J.A. (1999). Timing and choice in concurrent chains. *Behavioural Processes*, *45*, 115-127.
- Grace, R.C., Berg, M.E., & Kyonka, E.G.E. (2006). Choice and timing in concurrent chains: effects of initial-link duration. *Behavioural Processes*, *71*, 188-200.
- Gruart, A., Delgado, J.M., Escobar, C., & Roblero, R.A. (2002). Los relojes que gobiernan la vida. México: FCE.
- Guilhardi, P., MacInnis, M. L. M., Church, R. M., & Machado, A. (en prensa). Shifts in the psychophysical function in rats. *Behavioural Processes*.

- Hoagland, H. (1933). The physiological control of judgments of duration: Evidence for a chemical clock. *Journal of General Psychology*, 9, 267-287.
- Hoagland, H. (1935). Pacemakers in relation to aspects of behavior. New York: MacMillan.
- Iwanaga, M., & Moroki, Y. (1999). Subjective and Physiological Responses to Music Stimuli Controlled Over Activity and Preference. *J. Music Therapy*; 36: 26-38.
- Iwanaga, M., & Tsukamoto, M. (1997). Effects of excitative and sedative music on subjective and physiological relaxation. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 287-296.
- Iwanaga, M., Ikeda, M., & Iwaki, T. (1996) 'The Effects of Repetitive Exposure to Music on Subjective and Physiological Responses'. *Journal of Music Therapy*, 33, 219-230.
- Jones, L.A., & Wearden, J.H. (2003). More is not necessarily better: Examining the nature of temporal referent memory component in timing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56B, 321-343.
- Jones, L.A., & Wearden, J.H. (2004). Double standards: Memory loading in temporal referent memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57B, 55-77.
- Kacelnik, A., & Brunner, D. (2002). Timing and foraging: Gibbon's scalar expectance theory and optimal patch exploitation. *Learning and Motivation*, 33, 177-195.
- Killeen, P. (1991). Behavior's time. En: G.H Bower (ed.). *The psychology of learning and motivation*, vol. 27. pp. 294-334. New York: Academic Press.
- Killeen, P.R., & Fetterman, J.G. (1988). A behavioral theory of timing. *Psychological Review*, 95, 274-295.
- Killeen, P., Hall, S., & Bizo, L.A. (1999). A clock not wound runs down. *Behavioural Processes*, 45, 129-139.
- Knealing, T.W., & Schaal, D.W. (2002). Disruption of temporally organized behavior by morphine. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 77, 157-169.
- Kreamer, P.J., Brown, R.W., & Randall, C.K. (1995). Signal intensity and duration estimation in rats. *Behavioural Processes*, 34, 265-268.
- Lejeune, H. (1993). L'adaptation au temps chez l'animal. *Acta Comportamentalia*, 1, 83-131.
- Lejeune, H., & Wearden, J.H. (1991). The comparative psychology of fixed-interval responding: Some quantitative analyses. *Learning and Motivation*, 22, 84-111.
- Levinthal, C.F. (1979). The physiological approach in psychology. New Jersey: Prentice Hall.
- MacEwen, D., & Killen, P. (1991). The effects of rate and amount of reinforcement on the speed of the pacemaker in pigeons' timing behavior. *Animal Learning & Behavior*, 19, 164-170.
- Machado, A. (1997). Learning the temporal dynamic of behavior. *Psychological Review*, 104, 241-265.
- Machado, A., & Arantes, J. (2006). Further tests of the Scalar Expectancy Theory (SET) and the Learning-to-Time (LeT) model in a temporal bisection task. *Behavioural Processes*, 72, 195-206.
- Machado, A., & Guilhardi, P. (2000). Shifts in the psychometric function and their implications for models of timing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 74, 25-54.
- Machado, A., & Pata, P. (2005). Testing the scalar expectancy theory (SET) and the learning-to-time model (LeT) in a double bisection task. *Learning & Behavior*, 33, 111-122.

- Machado, A., Keen, R., 1999. Learning to time (LET) or scalar expectancy theory (SET)? A critical test of two models of timing. *Psychological Science*, 10, 285-290.
- Malapani, C., & Fairhurst, S. (2002). Scalar timing in animals and humans. *Learning and Motivation*, 33, 156-176.
- Mahler, G. (1994). Andante (interpretada por la Wiener Philharmoniker y conducida por Pierre Boulez) en *Mahler - Symphonie No. 6* (CD). Alemania: Deutsche Grammophon.
- Maricq, A.V., & Church, R.M. (1983). The differential effects of haloperidol and methamphetamine on time estimation in the rat. *Psychopharmacology*, 79, 10-15
- Maricq, A.V., Roberts, S., & Church, R.M. (1981). Methamphetamine and time estimation. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 18-30.
- Matell, M.S., & Meck, W.H. (1999). Reinforcement-induced within-trial resetting of an internal clock. *Behavioural Processes*, 45, 159-171.
- Matell, M.S., Meck, W.H., & King, G.R. (2004). Differential modulation of clock speed by the administration of intermittent versus continuous cocaine. *Behavioral Neuroscience*, 118, 150-156.
- McClure, E.A., Saulsgiver, K.A., & Wynne, C.D.L. (2005). Effects of D-amphetamine on temporal discrimination in pigeons. *Behavioural Pharmacology*, 16, 193-208.
- McCormack, T., Brown, G.D.A., Smith, M.C., & Brock, J. (2004). A timing-specific memory distortion effect in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 33-56.
- McCormack, T., Brown, G.D.A., Taylor, E.A., Darby, R.J., & Green, G. (1999). Developmental Changes in time estimation: Comparing childhood and old age. *Development Psychology*, 35, 1143-1155.
- McGuigan, F.J. (1996). *Psicología experimental. Métodos de investigación* (6th Ed.). México: Prentice Hall.
- 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., & Church, R.M. (1984). Simultaneous temporal processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 1-29.
- Meck, W. H., Church, R. M. & Gibbon, J. (1985). Temporal integration in duration and number discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 11, 591-597.
- Meck, W. H., Church, R. M. & Olton, D. S. (1984). Hippocampus, time and memory. *Behavioral Neuroscience*, 98, 3-22.
- Meck, W.H., Komelin-Zadeh, F.N., & Church, R.M. (1984). Two-step acquisition: Modification of an internal clock's criterion. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 297-306.
- Miki, A., & Santi, A. (2001). Pigeons' timing of an arbitrary and a naturalistic auditory stimulus: Tone versus cooing. *Behavioural Processes*, 53, 103-111.
- Morgan, L., Killeen, P., & Fetterman, J.G. (1993). Changing rates of reinforcement perturbs the flow of time. *Behavioural Processes*, 30, 259-272.
- Morrissey, G., Wogar, M. A., Bradshaw, C. M. & Szabadi, E. (1993). Effect of lesions of the ascending 5-hydroxytryptaminergic pathways on timing behaviour investigated with an interval bisection task. *Psychopharmacology*, 112, 80-85.

- Odum, A.L., Lieving, L.M., & Schaal, D.W. (2002). Effects of d-amphetamine in a temporal discrimination procedure: selective changes in timing or rate dependency? *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 78, 195-214.
- Ortega, L. & López, F. (enviado para su evaluación). Effects of visual flicker on subjective time in a temporal bisection task.
- Penney, T.B., Gibbon, J., & Meck, W.H. (2000). Differential effects of auditory and visual signals on clock speed and temporal memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1770-1787.
- Penton-Voak, I.S., Edwards, H., Percival, A., & Wearden, J.H. (1996). Speeding up an internal clock in humans? Effects of clic trains on subjective duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 22, 307-320.
- Richelle, M., & Lejeune, H. (1998). El análisis de las conductas temporales. En: R. Ardila, W.L. López, A.M. Pérez, R. Quiñones, & F. Reyes (Eds.). *Manual de análisis experimental del comportamiento*. pp. 473-498. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Rickard, N.S. (2004). Intense emotional responses to music: A test of the physiological arousal hypothesis *Psychology of Music*, 32, 371-388.
- Roberts, S. (1981). Isolation of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7, 242-268.
- Roberts, S., & Church, R.M. (1978). Control of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 4, 318-337.
- Roberts, S., & Holder, M.D. (1984). What starts an internal clock? *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10, 273-296.
- Roberts, W.A., Cheng, K., & Cohen, J.S. (1989). Timing light and tone signal in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 15, 23-35.
- Satie, E. (1995). Gymnopédie No. 1. (grabado por Ronan O'Hora, 1995) en *Satie Gymnopédies Embryons Desséchés Nocturnes Gnossiennes* (CD) Inglaterra: Sum Records.
- Stadon, J.E.E., & Innis, N.K. (1969). Reinforcement omission on Fixed-Interval schedules. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 12, 689-700.
- Stravinsky, I. (1995). *Sacrificial Dance (The Chose One)*. (conducida por Yuri Simonov, 1995) en *Stravinsky The Rite of Spring "The Firebird" Ballet Suite* (CD) Inglaterra: Sum Records.
- Stubbs, D.A. (1968). The discrimination of stimulus duration by pigeons. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 11, 223-238.
- Tchaikovsky, P.I. (2003). Finale. Allegro con fuoco (interpretada por Berliner Philharmoniker y conducida por Herbert von Karajan) en *Karajan - Tchaikovsky. Symphonies Nos. 4, 5 & 6* (CD). Alemania: Deutsche Grammophon.
- Treisman, M., Cook, W., Naish, P.L.W., & MacCrone, J.K. (1994). The internal clock: Electroencephalography evidence for oscillatory processes underlying time perception. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A, 241-289.
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705-748.
- Wearden, J.H. (1991a). Do humans possess an 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. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43B, 59-81.

- Wearden, J.H. (1999). "Beyond the fields we know...": exploring and developing scalar timing theory. *Behavioural Processes*, 45, 3-21.
- Wearden, J.H. (2004). Decision processes in models of timing. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 303-317.
- Wearden, J.H. (2005a). Origines et développement des théories d'horloge interne du temps psychologique. *Psychologie Française*, 50, 7-25.
- Wearden, J.H. (2005b). The wrong tree: Time perception and time experience in the elderly. En: J. Duncan, L. Phillips & P. McLeod (Eds.). *Measuring the mind: Speed, age, and control*. pp. 137-158. Oxford: University Press.
- Wearden, J.H., Bajik, K., & Brocki, J. (2003). Temporal bisection in humans: Response strategies, biases, and the location of the bisection point. Manuscript, Universidad de Manchester.
- Wearden, J.H., & Culpin, V. (1998). Exploring scalar timing theory with human subjects. In: *Time and the dynamic control of behavior*. En: V. DeKeyser, G. d'Ydewalle & A. Vandierendonck (Eds.). pp. 33-49. Seattle: Hogrefe and Huber.
- Wearden, J.H. & Ferrara, A. (1995). Stimulus spacing effects in temporal bisection by humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48B, 289-310.
- Wearden, J.H., & Ferrara, A. (1996). Stimulus range effects in temporal bisection by humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49B, 24-44.
- Wearden, J.H., & Grindrod, R. (2003). Manipulating decision processes in the human scalar timing system. *Behavioural Processes* 61, 47-56.
- Wearden, J.H., Parry, A., & Stamp, L. (2002). Is subjective shortening in human memory unique to time representations? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55B, 1-25.
- Wearden, J.H., & Penton-Voak, I.S. (1995). Feeling the heat: Body temperature and the rate of subjective time, revisited. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48B, 129-141.
- Wearden, J.H., Philpott, K., & Win, T. (1999). Speeding up and (...relatively...) slowing down an internal clock in humans. *Behavioural Processes*, 46, 63-73.
- Wearden, J.H., Pilkington, R., & Carter, E. (1999). 'Subjective lengthening' during repeated testing of a simple temporal discrimination. *Behavioural Processes*, 46, 25-38.
- Wearden, J.H., Rogers, P., & Thomas, R. (1997). Temporal bisection in humans with longer stimulus durations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50B, 79-94.
- Wearden, J.H., Wearden, A.J., & Rabbitt, P.M.A. (1997). Age and IQ effects on stimulus and response timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 962-979.
- Wilkie, D. (1987). Stimulus intensity affects pigeon's timing behavior: Implications for an internal clock model. *Animal Learning & Behavior*, 15, 35-39.
- Yarrow, K., Haggard, P., & Rothwell, J.C. (2004). Action, arousal, and subjective time. *Consciousness and Cognition*, 13, 373-390.

APÉNDICE

Se describen y resumen los parámetros empleados en el modelo de la teoría de expectativa escalar; su orden en la tabla sigue al orden en que fueron apareciendo en el texto (a excepción del parámetro t). Estos parámetros deben ser atendidos en las páginas 4-13.

Sistema	Parámetro	Descripción	Comportamiento
Reloj	x	Intervalo entre pulsos promedio	Distribución bajo la forma de una función exponencial.
	λ	Tasa promedio de pulsos emitidos por el marcapasos en un intervalo dado	Distribución bajo la forma de una función de Poisson.
	e	Base de logaritmos naturales	Valor aproximado es 2.71828
	$E(x)$	Función exponencial de x	
	t_1	Latencia de cierre del switch	
	t_2	Latencia de apertura del switch	
	τ	Duración efectiva estimada del intervalo	
	t_0	$t_1 - t_2$	Puede adoptar valores positivos o negativos.
	T_0	Valor esperado de t_0	Puede adoptar valores positivos o negativos.
	T	Representa el transcurso del tiempo real.	
	N	Número esperado de pulsos almacenados en el acumulador desde el cierre hasta la apertura del switch.	Número entero.
	t	Duración de un intervalo arbitrario.	Se halla en cualquier rango de tiempo real (e.g., milisegundos, segundos, minutos, horas).
Memoria			
de trabajo	n	Número de pulsos almacenados en el acumulador desde el cierre hasta la apertura del switch y actualizado en la memoria de trabajo.	Número entero.
	N	Número esperado de pulsos almacenados en el acumulador desde el cierre hasta la apertura del switch y actualizado en la memoria de	Número entero.

		trabajo.	
de referencia	n^*	Valores temporales importantes en las contingencias presentes.	El valor de los pulsos acumulados al momento de un evento importante, tras ser transformado por el parámetro K^* (ver más adelante).
	N^*	Valor esperado para n^* .	
	K^*	Constante por la cual se multiplica el valor de los pulsos registrados en el acumulador al momento de ser transferido a la memoria de referencia.	Posee una media igual a 1.0
	c	Coefficiente de variación asociado al parámetro K^* .	Permite al parámetro n^* adquirir valores que se distribuyen de acuerdo a una curva gaussiana.
	T^*	Define cuál es un valor temporal importante a recordar.	Puede ser el momento de entrega de un reforzador tras la manipulación de un operando; se le asocia un número esperado de pulsos registrados para ese momento.
Comparador			
	b	Valor de umbral	
	B	Valor esperado del umbral	
	x	Desviación estándar asociada al valor de b	