



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

**“ESTIMACION TEMPORAL Y EL MODELO ESCALAR:
ACELERACION DEL RELOJ INTERNO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN PSICOLOGIA

P R E S E N T A :
LAURA ORTEGA TORRES

DIRECTOR DE TESIS: DR. FLORENTE LOPEZ RODRIGUEZ

REVISOR: MTRA. MARINA MENEZ DIAZ

SINODALES: DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO

DR. GERMAN PALAFOX PALAFOX

MTR. OSCAR ZAMORA AREVALO





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

**A MIS PADRES, SIN CUYO ESFUERZO,
ENSEÑANZA Y EJEMPLO NADA
HUBIERA SIDO POSIBLE.**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Laura Ortega Torres

FECHA: 24 Junio 2004

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

A MI MAMA: por enseñarme la disciplina necesaria para llevar orden dentro del caos de la vida diaria.

A MI PAPA: por tantos años de esfuerzo y trabajo, que me han servido no sólo para salir adelante estos años, sino también me han enseñado todo lo que una persona es capaz de hacer.

A MI HERMANO: por ser un apoyo único en mi vida.

A EMMANUEL: por ser un compañero insustituible en mi vida, con el que sigo aprendiendo tantas cosas de tantos temas que nunca podré olvidar.

AI DR. FLORENTE LOPEZ RODRIGUEZ: por permitirme integrarme a su laboratorio y proporcionarme los medios necesarios y sus conocimientos para la realización de esta tesis.

A LA MTRA. MARINA MENEZ DIAZ: por invitarme a participar en el proyecto e iniciarme en el tema de la estimación temporal.

AI DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO: por sus comentarios y por permitirme la entrada a sus clases de doctorado antes de tiempo.

AI DR. GERMAN PALAFOX PALAFOX: por su tiempo dedicado, no sólo a esta tesis, sino a todo al que ha invertido en enseñarme diversos temas de Psicología desde los primeros semestres.

AI MTRO. OSCAR ZAMORA AREVALO: por sus comentarios y correcciones que ayudaron a la realización del esta tesis.

A JIVAZ, ERIKA, JORGE, HECTORÍN Y VÍC: que aunque no los vea seguido, son unos verdaderos amigos.

RESUMEN

La Teoría de Expectancia Escalar propone que la estimación temporal se basa en un reloj interno formado por un interruptor, un generador de pulsos y un acumulador de los mismos. Existe evidencia que muestra que al presentar una secuencia rápida de estímulos auditivos o visuales la estimación temporal se altera. En investigaciones tradicionales en humanos, la secuencia se ha presentado antes del estímulo que se estimará, pero nunca dentro del mismo estímulo, es decir, no se ha estudiado la estimación de la duración de un estímulo que parpadee. El procedimiento más utilizado con humanos ha sido el de generalización con estímulos auditivos; cuando se llega a aplicar la tarea de bisección, la manipulación del parpadeo se realiza únicamente en la etapa de prueba. El presente trabajo reporta un experimento con una tarea de bisección en donde se presentan estímulos visuales intermitentes o que parpadean. El parpadeo se manipuló en las dos etapas de la tarea de bisección para observar los distintos efectos que se obtienen cuando se provoca que se acelere la tasa de emisión de pulsos en el entrenamiento y cuando se acelera la misma tasa en la etapa de prueba. Por último se obtuvieron diferentes medidas como la sobreposición, el umbral diferencial y la fracción de Weber como apoyo a la Teoría de Expectancia Escalar. Los resultados mostraron desplazamientos concordantes con la hipótesis de la aceleración de la tasa del reloj interno en ambas etapas de la tarea. Además se discute el papel de factores como la modalidad visual y la magnitud de la duración en la localización del punto de bisección en condiciones sin parpadeo.

Trabajo financiado por el proyecto CONACYT 37802-H "Control Temporal de la conducta: preentrenamiento y Marcador Temporal", a cargo del Dr. Florente López Rodríguez.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Teoría de Expectancia Escalar.....	5
1.1.1 Modelo de Procesamiento de Información Temporal.....	5
1.1.2 Propiedad Escalar.....	7
1.2 Procedimiento de Bisección.....	8
1.2.1 Análisis de Resultados.....	10
1.2.1.1 Función Psicofísica.....	10
1.2.1.2 Umbral Diferencial y Fracción de Weber.....	10
1.2.1.3 Punto de Bisección.....	11
1.3 Aceleración del Reloj Interno.....	16
1.3.1 Manipulaciones Fisiológicas.....	17
1.3.2 Manipulaciones en Estímulos.....	19
2. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
3. MÉTODO.....	27
3.1 Sujetos.....	27
3.2 Materiales.....	27
3.3 Procedimiento.....	27
4. RESULTADOS.....	30
5. DISCUSIÓN.....	36
6. CONCLUSIONES.....	42
7. REFERENCIAS.....	43

INTRODUCCIÓN

Todo acontecimiento ocurre dentro de 2 dimensiones básicas: tiempo y espacio. Ambas comenzaron a ser analizadas desde los primeros estudios de la humanidad. El espacio pudo ser medido físicamente con una escala, mientras que para el tiempo esto no fue posible debido a que no tiene un principio o un fin definido. En las primeras civilizaciones humanas se utilizaron señales externas que permitían hacer notar el transcurso del tiempo y conforme avanzó la tecnología humana se crearon artefactos que registraban el paso del tiempo; ya que para cualquier cultura es imprescindible ubicarse en el tiempo para organizarse. A pesar de que la noción de Tiempo es invención humana, para los animales también es imprescindible llevar un registro temporal. Todo animal debe percibir los ciclos de su hábitat, para realizar actividades que le permitan sobrevivir. Así, siendo el tiempo un fenómeno necesario para la vida, el hombre comenzó a filosofar sobre su naturaleza y después a estudiarlo científicamente a través de la percepción del tiempo. Sin embargo, fue hasta hace aproximadamente en los últimos cuarenta años cuando hubo un gran desarrollo, tanto en técnicas como en teorías, en el estudio psicológico del Tiempo.

La estimación temporal trata sobre el estudio de la percepción del paso del tiempo. Sin embargo, es difícil considerar al tiempo como un estímulo físico, por lo que no es posible mencionar la existencia de un sistema sensorial específico para el mismo. Por lo tanto, según Grondin (2001b), otras opciones para que se lleve a cabo la percepción del tiempo son:

- a) que el transcurso del tiempo sea resultado del registro de alguna actividad intrínseca, como aquella del sistema nervioso.
- b) que el tiempo se manifieste dentro de la sucesión de eventos externos, por lo que más que un estímulo sería una consecuencia de la percepción de uno.

Estas dos visiones del registro del tiempo reflejan los enfoques de dos teorías modernas sobre la estimación temporal: La Teoría de Expectancia Escalar de Gibbon (1991) y la Teoría Conductual Temporal. En la primera, se asume que la percepción temporal se lleva a cabo por un mecanismo interno, mientras que en la segunda teoría se supone que la percepción del paso del tiempo es consecuencia de la sucesión de eventos, como las secuencias de la propia conducta. (Killen, Fetterman & Bizo, 1997).

Ambas teorías se crearon a partir de estudios realizados en sujetos animales (ratas y palomas). Posteriormente, se aplicaron los mismos procedimientos a sujetos humanos y se observó que la Teoría de Expectancia Escalar (TEE) también podía explicar, aunque no completamente, la estimación temporal humana. Debido a las diferencias obtenidas con sujetos humanos, se realizaron adaptaciones a algunos componentes de esta teoría.

De manera general, la teoría de Gibbon explica la estimación temporal, tanto de animales como de humanos, por medio de un mecanismo que se forma de tres componentes: un reloj, una memoria y un comparador. El reloj es el encargado de registrar el paso del tiempo a partir de la presencia de una señal, la memoria almacena duraciones significativas y el comparador se encarga de comparar el tiempo actual del reloj con el tiempo almacenado en memoria. Además Gibbon hizo explícito en la TEE cuatro regularidades que se cumplían en diversos estudios de estimación temporal con animales (Church, 2002). Dichas regularidades son:

- a) Estimación proporcional.- La media de la estimación de una duración incrementa linealmente con el valor de la duración a estimar.
- b) Desviación Estándar Escalar.- Al igual que la media, la desviación estándar de la duración incrementa linealmente con la duración a estimar.
- c) Coeficiente de variación constante.- El valor del coeficiente de variación (el valor de la desviación estándar dividido entre la media) es una constante, sin importar los valores absolutos de las duraciones que se estimaron.
- d) Sobreposición.- Al graficar las distribuciones de las estimaciones de diferentes duraciones en una escala relativa, éstas serán iguales, por lo que se encimarán una sobre la otra.

Para investigar los supuestos de la TEE se realizaron diversas líneas de investigación, una de las cuales estudia la sobreestimación temporal. Este fenómeno es descrito por la frase “el tiempo vuela” y en él se percibe que el tiempo transcurre de manera más rápida a lo normal. Asimismo, existe la subestimación temporal, en la que se percibe que el tiempo pasa con lentitud. Ambos fenómenos indican que el tiempo subjetivo (el que uno percibe) no siempre es igual al tiempo objetivo (el tiempo real). A veces el tiempo subjetivo puede ser mayor al objetivo y se percibe que ha transcurrido mayor tiempo o se sobreestima el tiempo, mientras que en otras ocasiones el tiempo subjetivo es menor y se percibe menos tiempo del que ha transcurrido o se subestima el

tiempo. La sobreestimación temporal ha sido estudiada tanto en animales como en humanos y se ha explicado como una aceleración de la tasa del reloj interno propuesto por la TEE, lo cual básicamente indica que cuando el tiempo subjetivo supera al tiempo objetivo cuando debieran ser iguales, el reloj interno se aceleró.

En animales, este fenómeno se ha estudiado principalmente mediante la aplicación de fármacos que alteran el funcionamiento del reloj, mientras que en humanos las manipulaciones experimentales han consistido en la presentación de una serie de “clicks” auditivos o estímulos visuales intermitentes (parpadeos) justo antes de la presentación del estímulo cuya duración se estimará. Ambas manipulaciones resultan en una percepción temporal alterada, ya que los sujetos estiman que ha transcurrido más tiempo del que en realidad pasó.

El presente trabajo investiga el fenómeno de la aceleración de emisión de pulsos del reloj interno, aplicando un procedimiento temporal experimental de bisección en humanos. La manipulación experimental se realizó sobre los estímulos que marcan el inicio y el término de los intervalos a estimar, es decir, que los parpadeos formaron parte de los estímulos visuales cuya duración se tenía que estimar, con el fin de investigar si es posible acelerar el reloj interno al momento que éste registra el paso del tiempo. Se presentó parpadeo tanto en la fase de entrenamiento de la tarea como en la fase de prueba, para evaluar tanto la sobreestimación como la subestimación de las duraciones presentadas, lo cual no necesariamente indica una disminución en la tasa del reloj. El punto de bisección se obtuvo utilizando dos procedimientos diferentes, un método psicofísico desarrollado para la tarea original y mediante la aplicación de una función logística desarrollada en investigaciones posteriores. Para obtener un rango viable de valores temporales, se obtuvo el intervalo de confianza correspondiente. Además se obtuvieron medidas usuales de la TEE, como la sobreposición, la fracción de Weber y el umbral diferencial.

En el primer capítulo del trabajo se desarrolla la Teoría de Expectancia Escalar, explicando sus componentes, su interacción y las propiedades necesarias que se deben mantener. En el segundo se describe la tarea de bisección, su procedimiento original para sujetos animales, las modificaciones para poder aplicarse en humanos, así como la aplicación de las propiedades de la TEE en dicha tarea. Se describe el problema de la

localización del punto de bisección y las modificaciones que se han hecho a algunas etapas del modelo original de Gibbon para explicar el hecho de que se localice a este punto tanto en la media geométrica como en la aritmética. Por último se describe la investigación que se ha realizado para estudiar la aceleración del reloj interno, primero los estudios fisiológicos en animales y después la manipulación de las características físicas de los estímulos presentados a humanos en diversas tareas. En los capítulos restantes se describen el planteamiento y la justificación del problema, el método empleado para abordarlo, se presentan los resultados obtenidos y por último, la discusión de los mismos y la conclusión del trabajo.

TEORÍA DE EXPECTANCIA ESCALAR

Modelo de Procesamiento de Información Temporal

Una de las teorías que explica la estimación temporal y que ha recibido mayor apoyo es la Teoría de Expectancia Escalar (TEE), (Gibbon & Church, 1984; Gibbon, 1991; Church, 1997). En ella se explica a la estimación temporal por medio de un mecanismo específico que consiste de tres etapas: una de reloj, una segunda etapa de memoria y una tercera de decisión (Figura 1).

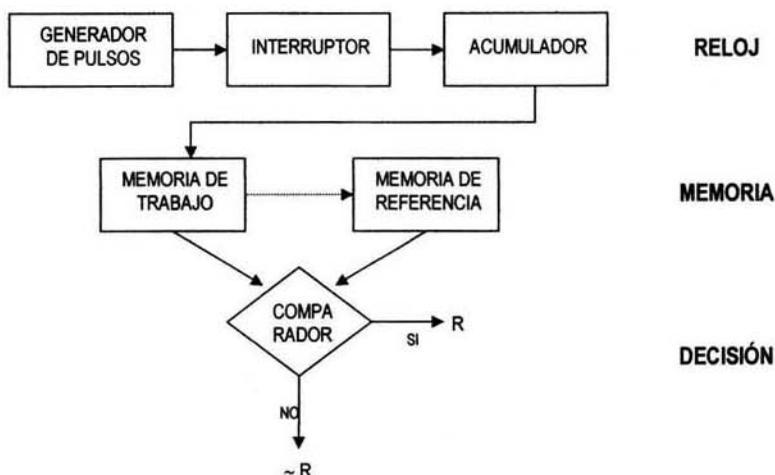


Figura 1. Diagrama de los componentes de la TEE

Según esta teoría, la estimación temporal procede de la siguiente manera: Una señal o marcador temporal echa a andar el reloj, cerrando un interruptor que permite el paso de pulsos de un generador a un acumulador; cuando la señal cesa, el interruptor se abre y el flujo de pulsos deja de pasar. Debido a que no es un reloj periódico, es posible que una señal lo inicie y lo detenga, y que posteriormente, cuando está detenido, la presencia de otra señal lo reinicie (Allan, 1998). El interruptor no se abre o cierra inmediatamente, sino que hay un periodo de latencia para ambos movimientos, pero una vez abierto, el contenido del acumulador crece como una función lineal del tiempo real. En cuanto a la tasa de generador de pulsos, no se ha encontrado nada concluyente, aunque se propone una tasa de tipo Poisson, es decir, la emisión de pulsos es aleatoria pero con una tasa promedio constante. En general, el reloj es responsable de registrar el tiempo objetivo o real y así generar una estimación temporal subjetiva.

En la segunda etapa, de memoria, los pulsos dentro del acumulador pasan a una memoria de trabajo, cuyo contenido posteriormente se comparará con un valor almacenado en una memoria de referencia, que es aquella donde se almacenan los valores de pulsos de estimaciones temporales pasadas. Los valores de la memoria de referencia se forman en una etapa previa de entrenamiento, donde el número de pulsos del acumulador se multiplica por una constante y el resultado de dicha multiplicación es el que se almacena. La memoria de referencia no se forma por un sólo valor que representa a cada duración particular, sino que está integrada por una distribución de valores, por lo que al comienzo de cada ensayo se toma al azar un valor que representará dicha distribución.

En la etapa de decisión se compara el valor en memoria de trabajo con el valor en memoria de referencia para emitir o no una respuesta. Se han propuesto dos reglas para la emisión de una respuesta, las cuales se aplican dependiendo de las características de la tarea a realizar. Ambas reglas operan con base en comparaciones relativas.

La primera regla de decisión se denomina de Proximidad Relativa en la que se obtiene una razón de la diferencia del valor en memoria de trabajo y el valor obtenido de la memoria de referencia, entre el valor de ésta última memoria. Cuando esta diferencia relativa disminuye por debajo de un umbral β , entonces se comienza a emitir la respuesta. Esta regla se aplica cuando se estima una sola duración. Por otro lado, la Regla de Similitud se aplica cuando se estiman dos duraciones y en este caso se obtiene la razón de la similitud del valor en memoria de trabajo con la duración menor almacenada en memoria de referencia, sobre la similitud del mismo valor con la duración mayor y se emite la respuesta cuando la similitud excede un umbral.

En general, para la TEE, el tiempo transcurrido desde el marcador temporal se refleja en el número de pulsos almacenados y con base en este número y a un valor almacenado previamente en memoria, se decide si se emite o no una respuesta.

A lo largo de años de investigación en estimación temporal se ha observado que ésta no es exacta, sino que acarrea cierta variabilidad, por lo que la TEE propone varias

fuentes de variabilidad dentro de los componentes de su modelo. Existe variabilidad tanto en la tasa del generador de pulsos, en la constante que traduce el valor almacenado en el acumulador a la memoria de referencia, así como en el umbral de decisión, aunque parece que la variabilidad en memoria y en el umbral son indispensables para mantener la propiedad escalar (Gibbon & Church, 1990). Al ser todas las variabilidades mencionadas de tipo escalar, las predicciones de la TEE se mantienen y son consistentes con los resultados obtenidos en diferentes investigaciones temporales.

Propiedad Escalar

Una propiedad básica dentro de la estimación temporal es la propiedad escalar. Ésta se manifiesta cuando se superponen en una escala normalizada los datos transformados de respuestas a diferentes rangos de duraciones. Por ejemplo, si se grafican los resultados de varios programas de intervalo fijo (IF) de diferentes valores en una escala normalizada con respecto al tiempo, se observará que las funciones de respuesta correspondientes a los diferentes valores de IF se encimarán. Esta característica no sólo se encuentra en el procedimiento de IF, sino que también se ha observado en otros métodos de estudio de estimación temporal, como la tarea de bisección o el procedimiento de pico. La propiedad escalar resulta del hecho que la variabilidad es proporcional a la media; es decir, la sensibilidad temporal es constante: para percibir un cambio se necesita la misma proporción de tiempo, no la misma duración absoluta. En consecuencia, las reglas de decisión en el modelo son relativas al tiempo y no utilizan valores absolutos. En otras palabras, esta relatividad permite percibir apropiadamente que ha transcurrido, por ejemplo, el 50% de una duración, independientemente del valor absoluto de la misma.

La propiedad escalar asume que la media del tiempo subjetivo o estimado es lineal con el tiempo real, y requiere que la desviación estándar del tiempo subjetivo varíe en una fracción constante de la media del juicio de estimación. Este coeficiente de variación constante (desviación estándar sobre la media de la duración) indica que la desviación estándar incrementa proporcionalmente con la media de la distribución y va acorde con la ley de Weber. Por lo tanto, la teoría de expectancia escalar requiere que la fracción de Weber permanezca constante, a pesar de que las duraciones a estimar varíen.

PROCEDIMIENTO DE BISECCIÓN

En años recientes se ha desarrollado no sólo nuevas teorías sobre la estimación temporal, sino también nuevas técnicas de estudio para el estudio de este proceso. Existe una división de los procedimientos en estimación temporal, en base al momento en que se emite la respuesta: tareas inmediatas, prospectivas y retrospectivas (Killen & Fetterman, 1988; Killen et al, 1997). En los procedimientos inmediatos se requiere que el sujeto emita la respuesta mientras transcurre el intervalo de tiempo (e.g., programas de Intervalo Fijo o el procedimiento de pico); en las tareas de tipo prospectivo se espera la estimación de una duración que va a comenzar (e.g., programas de auto control); por último, en las tareas retrospectivas se pide la estimación de un intervalo que se presentó anteriormente (e.g., el procedimiento de bisección).

Los procedimientos no sólo difieren en el momento de la presentación del intervalo a estimar, también difieren en el modo de respuesta ya que el sujeto puede hacerlo una única vez (Tarea de bisección), varias veces (Programa concurrente encadenado) o bien, continuamente (IF). Dentro de la variedad de procedimientos uno de los más comunes para estudiar la estimación temporal es la tarea de bisección.

Para desarrollar la TEE una de las tareas empleadas fue el método psicofísico de bisección, el cual se utilizó primero en sujetos animales (Church & Deluty, 1977; Maricq, Roberts & Church, 1981; Meck, 1983; Meck, Church & Olton, 1984; Meck, Church & Gibbon, 1985) y después se aplicó en humanos (Wearden, 1991; Allan & Gibbon, 1991; Penney, Allan, Meck & Gibbon, 1998; Allan, 2002). La tarea de bisección consta de dos fases: una de entrenamiento y una de prueba. En la versión para sujetos animales, el entrenamiento consiste en la entrega de reforzador por una respuesta en una palanca establecida previamente (e.g., la derecha), después de escuchar o ver una señal de duración corta (e.g., 2s); asimismo, se refuerza por responder en otra palanca determinada (e.g., la izquierda), después de una señal de la misma modalidad, pero de duración larga (e.g., 8s). Posteriormente, en la fase de prueba, se repiten las duraciones entrenadas y se mezclan con duraciones intermedias (estímulos prueba) a los valores corto y largo entrenados. En esta etapa no se refuerza ninguna respuesta y se mantiene la dimensión en que se presentaron las señales. Este método, a diferencia de otros empleados dentro de esta línea de investigación, permite observar de manera más

amplia la estimación temporal, ya que no se utilizan uno o dos valores a estimar por el mismo sujeto, sino que además de los valores entrenados se utiliza un rango intermedio de duraciones.

Para sujetos humanos hay dos versiones de la tarea de bisección. En la primera, de similitud, el entrenamiento consiste en presentar una señal de una duración e indicar que es una señal corta y después presentar otra señal de mayor duración indicando que es una señal larga. Posteriormente, en la etapa de prueba, se pide al sujeto que clasifique como corto o largo, de acuerdo con las presentaciones anteriores, un rango formado por duraciones intermedias, mezcladas con las señales corta y larga. En la versión de distribución, no se identifica como corto o largo a ninguna duración, únicamente se pide al sujeto que se clasifiquen los intervalos en estas dos categorías. Wearden & Ferrara (1995) no encontraron diferencias significativas entre ambos métodos.

Además de las diferencias metodológicas en los procedimientos para animales y humanos, las duraciones utilizadas para cada uno varían. En investigaciones con animales se presentan duraciones mayores a 2 segundos, mientras que las duraciones presentadas a los sujetos humanos son muy pequeñas, estando dentro de un rango de 0.2 a 2 segundos, para así evitar que éstos se apoyen en el conteo o en alguna otra estrategia que les indique el tiempo transcurrido.

Grondin, Meilleur-Wells, & Lachance, (1999) en una tarea de discriminación de intervalos pedían a los sujetos que estimaran la duración de varios intervalos, indicándoles a algunos que se apoyaran en una estrategia de conteo. En duraciones mayores a 1,123ms encontraron diferencias significativas en las estimaciones de los sujetos que se apoyaron en alguna estrategia y de aquellos que no lo hicieron, por lo que concluyeron que sólo es útil contar en intervalos mayores a esta duración. Así, al usar rangos de duraciones pequeños en investigaciones con humanos, se evita que los sujetos utilicen alguna una estrategia de conteo o movimiento corporal.

Análisis de Resultados

Función psicofísica

Para analizar las respuestas de la tarea de bisección, tanto de animales como de humanos, se grafica una función psicofísica que muestra la proporción de respuestas a “largo” (o a “corto”) contra los valores de las duraciones presentadas a lo largo de la sesión. Generalmente se observa que la proporción de respuestas a “largo” es cercana a cero en la duración corta y posteriormente incrementa hasta llegar a un punto máximo en la duración larga (veáse Figura 2). De esta función se obtiene la sobreposición de dos funciones derivadas de diferentes rangos de duraciones graficadas en una escala relativa al tiempo, que como ya se mencionó es la manifestación de la propiedad escalar. Los resultados de las investigaciones en las que se ha aplicado la tarea de bisección, tanto a sujetos animales como a humanos, se ha presentado la propiedad escalar, siendo un punto a favor de la TEE para explicar la estimación temporal humana.

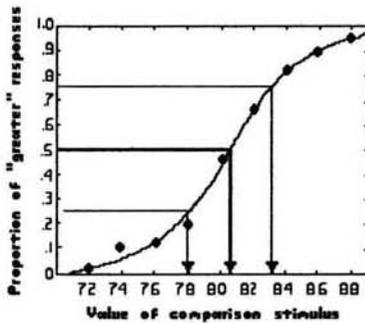


Figura 2. Función psicofísica donde se localizan el área del umbral diferencial y el punto de bisección.

Umbral diferencial y Fracción de Weber

Otra medida que se puede obtener al aplicar esta tarea es el umbral diferencial, que es una diferencia apenas perceptible. Ésta se refiere a la más pequeña diferencia de duración que puede ser percibida; es decir, es el menor cambio que puede percibirse dentro de un rango de estímulos. Debido a que la estimación temporal se comporta de acuerdo a la ley de Weber, el valor del umbral diferencial aumenta conforme el rango de duraciones a estimar es mayor, lo que significa que la sensibilidad temporal absoluta disminuye conforme el valor de la duración a estimar aumenta. El umbral diferencial se calcula obteniendo la mitad de la diferencia del estímulo con una proporción de 75% de

las respuestas, menos el valor del estímulo al que se respondió el 25% de las ocasiones presentadas.

La fracción de Weber indica la sensibilidad relativa al tiempo, y se obtiene dividiendo el umbral diferencial entre el punto de bisección. Valores pequeños de ésta fracción se relacionan con funciones psicofísicas con una pendiente muy pronunciada, lo que indica una gran sensibilidad al tiempo, mientras que valores grandes de la misma se refieren a funciones con poca inclinación, indicando poca sensibilidad temporal. En la Figura 3 se muestran dos funciones: F1 y F2. F1 tiene mayor inclinación, por lo que el valor de su fracción de Weber será menor que aquella de la F2.

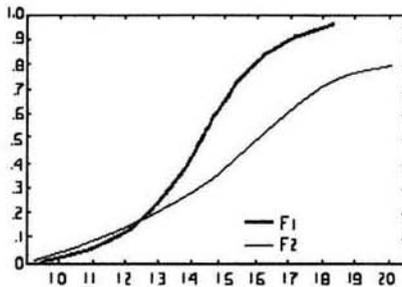


Figura 3. Funciones psicofísicas con diferentes valores de la Fracción de Weber.

La fracción de Weber permite comprobar si la sensibilidad temporal relativa es constante sin importar las duraciones absolutas, siempre y cuando el valor de esta fracción no cambie al variar el rango de duraciones presentadas. Aunque Ferrara, Lejeune & Wearden (1997) encontraron que, dentro de la tarea de bisección, el valor de esta fracción disminuye conforme disminuye la razón entre los estímulos largo y corto (razón L/C).

Punto de Bisección

De la misma función psicofísica se obtiene el punto de bisección, que es el valor donde los sujetos responden “largo” (o “corto”) el 50% de las veces, es decir, aquella duración a la que los sujetos son indiferentes en su clasificación corto-largo (Véase Figura 2). Existen varios métodos para obtenerlo. Un procedimiento psicofísico denominado Método de Mínimos Cuadrados (Gescheider, 1997), consiste en obtener la línea recta con mayor duración a partir de tres duraciones consecutivas, con mayor inclinación; con la pendiente y el intercepto de esta recta se puede calcular el punto de

bisección. Este método es usado comúnmente para obtener tanto el punto de bisección como el umbral diferencial y la fracción de Weber. Además de este procedimiento se han utilizado otras funciones, como la función logística de dos parámetros que se desarrolló para ajustar la forma sigmoideal de la función psicofísica derivada del porcentaje de respuestas a una duración, y cuya ecuación es $y = 1/(1 + (t/b)^s)$, donde y es el porcentaje de respuestas a “largo” a un estímulo de duración t , b es el punto de bisección y s es una medida de la pendiente de la función. Esta función no se aplica comúnmente, sin embargo se ha utilizado para obtener el punto de bisección en algunas investigaciones con animales (Morrisey, Wogar, Bradshaw & Szabadi, 1993) y con humanos (Wearden, Bajic & Brocki, 2003).

El punto de bisección es muy informativo ya que indica cómo es el proceso de estimación temporal; si éste se encuentra justo en la media aritmética de los valores de las duraciones corto y largo, la relación entre el tiempo real y el subjetivo es lineal. Sin embargo, si el punto de bisección se encuentra en la media geométrica (la raíz cuadrada del producto de los valores estándares: \sqrt{CL}), la relación entre el tiempo subjetivo y el real es logarítmica. En las investigaciones con sujetos animales se ha reportado que el punto de bisección se ubica en la media geométrica (Maricq et al, 1981; Meck, 1983; Meck et al, 1984; Meck, et al, 1985; Morrisey et al, 1993) por lo que se ha concluido que la estimación temporal es un proceso logarítmico (Gibbon, 1986). Sin embargo, en estudios en sujetos humanos, se ha encontrado al punto de bisección tanto en la media aritmética (Wearden, 1991) como en la geométrica (Allan & Gibbon, 1991).

Allan & Gibbon (1991) obtuvieron puntos de bisección cercanos a la media geométrica. Para explicar este hallazgo, aplicaron la regla de similitud original (Gibbon & Church, 1984). En cada ensayo se obtiene un valor representativo de “corto” y uno de “largo” almacenado en memoria de referencia. Después, cuando se pide que se clasifique una duración, se obtiene la razón de la similitud del valor representativo de “corto” en memoria de referencia y el valor en memoria de trabajo de la duración que se acaba de estimar, sobre la similitud entre el valor para “largo” almacenado en memoria de referencia y aquél de memoria de trabajo. Se responde “corto” cuando la similitud entre la representación de memoria de referencia a “corto” y el valor de memoria de trabajo es mayor que aquella entre la representación a “largo” y el mismo valor en

memoria de trabajo. Sin embargo, existe un sesgo por responder a “largo” y por ello se encuentra el punto de bisección cercano a la media geométrica.

Wearden (1991) modificó la regla de decisión propuesta originalmente por Gibbon y planteó que la regla de decisión para responder a corto o largo no tomaba en cuenta valores relativos (división de los valores de las duraciones entre algún denominador) sino que se basaba únicamente en valores absolutos. En el modelo modificado se sugiere que al empezar un ensayo se obtienen aleatoriamente dos muestras de memoria de referencia, una correspondiente a la duración larga y otra para la corta. Después se comparan estos valores con el correspondiente a memoria de trabajo, es decir, a la duración que se acaba de estimar. Se obtiene una diferencia entre estos valores y se da una respuesta de “corto” cuando el resultado de la comparación del valor de la memoria de referencia a “corto” y aquél de memoria de trabajo es menor que la diferencia entre el número obtenido de la memoria de referencia a largo y el de memoria de trabajo. La respuesta a largo deriva de obtener el resultado contrario, es decir, cuando el valor en memoria de trabajo es más similar al valor de referencia representativo de la duración larga. Cuando no se obtiene una clara tendencia hacia el valor corto o largo de memoria de referencia, es decir, cuando la duración es similar a ambos, se responde a largo debido a un sesgo. Esta regla de decisión explica los efectos del tamaño de la razón L/C : cuando ésta es pequeña, los resultados de las diferencias son muy parecidos, por lo que se recurrirá en gran medida al sesgo por responder a largo y se obtendrá la media geométrica; mientras que si la razón es grande, las diferencias serán mayores y no se aplicará en gran medida el sesgo, produciendo valores cercanos a la media aritmética. Sin embargo, Gibbon y Church (1984) analizaron esta posible regla de decisión y concluyeron que con una regla absoluta se violaría la propiedad de sobreposición, a menos que se apelara a que la varianza en las memorias de referencia y de trabajo se incrementara conforme aumenta la duración.

Al parecer diferentes factores no temporales influyen en la estimación temporal. Por ejemplo, Allan (2002) y Wearden et al (2003) encontraron que el espaciamiento lineal entre las duraciones prueba acerca al punto de bisección a la media aritmética, mientras que el espaciamiento logarítmico disminuye su valor, acercándolo a la media geométrica. De igual manera, Wearden & Ferrara (1996) encontraron que al utilizar razones L/C de 2:1 o menores, el punto de bisección se ubicaba cerca de la media

geométrica, mientras que con razones mayores se localizaba cerca de la media aritmética. Adicionalmente Penney et al, (1998) reportaron que el marcar la duración con estímulos visuales da como resultado puntos de bisección mayores a aquellos obtenidos con estímulos auditivos, indicando que una misma duración marcada por estímulos auditivos se juzga como más larga que cuando se usan estímulos visuales. Debido a la influencia de todos estos factores metodológicos dentro del procedimiento de bisección, se han realizado modificaciones al modelo original de la TEE, tanto en el proceso de decisión como en la representación de memoria.

Wearden y Ferrara en 1995, observaron que el espaciamiento entre los estímulos prueba que se presentaban en la tarea de bisección tenía un efecto en la localización del punto de bisección, por lo que propusieron una modificación a la forma en que los sujetos llevaban a cabo los juicios para decidir si la duración presentada era más similar a los valores estándares corto o a largo. Estos autores propusieron que los sujetos no realizaban las comparaciones del valor del estímulo prueba con los estándares, sino con una medida de tendencia central de los valores del estímulo prueba, por ejemplo, la media. Así, cuando el espaciamiento es lineal, la media de los valores intermedios será cercana a la media aritmética, llevando al punto de bisección a este valor, mientras que cuando el espaciamiento es logarítmico la media será menor a la media aritmética, acercando así el punto de bisección a la media geométrica.

Penney et al (1998) propusieron que los efectos de espaciamiento no se debían a la regla de decisión sino a las distribuciones en memoria. En su modificación indican que cuando se utilizan razones grandes, no es necesario que las representaciones en memoria muy exactas, ya que las duraciones estándares son tan extremas que se pueden diferenciar fácilmente. Esto lleva a que cuando se presentan los estímulos prueba, algunas duraciones cercanas a los valores de corto y largo se confundan con estímulos estándares y entren a memoria de referencia, obteniéndose una media representativa del conjunto de valores que entraron. Así, al hacer la discriminación más fácil, más duraciones entran a memoria de referencia, provocando que la representación de Corto se incremente mientras que la representación correspondiente a Largo disminuya. Esta modificación en la media representativa de las duraciones estándares provoca que conforme la razón L/C se incrementa, la media geométrica de los valores estándares aumente, acercándola al valor de la media aritmética. Esta mezcla de memorias también

se ve influida por el espaciamento entre duraciones que se presentan en la tarea de bisección. Cuando se utiliza un espaciamento logarítmico los valores cercanos a corto son más parecidos que aquellos obtenidos con un espaciamento lineal, asimismo, los valores cercanos a largo con espaciamento logarítmico están más separados que los correspondientes al lineal. Debido a estas características con el espaciamento logarítmico ambas representaciones en memoria tienen valores menores a aquellas obtenidas con espaciamento lineal, provocando que al presentar este espaciamento, las duraciones se juzguen como más largas, acercando al punto de bisección a la media geométrica.

ACELERACIÓN DEL RELOJ INTERNO

Un fenómeno dentro de la estimación temporal se manifiesta cuando el tiempo subjetivo es diferente al tiempo real. Esta diferencia puede presentarse de dos maneras:

- a) Sobreestimación.- El tiempo subjetivo es mayor al tiempo objetivo.
- b) Subestimación.- El tiempo subjetivo está por debajo del tiempo objetivo.

La Figura 4 muestra gráficamente una relación entre el tiempo real y el subjetivo cuando existe una sobreestimación o subestimación del tiempo (Gibbon, 1986). La línea recta representa una relación lineal entre el tiempo subjetivo y el tiempo objetivo, es decir, cuando ambas son idénticas. En el caso de la sobreestimación, el tiempo subjetivo crece más rápido por lo que tiende a ser mayor al tiempo real. En la subestimación, el tiempo subjetivo está por debajo del tiempo real, por lo que será menor que el tiempo objetivo.

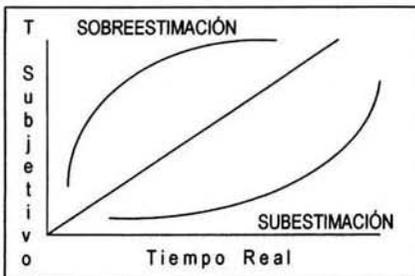


Figura 4. Relación entre tiempo real y tiempo subjetivo en la sobreestimación y subestimación (Gibbon, 1986).

Para explicar éste fenómeno, la TEE propuso que la velocidad del reloj interno se puede acelerar, lo cual puede provocar efectos en dos direcciones, dependiendo del momento en que se de el incremento. En el caso de que sólo se acelere la emisión de pulsos cuando se vaya a almacenar el valor en memoria de referencia, se obtendrá una subestimación de las duraciones que se comparen posteriormente. Esto debido a que el valor que se obtenga para memoria de trabajo será resultado de una tasa normal de pulsos, por lo que estará por debajo del valor de memoria de referencia, aún cuando se trate de la misma duración. Cuando ya exista un valor almacenado en memoria de referencia, resultado de una tasa de generador de pulsos normal, y se compare con el valor obtenido con una aceleración de tasa de pulsos, se obtendrá una sobreestimación, ya que éste último se compararía con el número de pulsos almacenado en memoria de

referencia y al ser mayor el número almacenado en memoria de trabajo, se estimaría que ha transcurrido más tiempo que el que ha pasado en tiempo real.

Manipulaciones Fisiológicas

Los estudios fisiológicos que analizan la aceleración de la tasa de pulsos del reloj interno se basan en la aplicación de fármacos, específicamente metanfetamina y haloperidol, los cuales modifican el nivel efectivo de dopamina en la sinapsis; mientras que la metanfetamina aumenta el nivel de dopamina en la sinapsis, el haloperidol reduce el nivel efectivo del neurotransmisor. Una de las primeras manipulaciones fisiológicas sobre la tasa del generador de pulsos fue realizada por Maricq, et al (1981), quienes encontraron que al inyectar metanfetamina a ratas antes de que éstas realizaran diferentes tareas de estimación temporal (i. e., procedimiento de pico y tarea de bisección), se incrementaba la tasa del generador de pulsos del reloj interno. En los resultados de la tarea de bisección obtuvieron un desplazamiento a la izquierda de la función psicofísica que relaciona las respuestas a la duración larga con el tiempo presentado, tal como se muestra en la Figura 5. Asimismo, los valores del punto de bisección cuando se aplicó la droga fueron menores a los valores obtenidos sin ésta.

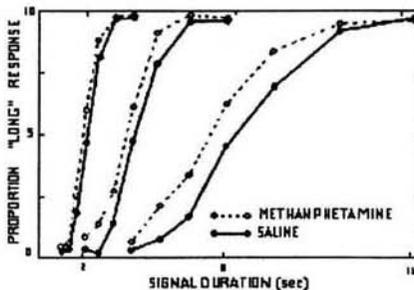


Figura 5. Desplazamiento a la izquierda en la función psicofísica obtenida por Maricq et al (1981) al inyectar metanfetamina.

Los desplazamientos, tanto de la función como del punto de bisección, indican que los animales que tenían su punto de bisección en un valor, por ejemplo, 10ms, empezaban a clasificar duraciones "cortas" como "largo", por ejemplo, 7ms, cuando les aplicaban la droga. Por lo tanto, las ratas estimaban que había pasado más tiempo del que en realidad había transcurrido cuando consumían metanfetamina. En este mismo estudio se descarta que el desplazamiento de la función a la izquierda se deba a que la droga hubiera aumentado la latencia del cierre del interruptor. En este caso, se hubiera

afectado un proceso anterior a la generación de pulsos que no depende de los rangos a estimar utilizados, por lo que, la metanfetamina hubiera afectado por igual a todos los rangos de duraciones utilizadas y el desplazamiento hubiera sido constante, es decir, el punto de bisección de la función psicofísica se hubiera desplazado del control siempre en una misma cantidad de tiempo, por ejemplo, 3ms, y no en cantidades proporcionales a los rangos utilizados.

En 1983, Meck realizó varios estudios de bisección, en los que manipuló la tasa del reloj interno, y la diferenció de cambios en memoria. En este estudio se inyectó metanfetamina a dos grupos de ratas. A un grupo le aplicó la droga inmediatamente después de que los animales discriminaron entre la duración corta y larga, eliminándola después de cierto número de sesiones prueba, es decir, después de clasificar tanto las duraciones corta y larga, como duraciones intermedias entre éstas; al otro grupo le administró la droga después de que los animales corrieron algunas sesiones prueba de la tarea. En el primer grupo se observó un desplazamiento hacia la derecha de la función psicofísica y un punto de bisección mayor cuando se dejó de administrar la droga, mientras que en el segundo se observó un desplazamiento a la izquierda cuando se aplicó metanfetamina y una disminución en el punto de bisección (el mismo resultado que en el estudio anterior). En un segundo experimento inyectó haloperidol a otros dos grupos de ratas, de la misma manera que en el experimento anterior. Al aplicar esta droga se observó el efecto contrario que con la metanfetamina: cuando se administró haloperidol y después se eliminó la droga, se obtuvo un desplazamiento de la función hacia la izquierda, mientras que cuando se inició sin la droga y después se aplicó, se observó un desplazamiento hacia la derecha.

Otra forma de incrementar el nivel de dopamina en la sinapsis es a través de choques eléctricos, por lo que en un tercer experimento se aplicó a dos grupos con el mismo esquema que en los grupos anteriores. Se obtuvo que al aplicar los choques inmediatamente después de obtener la discriminación entre las duraciones estándar y al eliminarlos después de unos días, la función psicofísica se desplazaba hacia la derecha; mientras que si se aplican los choques después de unos días de sesiones prueba, el desplazamiento era hacia la izquierda. De estos experimentos Meck (1993) concluyó que el nivel efectivo de dopamina en la sinapsis determina la velocidad del reloj interno

de las ratas, acelerándolo cuando éste se aumenta (metanfetamina y choques eléctricos) y disminuyéndolo cuando el nivel de dopamina se reduce (haloperidol).

Para diferenciar los efectos sobre el reloj y aquellos sobre memoria, realizó otro experimento con el mismo método que en los anteriores. En esta ocasión, aplicó drogas que facilitaban o dificultaban el aprendizaje. Al aplicar ambas drogas después de establecida la discriminación entre los valores corto y largo, obtuvo un cambio hacia la izquierda de la función psicofísica, en relación al otro grupo entrenado sin droga. Sin embargo, al dejar de administrarlas las funciones permanecieron iguales, lo que indicó un cambio permanente, el cual se debió a que en esta ocasión se alteró el valor almacenado en memoria, lo que es definitivo para todos los ensayos posteriores, mientras que es posible cambiar la velocidad del reloj en cada ensayo y por lo tanto, desplazar o dejar inmóvil la función psicofísica. Meck et al, (1984) obtuvieron el mismo efecto de desplazamiento permanente en la función psicofísica de la tarea de bisección al lesionar el hipocampo, llegando a la misma conclusión: los efectos obtenidos al modificar el valor en memoria son definitivos, mientras que los que resultan de manipular la tasa del reloj interno no.

Manipulaciones en Estímulos

Recientemente se han realizado estudios con humanos para investigar las similitudes de la estimación temporal entre éstos y los animales. Para ello se han modificado los procedimientos desarrollados en animales y se han aplicado las nociones de la TEE para predecir el comportamiento. Así, utilizando diferentes tareas se ha tratado de comprobar que en los humanos también se puede acelerar la tasa del reloj interno.

Para estudiar la sobreestimación temporal humana, Treisman, Faulkner, Naish, y Brogan (1990) idearon una manipulación basada en sucesiones rápidas de estímulos para investigar si un aumento en el nivel de activación produciría que la tasa de los osciladores dentro de su modelo aumentara. Encontraron que las secuencias rápidas de estímulos provocaban altos niveles de estimulación, lo que incrementaba el nivel de activación y finalmente aumentaba la velocidad de los osciladores. Esta noción de activación y la manipulación fueron adoptadas por los seguidores de la TEE para apoyar la existencia del reloj interno por medio de diferentes tareas.

Una tarea común para estudiar la aceleración del reloj interno es una variante de la generalización temporal con estímulos auditivos, en la que se entrena a las personas a reconocer una duración de un estímulo auditivo estándar y después se presentan diferentes estímulos de comparación. La tarea consiste en indicar si la duración que se presentó es o no el estándar, obteniéndose con la proporción de respuestas “igual” y las duraciones presentadas un gradiente de generalización, con un pico en el valor estándar. Para provocar la aceleración del reloj interno, se realiza la siguiente manipulación: antes de presentar el estímulo auditivo a comparar se presenta una serie de “clicks”, los que presuntamente incrementan el nivel de activación que a su vez acelera la emisión de pulsos del reloj, por lo que el número de pulsos almacenados es mayor; de esta manera, un tono se percibe de mayor duración que cuando no se presentan “clicks”. Sin embargo, bajo este procedimiento la sobreestimación se podría explicar por un efecto de asimilación (Wearden, Philpott, & Win, 1999), en el cual la duración de la sucesión de “clicks” se suma a la duración del estímulo, provocando que se estime el total de ambas duraciones, llevando a una sobreestimación temporal del estímulo. El procedimiento tampoco permite evaluar si el generador de pulsos se ve afectado por la manipulación del mismo evento que se estimará, sino que se afecta por uno precedente.

Penton-Voak, Edwards, Percival & Wearden (1996) investigaron la aceleración del reloj interno debido a la presencia de “clicks” auditivos utilizando diferentes tareas. En la tarea de generalización temporal encontraron que los “clicks” aceleraban la tasa del reloj interno, observando un desplazamiento a la izquierda en el pico del gradiente de generalización temporal. En un segundo experimento utilizaron el paradigma de memoria de duración, en el que se presenta una duración estándar e inmediatamente después otra duración igual, mayor o menor, teniendo el sujeto que indicar si ésta fue igual, mayor o menor; en este caso también encontraron efectos coherentes con la hipótesis aceleración del reloj: cuando se presentaba una duración de comparación objetivamente menor precedida por “clicks”, el número de respuestas correctas disminuyó, debido a que al acelerar el reloj las representaciones de las duraciones estándar y corta eran más parecidas; cuando las duraciones a comparar eran largas y precedidas por “clicks”, la exactitud incrementó, debido que subjetivamente la duración del estímulo largo era significativamente mayor que la estándar, facilitando la comparación. Otro procedimiento utilizado fue el de estimación verbal de duraciones,

en el que los sujetos indican verbalmente la duración del estímulo que se les presenta. En esta tarea utilizaron además de estímulos auditivos, estímulos visuales, ambos precedidos por tres series de diferentes duraciones de “clicks” auditivos, encontrando nuevamente que los “clicks” provocaban que tanto los estímulos auditivos como los visuales se sobrestimaran, es decir: los sujetos que recibieron una serie de “clicks” indicaban una duración más grande en comparación al grupo al que no se le había presentado “clicks”. Sin embargo, este efecto no se presentó cuando la serie de “clicks” tuvo una duración de un segundo; únicamente cuando la serie duraba tres o cinco segundos. Los autores realizaron un análisis de regresión lineal, cuyos componentes reflejaban la velocidad del generador de pulsos (pendiente) y la latencia del interruptor (intercepto), concluyendo que los efectos encontrados eran provocados por un incremento en la tasa del generador de pulsos del reloj interno, ya que con la presencia de “clicks” el valor de la pendiente aumentó, aunque no descartaron completamente una posible alteración en el interruptor.

Se ha reportado una superioridad en la discriminación de duraciones cuando se utilizan estímulos auditivos a cuando se usan estímulos visuales (Grondin, Meilleur, Ouellette & Macar, 1998). Igualmente se ha observado una mejor discriminación cuando las duraciones son marcadas por estímulos vacíos (i.e., una señal que indica que se debe empezar a estimar y otra indica que se detenga) que cuando se presentan estímulos llenos (i.e., se estima el tiempo que está presente la señal). Wearden, Edwards, Fakhri & Percival (1998) replicaron el experimento de estimación verbal de duraciones de Penton-Voak et al (1996), con el fin de investigar las características físicas de los estímulos. Como se mencionó anteriormente, Penney et al (1998), encontraron que los estímulos auditivos se juzgan como más largos que los visuales, y Wearden et al (1998) investigaron si este efecto se debía a diferencias en la velocidad del reloj o en la latencia del interruptor. Estos autores observaron el mismo efecto de aceleración que en el experimento original y además encontraron coeficientes de variación mayores para los estímulos visuales, indicando que en esta modalidad las estimaciones eran más variables, por lo que concluyeron que la velocidad del reloj interno era más lenta, y por lo tanto más variable, para los estímulos visuales que para los auditivos, aunque ambas velocidades se ven afectadas por los efectos de los “clicks” auditivos. No obstante, tampoco descartaron una mínima alteración del interruptor. La diferencia de velocidades y el aumento de variabilidad concuerdan con un proceso de

Poisson para la tasa del reloj interno, que indica que cuando la tasa es menor hay más variabilidad.

Otra tarea dentro de la investigación de la estimación temporal humana es la comparación de estímulos, que consiste en presentar una serie de estímulos y solicitar al sujeto que compare el último estímulo que apareció (comparación) contra la duración de cada uno de los que lo precedieron (estándares). Se obtiene una función psicofísica similar a la de la tarea de bisección con la proporción de respuestas “mayor que el estándar” en Y y los valores de las diferentes duraciones presentadas en X. Grondin (2001a) aplicó este procedimiento con secuencias de estímulos visuales, donde obtuvo que en duraciones de 600ms y 900ms los sujetos obtenían puntos de bisección menores a la media aritmética, interpretándolo como una sobreestimación del tiempo, y concluyó que el presentar una secuencia rápida de eventos sensoriales antes de un estímulo influye en la tasa de emisión de pulsos del reloj interno.

Wearden et al (1999), además de utilizar un procedimiento de comparación de pares de estímulos con modalidad auditiva, también emplearon la tarea de bisección con estímulos auditivos. En el experimento de bisección, había dos grupos: en uno entrenaban los valores “corto” y “largo” de la manera usual y los estímulos prueba eran precedidos por “clicks”, mientras que al otro grupo le presentaban los valores “corto” y “largo” precedidos por una serie de “clicks” y los valores intermedios, de prueba, sin ir acompañados por éstos. Wearden et al (1999) no sólo reportan la aceleración de la tasa del reloj interno, ya que en el primer grupo observó un desplazamiento hacia la izquierda de la función psicofísica y del punto de bisección, igual que el que observaron Maricq et al (1981) aplicando metanfetamina a las ratas, sino que también mencionan que con los resultados del segundo grupo se puede inferir una disminución relativa de la tasa de emisión de pulsos, puesto que se observa un desplazamiento hacia la derecha de la función psicofísica. Esta disminución se considera relativa debido a que en realidad no disminuyó en sí la tasa del generador de pulsos, sino que al acelerar la tasa en el entrenamiento provoca que se subestimen los estímulos prueba, debido a que éstos se estiman con la tasa normal de pulsos y por lo tanto el número de pulsos almacenado en memoria de trabajo es menor al valor almacenado en la memoria de referencia, producto de una tasa mayor del generador de pulsos.

Droit-Volet & Wearden (2002) también aplicaron la tarea de bisección, presentando estímulos visuales a niños de 3, 5 y 8 años. Su manipulación consistió en que, en la etapa de prueba, los estímulos eran o no precedidos por un estímulo visual que parpadeaba durante 5 segundos. Sus resultados muestran que la aceleración se presenta desde los niños de 3 años de edad, debido a que obtuvieron un desplazamiento a la izquierda de la función psicofísica; además reportan que conforme los niños crecen, la sensibilidad temporal va siendo más precisa. También presentan apoyo para la Teoría de Expectancia Escalar, ya que presentan varias medidas que muestran que la propiedad escalar se mantiene a pesar de la aceleración del reloj interno (e.g., fracción de Weber, umbral diferencial, sobreposición).

Para investigar la relación entre el nivel de activación y la tasa del reloj interno, Wearden, Pilkington & Carter (1999) aplicaron la tarea de generalización temporal, dividida en tres bloques. Al final de cada bloque aplicaron una escala derivada del instrumento de Thayer para medir el nivel de activación de los sujetos. Encontraron que conforme pasaban los bloques, el nivel de activación reportado disminuía, desplazándose a la derecha el gradiente de generalización. Esto indica que conforme la activación disminuye la tasa de pulsos del reloj interno disminuye, provocando una subestimación del tiempo.

Los estudios mencionados apoyan la noción de que existe un mecanismo que nos permite estimar el tiempo que transcurre. También apoyan a la TEE, ya que los resultados obtenidos son consistentes con lo que la teoría predice. Sin embargo, no son evidencia a favor de la existencia de un reloj interno que se base en la emisión de pulsos, ya que bien podría ser que en lugar de acelerar la emisión de pulsos, se acelerara la velocidad de los osciladores que otras teorías (Treisman et al, 1990) o versiones de la misma TEE proponen (Church & Broadbent, 1990). A pesar de esto, no se descartan los supuestos que se mencionan dentro de la TEE, ya que a lo largo de los años varios estudios han mostrado que éstos sirven para dar cuenta de varios fenómenos dentro de la estimación temporal y que explican los resultados de diferentes tareas. Incluso, estos estudios demuestran que la estimación temporal no es un mecanismo aislado que sólo se base en el transcurso del tiempo, sino que la información externa sirve como guía para dicha estimación y, además, puede alterar dicho proceso.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La TEE propone que uno de los mecanismos para que se lleve a cabo la estimación temporal se basa en un reloj interno que emite pulsos en una tasa constante. Una línea de investigación que evalúa la presencia del reloj y analiza sus propiedades es aquella que trata de acelerar la tasa del mismo. Dentro de esta línea ciertas manipulaciones fisiológicas, que se basan en la aplicación de fármacos que actúan sobre el nivel de dopamina en el organismo, resultan en una aceleración de la tasa de pulsos del reloj. En otras investigaciones con humanos, la presentación de una secuencia sensorial rápida presuntamente aumenta el nivel de activación del reloj, lo cual acelera la emisión de pulsos del mismo. El incrementar la tasa de pulsos del reloj tiene dos efectos: cuando se aumenta únicamente en una etapa de entrenamiento, el valor que aumenta es el almacenado en memoria de referencia, provocando una subestimación de las duraciones presentadas posteriormente. Esto se debe a que las estimaciones posteriores se realizan con una tasa de pulsos normal, obteniendo un valor en memoria de trabajo menor al almacenado en memoria de referencia para la misma duración. Por el contrario, cuando sólo se aumenta la tasa del generador de pulsos en estimaciones prueba, teniendo ya un valor almacenado en memoria de referencia, se obtendrá una sobreestimación de los estímulos prueba, ya que el valor de la memoria de trabajo aumentará y será mayor al almacenado en memoria de referencia.

Las investigaciones con humanos que tratan de acelerar el reloj interno mediante la presentación de secuencias de estímulos, generalmente colocan las manipulaciones antes de la duración a estimar, pero no dentro de la misma; es decir, no forman parte del estímulo cuya duración se estimará. En estos procedimientos no se logra diferenciar si la sobreestimación se debe a la aceleración de la tasa del reloj o a un proceso de asimilación. Además, el manipular el mismo estímulo a estimar y obtener datos concordantes al aumento en la tasa de emisión de pulsos podría sugerir que sea posible procesar las características del estímulo dentro del reloj interno. Por ello, surge la pregunta: ¿puede una secuencia visual rápida dentro de un estímulo visual provocar un estado de activación apropiado que aumente la emisión de pulsos por parte del generador?

Asimismo, la mayoría de los estudios reportados utilizan estímulos auditivos, lo que implica que no se pueden generalizar totalmente los efectos encontrados a la modalidad visual, ya que como se mencionó existen diferencias entre ambas modalidades, independientemente de la tarea que se aplique.

En cuanto a las tareas utilizadas, generalmente, la secuencia rápida de estímulos auditivos que se presenta es inmediata al juicio que se realizará, mientras que en la tarea de bisección el juicio no necesariamente es inmediato al parpadeo, ya que la secuencia se puede presentar únicamente en los bloques de entrenamiento que están separados de los estímulos prueba y del juicio sobre la duración. Por lo que otra pregunta que surge es si el valor creado a partir de una aceleración del reloj se mantiene a pesar de que las comparaciones que se realicen no sean inmediatas.

Por otro lado, la tarea de bisección no sólo maneja un estímulo a estimar, sino un rango de duraciones, lo que puede dar mayores indicios sobre el proceso de la estimación temporal, arrojando varias medidas que ponen a prueba la Teoría de Expectancia Escalar: el umbral diferencial, la sobreposición de funciones de diferentes rangos de duraciones y la fracción de Weber.

En algunas investigaciones sobre la aceleración del reloj interno que utilizan la tarea de bisección (e.g., Droit-Volet & Wearden, 2002) el parpadeo o la secuencia rápida de estímulos generalmente se presenta en los estímulos prueba, lo que lleva a una sobreestimación de las duraciones prueba. Sin embargo, no se suele evaluar la subestimación de las duraciones prueba, provocada también por una aceleración de la emisión de pulsos inducida por la presentación de la secuencia rápida, aunque en este caso la secuencia se presenta en la etapa de entrenamiento.

La localización del punto de bisección obtenido a partir de la tarea de bisección es aún ambigua. Se le ha localizado tanto en la media geométrica como en la media aritmética, llevando a diversas interpretaciones de los datos y a modificaciones de algunos elementos de la TEE.

En el presente trabajo se plantea un experimento con la tarea de bisección con estímulos visuales, para estudiar la aceleración del reloj interno por medio de un

parpadeo (variable independiente) en un rango de duraciones. La variable dependiente es la estimación que realiza un sujeto sobre la duración de un estímulo. La manipulación para acelerar la emisión de pulsos del reloj interno es la presentación de una secuencia visual rápida que se presenta dentro de los estímulos a estimar, es decir, son los estímulos que marcan las duraciones son los que parpadean. Esta manipulación permite descartar un proceso de asimilación.

La secuencia visual o parpadeo se presenta en la etapa de entrenamiento o en la etapa de prueba, para observar los diferentes efectos que produce el aumentar la tasa de generador de pulsos en ambas etapas. Además, se busca evaluar la Teoría de Expectancia Escalar, a través de medidas como: el umbral diferencial, la fracción de Weber, la sobreposición, por lo que las manipulaciones mencionadas se realizan en dos diferentes rangos de duraciones. Se utilizan duraciones que se han usado en otros estudios para contrastar los resultados obtenidos.

El punto de bisección se obtiene utilizando dos métodos: el método de mínimos cuadrados, un método psicofísico aplicado principalmente en las investigaciones con animales, y una función logística que se ajusta a la función obtenida con el procedimiento de bisección. Se contrastan los valores obtenidos, para probar si ambos métodos son comparables. Por último, se obtienen los intervalos de confianza para cada punto de bisección, buscando determinar con más precisión su localización en condiciones controladas, es decir, sin la manipulación del parpadeo.

MÉTODO

Sujetos

La muestra se formó con 60 estudiantes de licenciatura de la Facultad de Psicología de la UNAM (48 de sexo femenino y 12 de sexo masculino). El rango de edad de los participantes fue de 19 a 24 años. El único criterio de exclusión fue el tener algún conocimiento sobre el estudio de estimación temporal. A cambio de su participación se les otorgó un punto académico en una clase.

Materiales

Las diferentes condiciones experimentales se presentaron en dos computadoras PC con monitores SVGA, sin resolución especial. Se utilizó el teclado para registrar las respuestas de los sujetos. La programación se llevó a cabo en el programa SuperLab Pro Versión 2.0 para Windows (Cedrus Corporation). Las sesiones experimentales se llevaron a cabo en dos cuartos de similares dimensiones con condiciones de luz atenuada y sonidos amortiguados.

Procedimiento

Se formaron seis grupos, integrados por diez de los 60 sujetos, asignados aleatoriamente a cada uno de ellos. Tres grupos clasificaron duraciones temporales dentro de un rango de 200ms a 800ms y los otros tres dentro de un rango de 400ms a 1600ms. Las duraciones intermedias fueron distribuidas aritméticamente, con valores de 300, 400, 500, 600 y 700ms para el primer rango y de 600, 800, 1000, 1200 y 1400ms para el segundo.

Los estímulos presentados consistieron en círculos azules de 4.5cm de diámetro, que se presentaron en el centro de la pantalla durante la duración correspondiente. Los estímulos parpadeantes se formaron por una alternación entre un círculo azul, de iguales dimensiones que los antes mencionados, con una duración de 10ms, seguido por pantalla blanca también de 10ms de duración. Esta secuencia continuó hasta que se completó el valor de la duración (por ejemplo, 10 alternaciones para formar 200ms).

Para los seis grupos la tarea consistió en la versión de similitud del procedimiento de bisección, en la que los sujetos, después de ser entrenados a dos

duraciones estándares (corto y largo), clasificaron duraciones intermedias como corto o largo. El entrenamiento consistió en tres presentaciones alternadas (CLCLCL) de cada estímulo estándar. Antes de cada aparición se indicó en un mensaje escrito con duración de cuatro segundos si se trataba de un estímulo corto o largo y cada presentación se separó por una duración de un segundo.

La etapa de prueba consistió en nueve bloques (con siete ensayos cada uno), donde aparecieron aleatoriamente las cinco duraciones intermedias y las dos duraciones estándares. Después de 150ms de la terminación del estímulo se le indicó al sujeto en la pantalla que clasificara al estímulo como corto o largo, por medio de dos botones del teclado previamente seleccionados. Si se presionaba algún otro botón, no se registraba respuesta y se esperaba hasta que se apretara alguno de los botones seleccionados. El sujeto emitía su respuesta y después de 1s se presentaba otra duración hasta que se completaran las siete duraciones. Al no haber respuestas correctas o incorrectas no se dio retroalimentación. Entre cada bloque de prueba se reiteraron las duraciones corto y largo, con un bloque similar al de entrenamiento. Cada tres bloques de prueba (21 ensayos) se proporcionó un período de descanso con duración de 10s. En total se presentaron 21 ensayos de cada estímulo estándar en el entrenamiento y 63 ensayos de los estímulos prueba (9 de cada duración).

Los grupos se formaron manipulando el rango de duraciones a estimar y la presencia o ausencia del parpadeo (Ver Tabla 1).

Grupo	Rango de duraciones	Etapa	
		Entrenamiento	Prueba
200-800C	200ms-800ms	EC	EC
400-1600C	400ms-1600ms	EC	EC
200-800PE	200ms-800ms	EP	EC
400-1600PE	400ms-1600ms	EP	EC
200-800PP	200ms-800ms	EC	EP
400-1600PP	400ms-1600ms	EC	EP

Tabla 1. Diseño experimental

Nota: EC = Estímulo constante, EP = Estímulo parpadeante

A los grupos constante (200-800C y 400-1600C) de ambos rangos de duraciones se les presentaron ambas fases de la tarea de bisección con estímulos visuales llenos (i.e., sin parpadeo). A los grupos parpadeo-entrenamiento (200-800PE y 400-1600PE) se les entrenó con estímulos visuales parpadeantes y los estímulos a clasificar eran llenos; mientras que a los grupos parpadeo-prueba (200-800PP y 400-1600PP) se les presentó la tarea de forma inversa, se entrenó con estímulos visuales llenos y los estímulos prueba se presentaron en forma de parpadeo.

RESULTADOS

En el presente trabajo evaluó la aceleración de la tasa del generador de pulsos del reloj interno provocada por una manipulación visual de parpadeo dentro del mismo estímulo. Se aplicó la tarea de bisección, utilizando dos rangos de duraciones diferentes (200-800ms y 400-1600ms). Los estímulos que parpadeaban se presentaron en diferentes etapas de la tarea de bisección: en el entrenamiento (grupos 200-800PE y 400-1600PE), en la etapa de prueba (grupos 200-800PP y 400-1600PP); además de un grupo control en el que todos los estímulos eran constantes (grupos 200-800C y 400-1600C).

Del procedimiento de bisección se obtuvieron las funciones psicofísicas correspondientes a cada grupo, como se muestra en la Figura 6. Para generar las funciones psicofísicas grupales, primero se obtuvieron las funciones correspondientes a cada sujeto y, posteriormente, se promedió grupalmente la proporción de respuestas a LARGO.

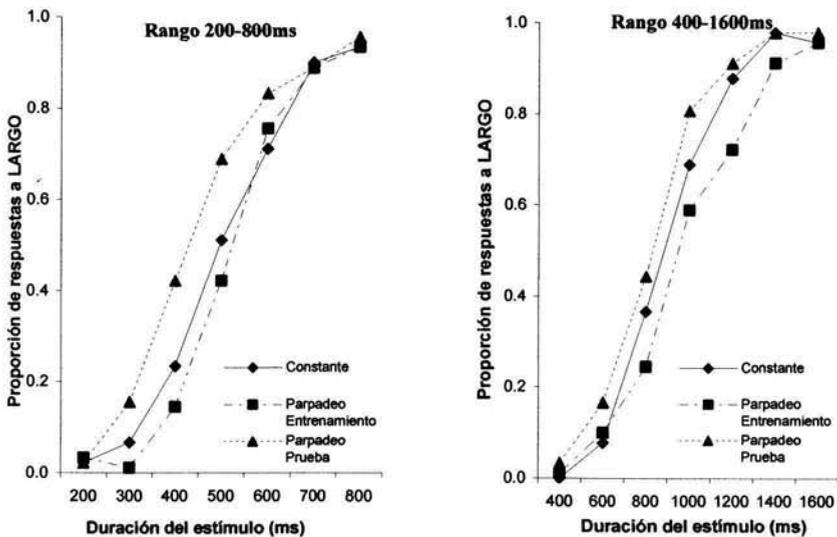


Figura 6. Proporción promedio de respuestas a Largo para cada duración de los grupos dentro del rango 200-800ms (izquierda) y de los grupos en el rango de 400-1600ms (derecha)

Las funciones grupales presentan la forma usual de las funciones psicofísicas obtenidas con la tarea de bisección: cerca de cero respuestas en los estímulos cortos y un aumento en la proporción de respuestas conforme se incrementa la duración, hasta llegar a casi el 100% en las duraciones mayores. En general, las funciones grupales son representativas de las individuales, aunque algunos sujetos a los que se les presentó parpadeo en alguna etapa de la tarea presentaron funciones con disminuciones repentinas en la proporción de respuestas a largo. Las funciones de la Figura 6 muestran que los grupos 200-800PP y 400-1600PP se desplazaron a la izquierda, con respecto a las funciones de los grupos 200-800C y 400-1600C. Mientras que los grupos 200-800PE y 400-1600PE se desplazaron a la derecha con respecto a las funciones de los grupos control.

La Tabla 2 muestra los puntos de bisección promedio obtenidos para cada grupo, los cuales se calcularon a través de dos métodos: el Mínimos Cuadrados y el Método Logístico. Al igual que con las funciones, se calcularon primero los puntos de bisección para cada sujeto y posteriormente se promediaron dentro de cada grupo. Los valores obtenidos con ambos métodos fueron similares. Para probar si diferían estadísticamente se obtuvo, para cada grupo, la distribución de las diferencias entre ambos métodos, la cual se comparó contra una distribución en la que la diferencia era cero. En ningún grupo se encontró una diferencia significativa entre estas distribuciones, por lo que se puede concluir que ambos métodos son estadísticamente similares.

Grupo	Método			
	Mínimos Cuadrados	Logístico	t	p
200-800 C	498.24	499.93	0.22	NS
200-800 PE	514.81	515.71	0.11	NS
200-800 PP	434.14	432.62	0.19	NS
400-1600 C	893.72	886.72	0.66	NS
400-1600 PE	947.62	961.05	1.27	NS
400-1600 PP	815.97	811.35	0.44	NS

Tabla 2. Puntos de bisección en milisegundos obtenidos para cada grupo y la t correspondiente resultante de la comparación entre ambos métodos. P = 0.05

NOTA: S = Significativo NS = No Significativo
 200-800 y 400-1600 = Rango de duraciones en milisegundos.
 C, PE y PP = Condición de parpadeo.

Con el fin de comprobar si los puntos de bisección eran estadísticamente diferentes debido a un efecto de aceleración de la tasa de pulsos del reloj interno se corrió un ANOVA con dos factores: rango de duraciones (200-800ms o 400-1600ms) y parpadeo (constante, parpadeo entrenamiento y parpadeo prueba); teniendo como variable dependiente el valor del punto de bisección. Como se muestra en la Tabla 3 existen efectos principales de rango y de parpadeo, pero no de interacción. Esto indica que los puntos de bisección obtenidos para cada rango son significativamente diferentes y, además muestra que al menos un grupo de parpadeo es significativamente diferente de los otros grupos. Para evaluar si las tres condiciones de parpadeo eran estadísticamente diferentes se llevaron a cabo comparaciones planeadas, donde se comprobó que los grupos a los que se presentó el parpadeo en el entrenamiento tienen valores de punto de bisección significativamente mayores ($F_{(1,54)} = 7.45$; $p < 0.05$) a los obtenidos en los otros grupos; asimismo, los puntos de los grupos en los que no se presentó parpadeo fueron significativamente mayores a los de los grupos a los que se presentó la secuencia visual rápida en los estímulos prueba ($F_{(1,54)} = 4.36$; $p < 0.05$). Por último, el que la interacción no haya resultado significativa indica que los efectos de parpadeo son independientes del rango utilizado.

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
RANGO	1	2443648.	54	11657.75	209.6157	.000000
PARPADEO	2	68891.	54	11657.75	5.9095	.004777
RANGOxPARPADEO	2	6608.	54	11657.75	.5668	.570672

Tabla 3. Resultados del ANOVA para la evaluación de los puntos de bisección obtenidos con el método logístico. Resumen de los efectos principales y su interacción.

Uno de los requerimientos de la TEE indica que conforme aumenten los valores a estimar, la varianza también debe incrementar. Al aplicar la prueba de Levene se encontró que las varianzas de los grupos son heterogéneas, por lo que se aplicó se equivalente no paramétrico: la prueba de Kruskal-Wallis. La Tabla 4 muestra los resultados de la prueba y confirman un efecto significativo de rango $X^2(1) = 52.26$; $p < .0001$. Asimismo se obtuvo un efecto significativo de la manipulación de parpadeo ($X^2(2) = 7.2$; $p < 0.05$) dentro del rango de 200 a 800ms. Sin embargo, para el rango de 400 a 1600ms se obtuvo un efecto marginal de parpadeo.

	X^2	df	p
RANGO	52.26667	1	.0000
PARPADEO Rango 200-800ms	7.20000	2	.0273
PARPADEO Rango 400-1600ms	5.60000	2	.0608

Tabla 4. Resultados del Kruskal-Wallis para la evaluación de los puntos de bisección obtenidos con el método logístico.

Por último, se obtuvieron, para cada método, los intervalos de confianza al 95% para el punto de bisección de cada grupo, como se muestra en la Tabla 5. Cada intervalo se obtuvo multiplicando el error estándar de la media del punto de bisección de cada grupo por 1.96, que es el valor Z de la distribución donde cae el 95% de los datos.

Grupo	Límite Inferior	Límite Superior	Media Aritmética	Media Geométrica
<i>200-800 C</i>	475.15	524.71	500	400
<i>200-800 PE</i>	494.38	537.05	500	400
<i>200-800 PP</i>	396.71	468.53	500	400
<i>400-1600 C</i>	786.85	986.60	1000	800
<i>400-1600 PE</i>	876.12	1045.98	1000	800
<i>400-1600 PP</i>	725.77	896.93	1000	800

Tabla 5. Intervalos de confianza al 95% para los puntos de bisección grupales.

NOTA: 200-800 y 400-1600 = Rango de duraciones en milisegundos.
C, PE y PP = Condición de parpadeo.

Todas las distribuciones concuerdan con la tendencia de los puntos de bisección obtenidos; es decir, los valores de las distribuciones de los grupos 200-800PP y 400-1600PP son menores a las de los grupos 200-800C y 400-1600C, los cuales, a su vez, son menores que las distribuciones de los grupos 200-800PE y 400-1600PE.

El intervalo de confianza del grupo 200-800C incluye a la media aritmética (500ms) de los valores estándares y excluye a la media geométrica (400ms). Para el grupo 400-1600C, el intervalo de confianza obtenido incluye a la media geométrica (800ms) de los valores estándares, sin embargo, los límites superiores no están muy alejados de la media aritmética (1000ms).

A fin de probar la propiedad escalar, se buscó establecer la sobreposición de las funciones obtenidas para cada grupo, dividiendo el punto de bisección promedio de

cada uno de ellas entre cada duración y graficando la proporción de respuestas a LARGO de cada grupo en esta nueva escala relativa. La Figura 7 muestra la sobreposición de las funciones obtenidas para cada grupo, utilizando el valor del punto de bisección obtenido con el método logístico.

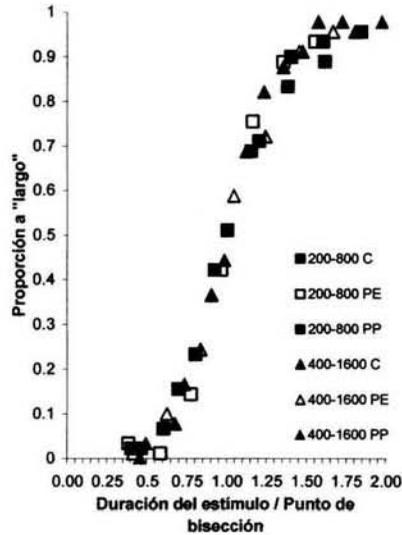


Figura 7. Sobreposición de las funciones grupales de cada condición, en base a los puntos de bisección obtenidos con el método logístico.

NOTA: 200-800 y 400-1600 = Rango de duraciones en milisegundos.
C, PE y PP = Condición de parpadeo.

Por último, la Tabla 6 presenta los valores promedio obtenidos para el umbral diferencial y la fracción de Weber para cada grupo. Ambos se obtuvieron con el Método de Mínimos Cuadrados y al igual que con el punto de bisección, se obtuvo primero el umbral diferencial y la fracción de Weber para cada sujeto y posteriormente se promediaron dentro de los seis grupos. El umbral diferencial se obtuvo dividiendo a la mitad la diferencia de la duración a la que se responde como largo el 75% de las ocasiones presentadas, menos la duración que se clasificó como largo el 25% de las ocasiones. La fracción de Weber se obtuvo dividiendo el umbral diferencial entre el punto de bisección.

Grupo	Umbral Diferencial	Fracción de Weber
200-800 C	65.73	0.12
200-800 PE	50.87	0.10
200-800 PP	53.63	0.12
400-1600 C	96.92	0.11
400-1600 PE	111.88	0.12
400-1600 PP	100.12	0.13

Tabla 6. Umbrales Diferenciales y Fracciones de Weber obtenidos para cada grupo.

NOTA: 200-800 y 400-1600 = Rango de duraciones en milisegundos.

C, PE y PP = Condición de parpadeo.

Se corrieron dos ANOVA por separado para probar si el umbral diferencial y la fracción de Weber diferían estadísticamente en las diferentes condiciones. De nuevo, se tuvo como factores al Rango y al Parpadeo, como se muestra en las Tablas 7 y 8.

	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
RANGO	1	32062.80	54	407.9087	78.60287	.000000
PARPADEO	2	133.45	54	407.9087	.32716	.722386
RANGOxPARPADEO	2	1111.84	54	407.9087	2.72570	.074517

Tabla 7. Resultados del ANOVA para la evaluación del umbral diferencial. Resumen de los efectos principales y su interacción.

	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
RANGO	1	.000295	54	.001075	.274114	.602727
PARPADEO	2	.001525	54	.001075	1.419402	.250737
RANGOxPARPADEO	2	.001312	54	.001075	1.221136	.302908

Tabla 8. Resultados del ANOVA para la evaluación de la fracción de Weber. Resumen de los efectos principales y su interacción.

La Tabla 7 muestra que únicamente hay un efecto significativo de Rango ($F_{(1,54)} = 78.60$; $p < 0.001$) para el umbral diferencial, es decir, que los valores obtenidos para los dos rangos son significativamente diferentes, sin embargo, dentro de un mismo rango el umbral diferencial no varió. La Tabla 8 muestra que no hay ninguna diferencia significativa dentro de los valores de la fracción de Weber bajo ninguna condición. En ambos análisis, la prueba de Levene indicó que las varianzas de los grupos son homogéneas, lo que indica que son comparables

DISCUSIÓN

La presente investigación se enfocó en la posible aceleración de la tasa de pulsos del reloj interno propuesto por la TEE, provocada por el parpadeo de estímulos visuales en una tarea de estimación temporal. Dicha manipulación alteraría la tasa de emisión de pulsos que llevaría a una subestimación o una sobreestimación temporal, dependiendo de la fase en la cual se presentó el parpadeo.

Se obtuvieron efectos de parpadeo concordantes con la hipótesis de la aceleración del reloj interno, además de resultados que confirman los supuestos de la TEE. En primer lugar, se obtuvo el desplazamiento esperado en las funciones psicofísicas. Al presentar los estímulos parpadeantes en la etapa de entrenamiento, la función correspondiente a la proporción de respuestas a Largo se desplazó a la derecha de la función a la que no se le presentó ningún parpadeo. Esto indica que una aceleración en la etapa de entrenamiento aumentó los valores almacenados en memoria de referencia, llevando a una subestimación de las duraciones presentadas posteriormente. Este efecto es comparable con los resultados obtenidos al anteponer secuencias auditivas a los estímulos prueba (Wearden et al, 1999).

Igualmente, al manipular por medio de parpadeos a los estímulos prueba, se obtuvo un desplazamiento hacia la izquierda de la función psicofísica con respecto a la función del grupo control, mostrando que una aceleración de la tasa de pulsos en esta etapa provoca que los valores almacenados en memoria de trabajo sean mayores que aquellos en memoria de referencia, llevando así a una sobreestimación de las duraciones presentadas. Este efecto se ha encontrado tanto en estudios fisiológicos (Maricq et al, 1981; Meck, 1983) como en manipulaciones que anteceden los estímulos (Wearden et al, 1999; Droit-Volet & Wearden, 2002). Sin embargo, no se había analizado si la manipulación dentro del mismo estímulo que marcaba la duración era capaz de acelerar la tasa de pulsos del reloj interno, por lo que los resultados de esta investigación indican que además de llevar a cabo la estimación temporal de alguna duración se procesan las características físicas de los estímulos y éste procesamiento puede alterar dicha estimación.

El punto de bisección se obtuvo utilizando dos métodos aplicados en diferentes investigaciones previas: el método de mínimos cuadrados, utilizado principalmente en los estudios con animales (Maricq et al, 1981; Meck, 1983) y en algunos con humanos (Droit-Volet & Wearden, 2002); y una fórmula logística aplicada por Morrisey et al (1993) en sujetos animales y por Wearden, et al (2003) en humanos. Los resultados con ambos métodos fueron comparables estadísticamente y condujeron al mismo patrón de resultados estadísticos sobre el desplazamiento de las funciones psicofísicas, los cuales sugieren una aceleración de la tasa de pulsos del reloj interno.

Los análisis estadísticos sugieren la aceleración del reloj interno. Al realizar un análisis que compara las medias grupales (ANOVA), el efecto de parpadeo se presenta independientemente del rango de duraciones utilizado; es decir: en ambos rangos la presentación del parpadeo en el entrenamiento incrementó el valor del punto de bisección y en la etapa de prueba disminuyó su valor. Sin embargo, no se obtuvieron distribuciones normales, lo que puede ser resultado de: 1) no eliminar las respuestas del primer bloque ya que éstas, al ser las primeras presentaciones de las duraciones, pudieron acarrear mayor error, o 2) de no proporcionar retroalimentación sobre la exactitud de las respuestas (Allan & Gibbon, 1991; Penney et al, 1998). Ambos factores metodológicos son variantes en la aplicación del procedimiento de bisección, y al no reportarse en dichos estudios la forma de la distribución de las respuestas no se podría indicar con exactitud si éste es un resultado usual en la tarea de bisección o si se debe a las variantes antes mencionadas. Asimismo, se encontraron varianzas heterogéneas, lo cual concuerda con los supuestos de la TEE que indica que las estimaciones sobre duraciones de diferente valor conllevan varianzas de diferente magnitud. Una prueba no paramétrica basada en la mediana de la distribución confirmó que el punto de bisección para un rango pequeño, es menor que el punto para un rango grande. Esta misma prueba reafirmó que el presentar estímulos parpadeantes acelera la tasa de pulsos del reloj interno en un rango pequeño de duraciones, pero con un rango mayor sólo se obtuvo un efecto marginal de parpadeo, posiblemente como resultado de que al aumentar el valor de una duración aumenta la variabilidad del tiempo subjetivo, o bien, como efecto de la modalidad utilizada, ya que se ha demostrado más variabilidad para los estímulos visuales y una velocidad menor de la tasa del reloj interno (Wearden et al, 1998).

Por último, los intervalos de confianza también confirmaron el efecto de aceleración del reloj, ya que éstos no se traslapan. Los intervalos correspondientes a la presentación del parpadeo en la etapa de entrenamiento se situaron a la derecha de los intervalos de los grupos a los que no se presentó parpadeo. Asimismo, los intervalos derivados de la exposición al parpadeo dentro de la etapa de prueba se situaron a la izquierda de aquellos derivados de la presentación del estímulo sin parpadeo.

Cabe resaltar que en el presente trabajo se asumió que se afectaría la tasa del reloj interno. Sin embargo, de acuerdo al diseño experimental utilizado no puede descartarse que el parpadeo haya influido en la constante de memoria que traduce el valor en el acumulador. Para descartar este efecto sería necesario realizar un experimento en el que a un grupo se le entrene en una condición constante y en una etapa de prueba se presenten estímulos constantes y posteriormente en otra etapa de prueba se presenten estímulos parpadeantes. A otro grupo se le entrenaría con estímulos parpadeantes y en una etapa de prueba se presentarían estímulos parpadeantes y posteriormente en otra etapa de prueba estímulos constantes. De acuerdo a la hipótesis de aceleración del reloj interno, se esperaría obtener, en ambos grupos, dos funciones psicofísicas diferidas ya que la velocidad del reloj interno puede variar de una estimación temporal a otra. Sin embargo, si se afectara la constante de memoria y no la tasa del reloj interno, se obtendrían dos funciones psicofísicas desplazadas, sin embargo, éstas estarían sobrelapadas, ya que el desplazamiento sería permanente, debido a que como mencionan Meck (1983) y Meck et al, (1984), los cambios en memoria son definitivos.

Varios resultados del presente experimento fueron congruentes con la TEE. Primero, se obtuvo la sobreposición al presentar el parpadeo en cualquier etapa de la tarea y al no presentarlo, lo que indica que la propiedad escalar se mantuvo, sin importar la presencia de los parpadeos. El umbral diferencial varió únicamente entre los rangos utilizados, confirmando que a mayores duraciones presentadas se requiere mayor cambio de tiempo para percibir el paso del mismo; es decir, en duraciones mayores, la percepción temporal absoluta disminuye. Por último, la fracción de Weber se mantuvo constante, tal como lo predice la ley de Weber, mostrando que la percepción del tiempo es proporcional a los rangos utilizados; es decir: la percepción temporal relativa permaneció constante. Cabe mencionar que los valores obtenidos en este estudio caen

dentro del rango obtenido generalmente para los estudios de bisección con humanos, que va de valores de fracción de Weber de 0.05 a 0.25 (Allan & Gibbon, 1991; Wearden, 1991; Droit-Volet & Wearden, 2002; Wearden et al, 2003). Estos resultados indican que el efecto de parpadeo únicamente afectó la velocidad del reloj interno, más no la sensibilidad temporal de los sujetos.

Una cuestión importante dentro del estudio de la estimación temporal humana en el que se aplica la tarea de bisección es la localización del punto de bisección en condiciones normales (sin parpadeo). En este trabajo se obtuvo un punto de bisección cercano a la media aritmética en el rango de 200 a 800ms, mientras que en el rango de 400 a 1600ms el punto de bisección se aproximó más a la media geométrica. Este resultado no se encuentra comúnmente dentro de una investigación, sin embargo, al contrastar varios estudios se observa que la localización del punto de bisección varía de uno a otro.

Autor	Rango	Razón L/C	Punto de Bisección	Media Aritmética	Media Geométrica	Modalidad del Estímulo
Allan (2002)	400-800	2/1	610	600	565	V
Droit-Volet &	200-800	4/1	515	500	400	V
Wearden (2002)	400-1600	4/1	915	1000	800	
Wearden, Bajic & Brocki	200-800	4/1	482	500	400	A
Wearden &	200-800	4/1	451	500	400	
Wearden &	200-800	4/1	457	500	400	A
Ferrara (1996)						
Wearden &	200-800	4/1	446	500	400	A
Ferrara (1995)						
Allan & Gibbon (1991)	1000-2000	2/1	1.45	1.5	1.41	A
	1000-1500	1.5/1	1.217	1.25	1.22	
	750-1000	1.33/1	858	875	866	
Wearden (1991)	200-800	4/1	460	500	400	A
	200-800	4/1	440	500	400	

Tabla 11. Puntos de bisección obtenidos y condiciones principales en investigaciones previas.

NOTA: Todos los valores en milisegundos.

Modalidad del estímulo: A = Estímulos Auditivos V = Estímulos Visuales

La Tabla 11 muestra un resumen de varias investigaciones que utilizaron la tarea de bisección de forma comparable a la presentada en el presente trabajo. En ella se observa que el punto de bisección se puede localizar cercano a la media geométrica de las duraciones estándares o próximo a la media aritmética de dichas duraciones.

Una fuente determinante en la localización del punto de bisección es el espaciamiento entre estímulos, el cual influye en los componentes de la comparación (Wearden & Ferrara, 1995) o bien en las distribuciones en memoria (Penney et al, 1998). Sin embargo, estas explicaciones no dan cuenta de las variantes en los resultados obtenidos, pues todas estas investigaciones utilizaron un espaciamiento lineal.

Otra determinante de la localización del punto de bisección que se ha estudiado es la razón entre los estímulos corto y largo. En general, en las investigaciones reportadas se mantiene la predicción de Wearden y Ferrara (1995) que indica que con razones de 2:1 o menores, el punto de bisección se localiza cerca de la media geométrica, y con razones mayores se localizará cerca a la media aritmética. Esto debido a que en razones pequeñas los resultados de la regla de similitud absoluta son parecidos y se recurre en gran medida al sesgo por responder a largo.

Sin embargo, hay excepciones a esta regla. Por ejemplo, Allan (2002) utilizó una razón L/C de 2/1 y obtuvo un punto de bisección mayor a la media aritmética. Por otro lado Droit-Volet & Wearden (2002) utilizaron dos rangos de diferentes duraciones, ambos con una razón de 4/1, obteniendo en el rango pequeño un punto cercano a la media aritmética, tal como predicen Wearden y Ferrara (1995), pero en el rango mayor el punto cayó entre ambos tipos de medias. En el presente trabajo se obtuvo este último patrón, pero al obtener el intervalo de confianza se observó que la media más cercana para el rango mayor fue la media geométrica, por lo que la regla de decisión de similitud absoluta no explica todos los datos obtenidos.

De la misma forma se puede inferir un efecto de modalidad, ya que los puntos de bisección en investigaciones que utilizaron estímulos visuales son mayores a aquellos que se obtuvieron con estímulos auditivos, resultado que ha sido obtenido al estudiar la diferencia de modalidad en la estimación temporal (Penney et al, 1998). Esta diferencia

podría explicar los datos obtenidos en las investigaciones de Allan (2002), Droit-Volet & Wearden (2002) y del presente trabajo, ya que la modalidad visual lleva a estimaciones temporales más variables que la auditiva (Wearden et al, 1998). Esta variabilidad podría provocar que el punto de bisección en duraciones menores a un segundo se localice cerca de la media aritmética, mientras que en duraciones mayores a esta duración la localización no sea tan precisa, debido a que dicha variabilidad aumenta.

Sin embargo, hay otra variable que no se ha contemplado dentro de las investigaciones que tratan con la localización del punto de bisección y que son los valores de las duraciones presentadas. Las investigaciones que utilizan rangos de duraciones menores a 1s tienden a reportar puntos de bisección cercanos a la media aritmética, mientras que aquellas que utilizan duraciones mayores a un segundo tienden a reportar puntos de bisección parecidos a la media geométrica. La presente investigación y la de Droit-Volet & Wearden (2002) utilizaron la misma razón L/C con diferentes rangos de duraciones y encontraron que la localización del punto variaba en ambos rangos en las mismas direcciones. Así mismo, Allan y Gibbon (1991) y Allan (2002) utilizaron la misma razón (2/1) con diferentes rangos de duraciones. En el primer estudio el rango se formaba por duraciones menores a 1s, obteniendo un punto de bisección cercano a la media aritmética; en el segundo las duraciones presentadas eran mayores a 1s, obteniendo un punto de bisección cercano a la media geométrica. En conjunto, estos estudios muestran que aún con la misma razón, el punto de bisección con duraciones menores parece acercarse a la media aritmética, mientras que con duraciones mayores su valor disminuye y se aproxima a la media geométrica. Esto podría ser resultado de la misma propiedad escalar, pues entre más aumente el valor de la duración a estimar, mayor variabilidad habrá, lo que podría llevar a que se utilice en mayor medida el sesgo a responder a Largo, moviendo al punto hacia la media geométrica.

CONCLUSIONES

Es posible observar un efecto del parpadeo de un estímulo visual en la estimación de una duración, congruente con la aceleración de la tasa de pulsos del reloj interno propuesto en la teoría de expectancia escalar. Dicha manipulación provoca un cambio en la tasa del reloj interno que se manifiesta como una sobreestimación o subestimación del tiempo que transcurre en la estimación temporal, pero no afecta a la sensibilidad temporal absoluta ni a la relativa. Esto indica que no se procesa únicamente el tiempo, sino que también influyen las características presentes en la duración.

Una subestimación del tiempo no necesariamente es resultado de una desaceleración de la tasa de pulsos, sino que puede ser resultado de un aumento en la velocidad en la tasa del reloj interno, siempre y cuando los pulsos obtenidos con la aceleración sean almacenados en memoria de referencia y se comparen posteriormente con un valor en memoria de trabajo obtenido con una tasa de pulsos normal. Aunque queda por investigar el papel de la frecuencia de la secuencia de estímulos en la subestimación temporal.

Es necesario continuar con la investigación de la modalidad visual dentro de la estimación temporal, ya que es posible que la modalidad visual influya en el efecto del parpadeo en duraciones mayores. Esto debido a que los estímulos visuales generan una velocidad de tasa menor de emisión de pulsos y son más variables que los estímulos auditivos.

Por último, no se estableció si los factores de la razón L/C o de espaciamiento afectan a la localización del punto de bisección. Ninguna de las explicaciones presentadas hasta el momento da cuenta de los resultados encontrados, aunque pareciera que los valores de las duraciones presentadas también influyen en la localización.

REFERENCIAS

- Allan, L.G. (1998). The Influence Of The Scalar Timing Model On Human Timing Research, *Behavioural Processes*, **44**, 101-117.
- Allan, L.G. (2002). The Location And Interpretation Of The Bisection Point, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **55B**, 1, 43 – 60.
- Allan, L.G., & Gibbon, J. (1991). Human Bisection At The Geometric Mean, *Learning and Motivation*, **22**, 39-58.
- Church, R.M. (1997). Timing And Temporal Search. En C. M. Bradshaw & E. Szabadi (Eds.), *Time And Behaviour: Psychological And Neurobehavioral Analyses*. (Pp. 41-78). Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Church, R.M. (2002). A Tribute To John Gibbon, *Behavioural Processes*, **57**, 261-274
- Church, R.M., & Deluty, M.Z. (1977). Bisection Of Temporal Intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, **3**, 216-228.
- Church, R.M., & Broadbent, H.A. (1990) Alternative Representations Of Time, Number And Rate, *Cognition*, **37**, 55-81.
- 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**, 3, 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, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **50B**, 3, 217 – 237.
- Gescheider, G. A. (1997) *Psychophysics: The Fundamentals*. Third Edition. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibbon, J. (1986). The Structure Of Objective Time: How Time Flies, *The Psychology Of Learning and Motivation*, **20**, 105-135.
- Gibbon, J. (1991). Origins Of Scalar Timing, *Learning and Motivation*, **22**, 3-38.
- Gibbon, J., & Church, R.M. (1990). Representation Of Time. *Cognition*, **37**, 23-54.
- Gibbon, J., & Church, R.M. (1984). Sources Of Variance In An Information Processing Theory Of Timing. En Roitblat, Bever & Terrace (Eds.), *Animal Cognition*, (Pp. 465-488). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Grondin, S. (2001)a. Discriminating Time Intervals Presented In Sequences Marked By Visual Signals, *Perception & Psychophysics*, **63**, 7, 1214-1228.

- Grondin, S. (2001)b. From Physical time to the first and second moments of psychological time, *Psychological Bulletin*, **127**, 1, 22-44
- Grondin, S., Meilleur-Wells, G., Ouellette, C., & Macar, F. (1998). Sensory Effects On Judgments Of Short-Time Intervals. *Psychological Research*, **61**, 261-268
- Grondin, S., Meilleur-Wells, G., & Lachance, R. (1999). When To Start Explicit Counting In A Time-Intervals Discrimination Task: A Critical Point In The Timing Process Of Humans, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **25**, 4, 993-1004.
- Killen, P.R., & Fetterman, J.G. (1988) A Behavioral Theory of Timing, *Psychological Review*, **95**, 2, 274-295.
- Killen, P.R., Fetterman, J.G., & Bizo, L.A. (1997). Time's Causes. En C. M. Bradshaw & E. Szabadi (Eds.), *Time And Behaviour: Psychological And Neurobehavioral Analyses*. (Pp. 79-131). Amsterdam: Elsevier Science B.V
- Maricq, A. V., Roberts, S., & Church, R.M. (1981). Methamphetamine And Time Estimation, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, **7**, 1, 18-30.
- Meck, W.H. (1983). Selective Adjustment Or The Speed Of Internal Clock And Memory Processes, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, **9**, 2, 171-201.
- Meck, W.H., Church, R.M., & Gibbon, J. (1985). Temporal Integration In Duration And Number Discrimination, *Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, **11**, 4, 591-597
- Meck, W.H., Church, R.M., & Olton, D.S., (1984). Hippocampus, Time And Memory, *Behavioral Neuroscience*, **98**, 1, 3-22
- Morrisey, 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.
- Penney, T., Allan, L.G., Meck, W.H., & Gibbon, J., (1998). Memory Mixing In Duration Bisection, En D. A. Rosebaum & C. E. Collyer (Eds.), *Timing Of Behaviour: Neural, Psychological, And Computational Perspectives*. (Pp. 165-193). Cambridge, MA: MIT Press
- Penton-Voak, I. S., Edwards, R., Percival, K., & Wearden, J.H. (1996). Speeding Up An Internal Clock In Humans? Effects Of Click Trains On Subjective Duration,

- Journal of Experimental Psychology: Animal Behaviour Processes*, **22**, 3, 307-320.
- 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**, 705-743.
- Wearden, J.H.(1991). Human Performance On An Analogue Of An Interval Bisection Task, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **43B**, 1, 59 – 81.
- Wearden, J.H., Bajic, K., & Brocki, J. (2003). Temporal Bisection In Humans: Response Strategies, Biases, And The Location Of The Bisection Point, *Manuscrito no publicado: U.K. Manchester University*.
- Wearden, J.H., Edwards, R., Fakhri, M., & Percival, A. (1998). Why “Sounds Are Judged Longer Than Lights”: Application Of A Model Of The Internal Clock In Humans *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **51B**, 1, 97 – 120.
- Wearden, J.H., & Ferrara, A. (1995). Spacing Range Effects In Temporal Bisection By Humans, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **48B**, 4, 289 – 310.
- Wearden, J.H., & Ferrara, A. (1996). Stimulus Range Effects In Temporal Bisection By Humans, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **49B**, 1, 24 – 44.
- Wearden, J.H., Philpott, K., & Win, T. (1999). Speeding 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.