



Comparación de juicios temporales entre adolescentes y adultos en una tarea de identificación^{1, 2}

Luis Alfaro³

Facultad de Psicología

UNAM (México)

Florente López

Facultad de Psicología

UNAM (México)

Resumen

Se comparó la ejecución de adolescentes y adultos con un procedimiento de identificación de juicios temporales. Para cubrir con ese objetivo se utilizó una tarea en la que los participantes debían anticipar la ubicación de un tiro penal usando diferentes duraciones de un estímulo como referencia. La tarea permitió contrastar la ejecución de los grupos en términos de indicadores similares a los reportados en bisección, generalización así como la cantidad de aciertos totales. Contrario a lo observado con tareas de bisección y generalización se apreciaron diferencias entre ambos grupos en la precisión para discriminar duraciones. Se argumenta que la tarea aquí utilizada demandó mayores niveles atención y memoria de trabajo, lo cual, fue suficiente para apreciar diferencias en la precisión para discriminar duraciones entre los grupos. Además, se resalta que la tarea utilizada permitió capturar las diferencias señaladas en trabajos de corte fisiológico en términos de atención y memoria de trabajo entre los dos grupos.

Palabras clave: *Juicios temporales, identificación, adolescentes, adultos, atención y memoria de trabajo*

Abstract

In this work, a comparison of teenagers and adults' performance in an identification of temporal duration's task was conducted. With this aim, we employed a task in which the participants had to anticipate the localization of a goal shoot using a duration of a stimulus as a cue. The task allowed comparisons of the group's performance on measures similar to bisection and generalization as well as on target hits. Contrary to reports with bisection and generalization tasks, we observed differences in the precision of temporal discrimination between groups. We argued that the task here employed increased the levels of attention and memory work demand and that these processes were involved in the observed differences in the discrimination of durations. Additionally, we detected that the greater precision of adult temporal judgments was consistent with physiological experimental reports related to attention and work memory.

Keywords: *Temporal judgments, identification task, teenagers, adults, attention and work memory*

En las últimas dos décadas ha aumentado la cantidad de trabajos interesados en comparar la ejecución de grupos de diferentes edades empleando tareas que evalúan la estimación de intervalos breves,

¹ La referencia de este artículo en la web es: <http://conductual.com/Comparacion-juicios-temporales-entre-adolescentes-adultos>

² Agradecimientos: Se agradece a DGAPA por la beca de posdoctorado del primer que permitió que este trabajo se llevara a cabo. Este proyecto recibió financiamiento de la Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT-IN-306315). Se agradece la asistencia técnica del Ingeniero Marco Negrete por la elaboración de una versión pre-eliminar de la tarea empleada.

³ Correspondencia: Luis Alfaro. Av. Universidad 1900, edificio 7, interior #4. Correo electrónico: luisalfaroh@gmail.com



conocidas como tareas de juicios temporales (Allan, 1979). Es posible que dicho incremento se deba a que estas tareas facilitan la detección de diferencias en algunas habilidades cognitivas en diferentes etapas del desarrollo. La conclusión general de ese conjunto de investigaciones es que la precisión de los juicios temporales tiende a mejorar con la edad hasta alcanzar la edad adulta (Droit-Volet, Clément, & Wearden, 2001; Droit-Volet & Wearden, 2001; McCormack, Brown, Smith, & Brock, 2004; Rattat & Droit-Volet, 2005). Sin embargo, los estudios sugieren que se requiere considerar las características de la tarea que se utiliza en la evaluación para interpretar los resultados apropiadamente. Al respecto algunos trabajos señalan que las diferencias de juicio temporal entre grupos de diversas edades son moduladas por la dificultad de la tarea empleada y sugieren la necesidad de identificar los factores cognitivos involucrados en cada tipo de tarea (Droit-Volet, Wearden & Zélandi, 2015). Las tareas de juicios temporales más utilizadas para comparar grupos de edades diferentes son: a) reproducción; b) generalización y; c) bisección.

En tareas de reproducción los participantes son expuestos a un estímulo con una duración estándar e inmediatamente se les solicita reproducir la duración del estímulo presentado. En general, los participantes deben “igualar” lo más exactamente posible el tiempo de la duración estándar con su reproducción (Droit-Volet & Zelanti, 2013). Al utilizar esta tarea para comparar grupos de diferentes edades se aprecia que los grupos de menor edad sobrestiman considerablemente duraciones menores a 2 segundos. Una posible explicación de dicha sobrestimación es que los infantes se demoran más en emitir respuestas (debido a una menor velocidad de procesamiento) que los grupos de mayor edad (Droit-Volet & Zelanti, 2013). Con duraciones mayores a 2 segundos, en general, se observa sub-estimación, la cual es más pronunciada en grupos de menor edad (Szélag, Kowalska, Rymarczy & Pöppel, 2002). Al respecto algunos autores (Block, Zakay & Hancock, 1999) sugieren que el incremento de la duración del estímulo demanda más atención para generar una estimación precisa y también, aunque en menor medida, incrementa la demanda de memoria de trabajo (Ulbrich, Churan, Fink & Wittmann, 2007).

En tareas de generalización los participantes deben juzgar si una duración de prueba es o no igual a una duración estándar, con o sin retroalimentación de su ejecución (Droit Volet & Izaute, 2005; Wearden & Farrar, 2006). En tareas de generalización la probabilidad de responder “iguales”, cuando el estímulo estándar y el de comparación son efectivamente iguales, es mayor para adultos que para infantes. Sin embargo, la probabilidad de responder ‘iguales’, cuando en realidad son diferentes, es mayor para los infantes que para los adultos. En términos generales, el gradiente de generalización de los adultos es más apuntado (preciso) y el de los infantes más plano (generalizado) indicando mayor capacidad de discriminación de los adultos. Algunos autores consideran que este hallazgo sugiere que la capacidad para atender y retener el tiempo del estímulo de comparación mejora con la edad (Droit-Volet, 2002; Droit-Volet, Clément & Wearden, 2001).

Las tareas de bisección habitualmente se dividen en dos fases: una de entrenamiento y otra de prueba. Durante la fase de entrenamiento los participantes son expuestos a dos diferentes duraciones de un estímulo, una corta y otra larga, con la oportunidad de responder en una de dos alternativas, estableciendo una asociación, entre cada duración y una alternativa en particular (i.e., corto =izquierda y largo= derecha). En la fase de prueba los participantes son expuestos a las mismas duraciones entrenadas, corta y larga, en conjunto con una serie de duraciones intermedias (Ortega & López, 2008); en esta última fase habitualmente no se brinda retroalimentación (Allan & Gibbon, 1991). Debido a que las únicas alternativas de respuesta disponibles son las asociadas a corta y larga, al presentarse cada duración de muestra los participantes deben juzgar a cuál de las dos duraciones es más semejante (Lejeune & Wearden, 2006). Al comparar grupos de diferentes edades en tareas de bisección se observa que la sensibilidad temporal de infantes de menos de 8 años es menor a la de Adultos. Algunos autores consideran que lo



anterior puede entenderse porque intervienen factores atencionales (Gautier & Droit-Volet, 2002a; Droit-Volet, 2003) y de recuerdo de información (Droit-Volet & Rattat, 2007; Droit-Volet, Tourret, & Wearden, 2004). Zélanti & Droit-Volet (2011) señalaron que ambos factores son afectados por la edad, es decir, que en edades tempranas las habilidades de atención y recuperación de información son limitadas pero que mejoran con la edad. Debido a lo anterior, la sensibilidad al paso del tiempo es menor en poblaciones de entre 5 y 8 años que en los adultos. De forma congruente, algunos estudios de discriminación con atención dividida (Gautier & Droit-Volet, 2002b; Rattat & Dorit-Volet, 2001), muestran que cuando se pide a participantes distinguir entre duraciones mientras efectúan otra tarea, la sensibilidad al paso del tiempo disminuye. Estas interpretaciones son consistentes con algunos supuestos del modelo SET (Gibbon, Church & Meck, 1984) ya que dicho modelo considera que los juicios temporales intervienen procesos relacionados con estimación, recuperación de información y elección. Por lo tanto, manipulaciones que afecten la demanda de atención y memoria de trabajo pueden afectar la ejecución, o incrementar las diferencias entre poblaciones con diferentes niveles de esas habilidades.

En conjunto los trabajos mencionados sugieren que atención, memoria de trabajo y posiblemente velocidad de procesamiento (Droit-Volet & Zélanti, 2013) promueven diferencias en términos de sensibilidad a las duraciones entre grupos de diferentes edades. A pesar de que esa idea es sostenida por la mayoría de estudios sobre juicios temporales abordados desde una perspectiva de desarrollo, no se reportan diferencias entre adolescentes (entre 12 y 15 años) y adultos (Block, Zacay & Hancock, 1999; Droit-Volet & Wearden, 2001; McCormack, Brown, Smith, & Brock, 2004) con ninguna de las tareas mencionadas. Ese hallazgo resulta incongruente con una serie de estudios que indican que la corteza pre-frontal, una estructura fisiológica relacionada con atención (Monk, McClure, Nelson, Zarah, Bilder, Leibenluft, Charney, Ernst, & Pine, 2003) y recuperación de información (Luna, Garver, Urban, Lazar, & Sweeney, 2004), continúa su desarrollo después de la adolescencia (Gogtay, Giedd, Lusk, Hayashi, Greenstein, Vaituzis, Nugent, Herman, Clasen, Toga, Rapoport, & Thompson, 2004; Huttenlocher, 1979) alcanzando cierto grado de estabilidad en una edad aproximada a los 25 años (Shaw, Kabani, Lerch, Eckstrand, Lenroot, Gogtay, Greenstein, Clasen, Evans, Rapoport, Giedd, & Wise, 2008).

Quizá la ausencia de diferencias en la precisión de juicios temporales entre adolescentes y adultos se relacione con que las tareas hasta ahora mencionadas, aunque involucran aspectos de atención y memoria de trabajo sobre la ejecución (Droit-Volet, Wearden & Zélanti, 2015), no son lo suficientemente complejas para reflejar las diferencias señaladas por la literatura de fisiología. Por tanto, es posible que se encuentren diferencias en la ejecución de adolescentes y adultos cuando la tarea de juicios temporales incremente la demanda de atención y memoria de trabajo.

De acuerdo con Allan (1979) existen 4 procedimientos generales para evaluar estimación temporal: 1) Muchos estímulos para pocas alternativas, dentro de la cual puede incluirse a la tarea de bisección; 2) Un solo estímulo, a lo largo de la tarea se presenta exclusivamente una de dos duraciones y se clasifica la duración presentada como corto o como largo; 3) Comparación, donde los participantes determinan el orden en que se presentaron dos duraciones; es decir determinan cuál se presentó primero y cuál después; 4) Identificación, en el que los participantes son expuestos a una serie de duraciones, típicamente más de dos, y por cada duración utilizada existe una alternativa de respuesta asociada a ella.

El presente trabajo tiene por objetivo comparar la ejecución de adolescentes y adultos en una tarea de juicios temporales que incremente la demanda de atención y memoria de trabajo, sin afectar la velocidad de procesamiento. En consecuencia, el procedimiento más adecuado para cubrir con dicho objetivo es el de identificación. A continuación se mencionan sus ventajas principales:



1. Contemplan una mayor cantidad de alternativas de respuesta, debido a que cada duración se asocia con una alternativa de respuesta de manera exclusiva. Como consecuencia de lo anterior la elección del participante, ensayo a ensayo, no es dicotómica, como ocurre en tareas de bisección y generalización, y la probabilidad de clasificar correctamente una duración por azar es menor a 0.5. En la tarea utilizada en este trabajo la probabilidad de azar es de 0.2, lo cual contribuye a incrementar la demanda de habilidades atencionales y de recuperación de información.
2. Controla los efectos de la velocidad de procesamiento en el juicio de duraciones. Debido a que la tarea no impone ninguna restricción temporal para la emisión de respuestas, es posible que la velocidad de procesamiento no repercuta sobre la precisión de juicios temporales. No obstante, de existir algún efecto de velocidad de procesamiento sobre la precisión de juicios temporales se espera que la cantidad de aciertos y la latencia de respuesta estén correlacionadas.
3. Permite comparar la ejecución con la obtenida en tareas de bisección y generalización. La unidad de medida en tareas de identificación se puede equiparar a la de tareas de bisección si se consideran exclusivamente las respuestas a las alternativas asociadas con las duraciones extremas (Corta y Larga, C y L a partir de este momento). De ese modo, es posible utilizar como referencia de comparación los parámetros de mejor ajuste a una ojiva debido a que el patrón resultante es una curva psicofísica (ver un análisis similar en el experimento 2 de Droit-Volet & Izaute, 2009). Además, evaluando número de respuestas a la alternativa asociada a la duración intermedia para cada duración presentada, es posible apreciar un patrón de respuesta similar al de un gradiente de generalización. Para dicho análisis, la duración intermedia es equiparada con la duración estándar, permitiendo comparar tanto la precisión de la discriminación como su simetría (Droit-Volet, & Izaute, 2005).
4. Relaciona la emisión de juicios temporales con otras dimensiones. Debido a que cada duración se debe corresponder con una alternativa de respuesta, cada alternativa debe ser distinguible de las otras. Por lo tanto, la tarea ofrece la posibilidad de utilizar una diversidad de dimensiones, físicas o arbitrarias, para distinguir entre las opciones de respuesta. En el presente trabajo se eligió la dimensión espacial, lo cual posiblemente contribuya a reducir el tiempo para aprender a discriminar entre alternativas. En consecuencia, se incrementa la posibilidad de determinar si las diferencias entre grupos se deben a la influencia de atención y memoria de trabajo sobre la ejecución.

En resumen, el presente trabajo tiene por objetivos: a) comparar la ejecución de juicios temporales entre adultos y adolescentes; b) controlar el efecto de la velocidad de procesamiento en una tarea de juicio temporal, incrementando la demanda de memoria de trabajo y atención a través de una tarea de identificación.

Método

Participantes

Diez adolescentes de entre 12 y 13 años (media= 12.8, S.D.=0.35), cuatro mujeres y seis hombres, y diez adultos (edad= 21.8, S.D. = 1.47), siete mujeres y tres hombres. De la muestra de adolescentes, seis de los participantes cursaban el 6to año de primaria y cuatro cursaban el primer año de secundaria durante la aplicación de la prueba. En la muestra de adultos, todos cursaban alguno de los tres primeros semestres de la licenciatura en psicología. Todos los participantes adolescentes provinieron de escuelas del Distrito Federal, y los participantes adultos de la Universidad Nacional Autónoma de México. En ambos grupos la participación fue voluntaria. Los criterios de inclusión tanto de la muestra de adolescentes como la de adultos fue que finalizaran el entrenamiento (descrito más adelante) en menos de 3 minutos.

Materiales y Aparatos

Los participantes fueron evaluados individualmente en un cuarto aislado. Se utilizó una computadora personal Dell ® de 14 pulgadas modelo Inspiron-I5447 con procesador Core i5 para presentar la tarea, la cual se programó utilizando la plataforma Psychopy (Peirce, 2007) versión 1.80.03 que emplea el lenguaje de programación Python. Se usaron audífonos Sony ® modelo MDR-EX15LP con el objetivo de aislar a los participantes de ruido del ambiente. Además, se utilizó un ratón (mouse) Hp ® modelo Qy777aa para registrar las respuestas de los participantes.

Procedimiento

Todos los participantes fueron expuestos a dos fases experimentales: una de entrenamiento y otra de prueba. Durante la fase de entrenamiento los participantes recibieron la siguiente indicación:

“A continuación se te presentará una tarea en la que deberás arrastrar un portero con el objetivo de tapar un tiro penal. El disparo puede dirigirse a una de las cinco ubicaciones marcadas en colores. Un tirador se presentará antes de cada disparo, y variará el tiempo que tarda en realizarlo: el tiempo que tarde el tirador en hacer su disparo es una pista para adivinar la ubicación del tiro. Haz click para ver un ejemplo”.

Una vez otorgada la indicación inició la fase de entrenamiento, en la que el participante debía seleccionar la ubicación del portero en una de cinco zonas de la portería (Arriba-izquierda, Arriba-derecha, Centro, Abajo-izquierda, Abajo derecha) utilizando como clave la duración de un estímulo (la imagen de un tirador) con el propósito de detener el tiro penal. La duración del estímulo varió dentro del rango de 0.5s y 2.5s con tres valores intermedios (1s, 1.5s y 2.0s). Esto es en una razón 5:1, la cual es próxima a la razón habitualmente empleada en estudios de bisección temporal (Wearden & Ferrara, 1996). Se brindó retroalimentación a la asociación entre duración y ubicación seleccionada por el participante. En caso de acertar, el portero detuvo el balón y caso contrario se registró un gol (para ver un esquema de la tarea vea la Figura 1). En esta fase cada duración se presentó sucesivamente hasta que el participante logró realizar tres respuestas correctas consecutivas por cada duración. Es decir, en caso de error la misma duración se repitió por lo menos tres ocasiones más y después se presentó la siguiente. Las duraciones fueron presentadas para todos los participantes en el siguiente orden: 2.0s, 0.5s, 2.5s, 1.0s, 1.5s. Dado que se utilizaron cinco diferentes duraciones, el mínimo de respuestas para finalizar el entrenamiento fue de 15. Una vez alcanzado el criterio de finalización del entrenamiento se presentó una pantalla informando que iniciaba una fase de prueba. El inicio de la fase de prueba se señaló con la siguiente indicación: “Ahora podemos comenzar el juego”.

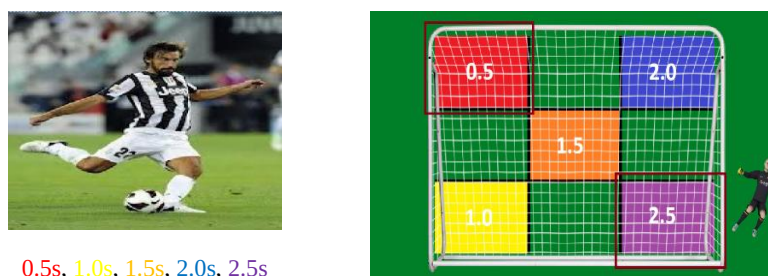


Figura 1. Muestra el esquema de presentación de estímulos durante la tarea. A la izquierda se presenta el estímulo utilizado como clave temporal (tirador) así como los valores de duración utilizados. A la derecha se muestran las zonas permitidas para el registro de la tarea. Los números fueron agregados exclusivamente para este diagrama, con el objetivo de ilustrar la relación existente entre la duración y cada ubicación. Los recuadros señalan las ubicaciones asociadas con las dos duraciones extremas.



En términos generales, la fase de prueba fue semejante a la de entrenamiento, salvo por las siguientes variaciones: 1) Los ensayos se agruparon en 12 bloques de 10 ensayos (120 ensayos en total); 2) En cada bloque se presentó cada duración en dos ocasiones, pero el orden de presentación de las duraciones se hizo por ordenamientos aleatorios. De esta manera, aunque el orden de presentación de las duraciones difirió entre los bloques, el número de exposiciones fue de 24 para cada duración en total; 3) Además de la retroalimentación brindada por la ubicación final de cada tiro penal, por cada penal detenido el participante recibió un punto en un contador acompañado por un sonido (aplausos), de lo contrario el participante no recibió puntos y se presentó un sonido diferente (abucheos); 4) Al término de cada bloque se presentó una pantalla azul por un periodo de 3 segundos e inmediatamente se dio inicio a un nuevo bloque de ensayos.

Registro conductual

Se registró la latencia de respuesta, medida como el tiempo desde que termina la presentación del tirador hasta que el participante selecciona una de las 5 ubicaciones registradas por el programa. De acuerdo con Garaizar & Vadillo (2014) versiones de Psychopy superiores a 1.80 permiten registrar de forma precisa y confiable intervalos mayores a 16.5 ms. Adicionalmente, se registró la selección final del participante, considerada como la ubicación en la cual colocó al guardameta después de haberlo arrastrado con el ratón en una de las cinco zonas registradas por el programa. Si la ubicación seleccionada coincidía con la ubicación final del balón entonces se registraba un acierto, de lo contrario se registraba un error. El tiempo promedio del experimento fue de 17 minutos, incluyendo la fase de entrenamiento.

Reducción y análisis de datos

Se analizó el número de respuestas a largo (L; Abajo-derecha, asociada con la duración 2.5) dividido entre el número de respuestas a corto (C; Arriba-izquierda, asociada a la duración 0.5) más la cantidad de respuestas a L, para cada segmento de duración presentada;

A partir de ese análisis, se realizó el ajuste de la función ojiva de dos parámetros (Beckmann & Young, 2009):

$$y=1/(1+\exp(-s(t-b))) \quad (1)$$

Donde, y es la proporción de respuestas estimada en L y t la duración presentada. El parámetro b representa un estimado del centro (la duración a la cual la probabilidad de responder L y C es la misma, punto de indiferencia entre las duraciones extremas). El parámetro s es un estimado de la pendiente de la función, una medida de precisión de la discriminación.

Con base en un algoritmo no-lineal (nls del programa R; Baty et al., 2015) se obtuvo la combinación de parámetros que redujo al mínimo el error residual. Una vez obtenidos los mejores ajustes a la función, para cada población, se analizaron los siguientes indicadores:

1. El punto de igualdad subjetiva, punto en el que la cantidad de respuestas a L y C alcanzó una probabilidad de 0.5, conocido también como punto de bisección;
2. La pendiente, utilizado como un indicador de precisión, entre más alto es el valor se denota una mayor precisión;
3. La diferencia apenas perceptible, obtenida a partir de restar la duración (t) a la cual se otorga el 0.75 de respuestas al segmento más Largo menos el tiempo al cual al segmento más Largo se le otorga el 0.25 de las respuestas y dividirlo entre 2, conocido como limen diferencial;



4. La razón de Weber determinada por el valor del limen diferencial dividido por el punto de bisección.

Adicionalmente, para cada grupo se evaluó lo siguiente: 1) el promedio de respuestas a la alternativa asociada a L para cada una de las cinco duraciones utilizadas; 2) el promedio de respuestas correctas por bloque de ensayos; 3) la latencia promedio; 4) el promedio de respuestas correctas por duración y; 5) la cantidad de respuestas al Centro a cada duración.

Resultados

La proporción de respuestas en L respecto a la suma de las respuestas en C + L, sobre los datos promedio de cada grupo, incrementó sistemáticamente con el incremento del valor utilizado como duración del estímulo para ambas poblaciones. La tendencia descrita fue corroborada al ajustar una función ojiva a los datos, apreciándose bajos niveles de error residual en ambas poblaciones (ver Figura 2). En el presente estudio se ajustó la función ojiva (Beckmann & Young, 2009) a los datos promedio de cada grupo y se utilizaron los intervalos de confianza para su contrastación. En la Tabla 1 se presentan los parámetros de mejor ajuste de la función ojiva en conjunto con otros parámetros descriptivos. En general, se apreciaron diferencias considerables en los indicadores asociados a sensibilidad (s , limen y razón de Weber) y no se apreciaron diferencias en el parámetro asociado al punto de indiferencia (b). Lo cual implica diferencias entre grupos en la precisión para discriminar intervalos temporales, pero similitud en el punto de igualdad subjetiva para clasificar un intervalo como C o L.

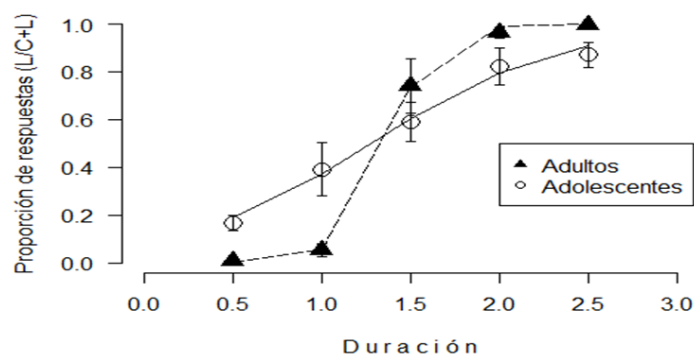


Figura 2. Promedios de la proporción de respuestas a L en cada una de las duraciones de prueba. En triángulos llenos se muestran los datos de los adultos y en círculos vacíos los de los adolescentes. El mejor ajuste de la función ojiva se representa para adultos con una línea punteada y con una línea continua para adolescentes. Las barras de error representan el error estándar de cada conjunto de datos.

Parámetro	b	0.05%	0.95%	s	0.05%	0.95%	RSE	R2	limen	WR
Adolescentes	1.28	1.14	1.41	1.88	1.39	2.36	0.032	0.991	0.59	0.46
Adultos	1.36	1.32	1.41	7.66	5.53	9.79	0.018	0.999	0.14	0.11

Tabla 1. Muestra los parámetros de ajuste de cada grupo, sus intervalos de confianza, los valores de error de ajuste, así como el limen diferencial y la razón de Weber.

Debido a que en algunos casos (3 y 4, para adolescentes y adultos respectivamente): la cantidad de respuestas a C o L no fueron suficientes, o bien, los datos sugirieron que la discriminación ocurrió en un solo paso y no gradualmente, se realizó un análisis de inspección visual de las distribuciones de los



parámetros entre grupos. Al realizar dicho análisis se apreció que las muestras contrastadas no difirieron considerablemente en términos del punto de bisección, pero si respecto a la pendiente (Ver Figura 3).

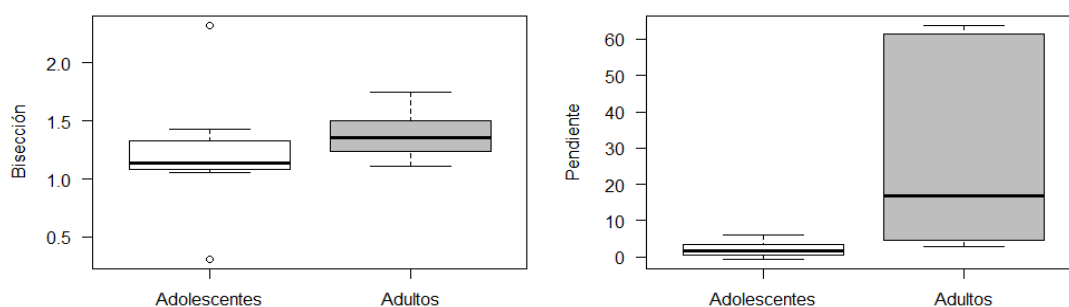


Figura 3. Muestra la comparación de parámetros de mejor ajuste entre grupos. Únicamente se presentan 7 datos para el grupo adolescentes y 6 para el grupo adultos. En el panel de la izquierda se presentan los valores del punto de bisección y en el panel derecho se presentan los valores del parámetro pendiente. Las cajas blancas presentan la distribución del grupo de adolescentes y las cajas grises las del grupo de adultos.

Otro indicador que permitió comparar la precisión en la emisión de juicios temporales entre grupos fue la cantidad de aciertos (ver panel izquierdo de la Figura 4). En dicha comparación se apreciaron diferencias significativas entre adolescentes (media = 4.38) y adultos [media=6.11; $F(1,18) = 6.94$, $p < 0.05$]. Dicho resultado indica que los participantes adultos fueron más precisos en la resolución de la tarea. Además, con el objetivo de evaluar si la latencia entre grupos fue diferente, y eso incidió de alguna forma sobre la precisión en la emisión de juicios temporales, ambos grupos fueron contrastados (ver panel derecho de la Figura 4). En dicha contrastación no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas [$F(1,18) = 0.40$, $p > 0.05$].

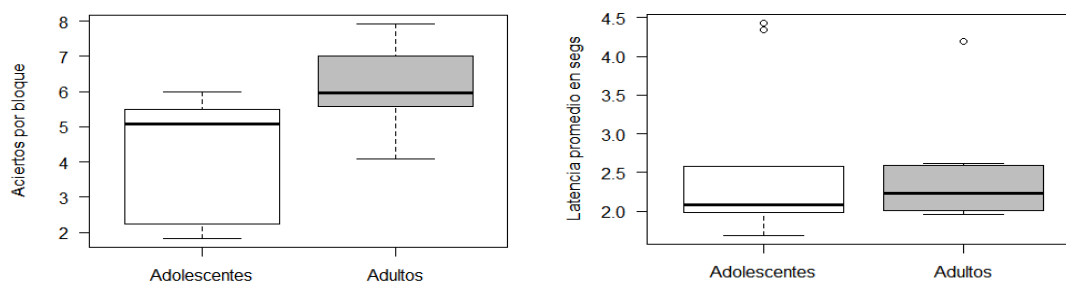


Figura 4. El panel izquierdo muestra la comparación de aciertos por bloque para cada grupo. Del lado derecho se muestran las latencias de respuesta en segundos. En ambos casos, las cajas blancas presentan la distribución del grupo de adolescentes y las cajas grises las del grupo de adultos.

Por otra parte, empleado un ANOVA mixto para comparar la cantidad de aciertos en función de cada duración presentada por grupo (ver panel izquierdo de la Figura 5), con duración como factor intra-grupos y edad como factor entre grupos, se identificó que la duración tuvo un efecto significativo sobre la cantidad de aciertos [$F(4,72) = 14.02$, $p < 0.001$]. Al realizar un análisis de tendencias polinomial del efecto de duración se apreció que la tendencia con mejor ajuste fue la cuadrática [$F(1,18) = 26.10$, $p < 0.001$]. Lo anterior se puede interpretar como que, tanto más intermedia fue la duración presentada más difícil resultó discriminarla y entre más extrema fue la duración su discriminación fue más sencilla. Aunque también



alcanzaron valores significativos la tendencia lineal [$F(1,18) = 10.47, p < 0.01$] y de 4to orden [$F(1,18) = 5.22, p < 0.05$]. Así también, el efecto de edad (10.5 ± 1.05 para adolescentes y 14.70 ± 1.61 para adultos) fue significativo [$F(1,18) = 7.27, p < 0.05$]. El efecto de interacción entre edad y duración no fue significativo [$F(4, 72) = 0.88, p > 0.05$]. Los últimos dos resultados en conjunto muestran nuevamente que los adultos fueron más precisos en la discriminación para todas las duraciones presentadas.

Por último, para complementar el análisis de diferencias en términos de precisión entre adolescentes y adultos se evaluó, para cada duración, la cantidad de respuestas a la alternativa asociada a la duración intermedia (Centro). De ese modo se obtuvo una distribución similar a un gradiente de discriminación para cada grupo, permitiendo comparar la precisión de la discriminación y la simetría de la misma. En general se mostró una discriminación más precisa para adultos que para adolescentes y en ambos casos se apreció una ligera asimetría. Para evaluar las diferencias en términos estadísticos se realizó un ANOVA mixto. El test de Mauchly indicó que el supuesto de esfericidad fue violado, por tal motivo los grados de libertad se ajustaron utilizando la corrección de Greenhouse-Geisser ($\epsilon = 0.66$) encontrando efectos significativos de duración [$F(2.64, 47.50) = 31.24, p < 0.001$] y de interacción entre duración y edad [$F(2.64, 47.50) = 5.07, p < 0.01$]. La tendencia que mejor describió el efecto de interacción fue el de una función cuadrática [$F(1, 18) = 9.826, p < 0.01$]. Sin embargo, no se encontraron efectos significativos de edad [$F(1, 18) = 0.662, p > 0.05$].

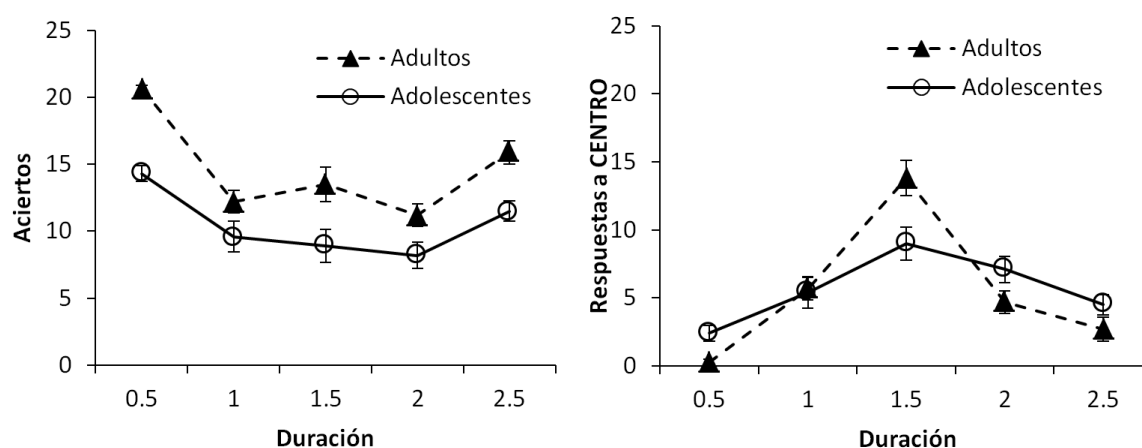


Figura 5. En el panel de la izquierda se muestra por grupo y para cada duración la distribución de respuestas correctas. En el panel de la derecha se muestra por grupo y para cada duración la distribución de respuestas asociadas a la duración intermedia. Para ambos gráficos de izquierda a derecha se presenta desde la duración más corta a la más larga, el grupo de adolescentes se representa con una serie de círculos vacíos unidos por una línea continua y el de adultos con una serie de triángulos rellenos unidos por una línea punteada. Las barras de error representan el error estándar para cada conjunto de datos.

Discusión

Los objetivos centrales del presente trabajo fueron comparar la ejecución de juicios temporales de adultos y adolescentes, controlando el efecto de la velocidad de procesamiento e incrementando la demanda de memoria de trabajo y atención empleando una tarea de identificación. En el análisis de la proporción de respuestas a L sobre las respuestas de C y L de ambos grupos se apreció un patrón de respuesta típicamente asociado a una curva psicofísica, similar a la obtenida con procedimientos de bisección (Droit-Volet & Izaute, 2009; Droit-Volet, Tournet, & Wearden, 2004; Ortega & López, 2008). Además, en la comparación de las curvas descritas por los valores promedio por grupo se apreciaron diferencias considerables en términos de los parámetros asociados a sensibilidad (s , limen y WR) y no en términos del punto de indiferencia (b). Los análisis de inspección visual corroboraron las diferencias en



términos de sensibilidad. En general, los adultos mostraron mayor sensibilidad a los cambios en las duraciones que los adolescentes. Dicha evidencia es opuesta a los datos obtenidos en estudios previos utilizando la tarea de bisección en los cuales no se habían reportado diferencias entre estos dos grupos de edades (Block, Zacay & Hancock, 1999; Droit-Volet & Wearden, 2001; McCormack, Brown, Smith, & Brock, 2004).

Las diferencias entre adultos y grupos de menor edad a la adolescencia (de 8 a 5 años) se han interpretado en términos de diferencias en habilidades de atención y memoria de trabajo (Gautier & Droit-Volet, 2002a; Droit-Volet, 2003; Droit-Volet & Rattat, 2007; Droit-Volet, Tourret, & Wearden, 2004; Zélanti & Droit-Volet, 2011), esa misma explicación se puede aplicar a las diferencias observadas en el presente trabajo. Específicamente, debido a que la tarea utilizada empleó una alternativa de respuesta asociada para cada duración presentada, la exigencia en la precisión de la respuesta incrementó y es plausible que su resolución haya demandado un nivel más alto de habilidades de atención y memoria de trabajo en relación al nivel exigido en tareas de bisección. Dicha interpretación también es consistente con la evidencia reportada en estudios de corte fisiológico, los cuales consideran que algunos sustratos biológicos relacionados con atención y memoria de trabajo continúan desarrollándose aún después de la adolescencia (Gogtay et al, 2004; Huttenlocher, 1979). Aunque cierta evidencia sugiere que el desarrollo de dichos sustratos continúa incluso aún después de la edad promedio de la muestra de adultos considerada en este trabajo (Shaw et al, 2008), que en sentido estricto no sería el mejor grupo de referencia, consideramos que el promedio de edad del grupo del presente estudio está muy próximo al punto de estabilidad sugerido en dicha evidencia.

También se observaron diferencias en términos de precisión entre grupos en la cantidad de aciertos totales. Por tanto, hubo correspondencia entre los indicadores de precisión típicamente calculados para bisección y la cantidad de aciertos, lo cual fortalece la idea de que las diferencias observadas en este trabajo se deben a que la tarea utilizada incrementó la demanda de atención y memoria de trabajo respecto a la tarea de bisección. Además, si bien algunos estudios reportan que la retroalimentación de la ejecución mejora la precisión de forma más notable para los grupos de menor edad (Droit-Volet & Izaute, 2009), en este caso dicha mejoría no fue suficientemente fuerte para reducir las diferencias en relación al grupo de adultos. Es decir, dado que ambos efectos son opuestos, puede presumirse que el efecto de presentar una alternativa de respuesta por cada duración fue más robusto que el efecto de la retroalimentación de la ejecución sobre la precisión de juicios temporales en los adolescentes.

Por otra parte, no se apreciaron diferencias significativas en las latencias de respuesta entre los dos grupos. Aunque en este trabajo la latencia de respuesta no se puede relacionar directamente con la velocidad de procesamiento, debido a que no fue impuesta ninguna restricción temporal para la emisión de la respuesta, como suele hacerse en tareas que evalúan esa habilidad (Droit-Volet & Zélanti, 2013), es posible que dicho indicador se pueda tomar como evidencia de que la tarea logró controlar el efecto de este factor sobre el juicio de temporal. Lo anterior es claro si se compara esta tarea con tareas de reproducción. En tareas de reproducción se impone la duración muestra -de forma implícita- como criterio de restricción temporal para la emisión de la respuesta. En consecuencia, el tiempo entre la “decisión” y la emisión de la respuesta del participante afecta la proximidad con la que se registra la respuesta, dicho factor suele ser contemplado en la precisión de juicios temporales (Droit-Volet, Wearden & Zélanti, 2015). En cambio, en la tarea aquí utilizada, al relacionar cada duración con una ubicación espacial, la velocidad de procesamiento no tuvo efecto sobre la precisión de la respuesta. En este caso la precisión fue afectada principalmente por la capacidad para identificar de manera exacta la duración presentada y recordar la alternativa asociada a dicha duración. Por tanto, los resultados obtenidos



muestran que distintos niveles de atención y memoria de trabajo pueden ser “suficientes” para dar cuenta de diferencias en la precisión de juicios temporales.

La interpretación de las diferencias entre adolescentes y adultos en la precisión de juicios temporales ofrecida hasta ahora es compatible con la analogía del reloj interno empleada por el modelo -SET- (Gibbon, Church & Meck, 1984). Ese modelo considera que el juicio temporal es el resultado de la interacción entre diferentes procesos. En dicha analogía, se plantea que en la discriminación temporal intervienen, al menos, los siguientes elementos: 1) un acumulador de pulsos; 2) dos almacenes que retienen tanto la duración vigente en el acumulador de pulsos, como la duración entre eventos relevantes; y 3) un comparador que contrasta la información retenida en los dos almacenes y con base en ello se realiza la elección de emitir o no una respuesta (Wearden & Jones, 2013). Específicamente, en el presente trabajo se considera que los distintos niveles de precisión para estimar juicios temporales entre los grupos evaluados se deben a ligeras diferencias en los procesos de acumulación de pulsos y, de la retención de pulsos y las diferentes duraciones, que son capturadas por la tarea aquí empleada pero no por tareas tradicionales de bisección o generalización.

Adicionalmente, considerando la proporción de aciertos para cada duración se identificó que la tendencia cuadrática describió de forma razonable los datos. Ese resultado, en conjunto con la ubicación del punto de bisección entre la media geométrica y la aritmética, se puede interpretar como evidencia de una influencia aproximadamente simétrica de la incertidumbre provocada por el rango de duraciones utilizadas en esta tarea (Wearden & Ferrara, 1995, 1996). Sin embargo, se observó una ligera asimetría obteniendo más aciertos para la duración más corta respecto a la más larga. Dicha asimetría se puede entender si se considera que las diferencias entre las duraciones más cortas son apreciadas con mayor facilidad que las diferencias entre duraciones más largas (Allan, 1979; Getty, 1975) y esa tendencia puede acentuarse cuando se utiliza una escala aritmética (Koepec & Brody, 2010; Wearden & Ferrara, 1995).

Un hallazgo que brinda respaldo a la afirmación anterior es que al graficar la proporción de respuestas sobre la alternativa asociada a la duración intermedia (1.5s) para cada una de las duraciones se observó un patrón similar, pero inverso (Droit-Volet & Izaute, 2009). Es decir, la tendencia de los datos fue bien descrita por una función cuadrática y se apreció cierta asimetría de la función, registrando ligeramente una mayor proporción de respuestas al centro para las duraciones más largas (2.0s y 2.5s) respecto a las más cortas (0.5 y 1.0s). Adicionalmente, al contrastar entre grupos se apreció que, aunque la proporción total de respuestas a dicha alternativa no difirió, la distribución específica de respuestas entre las duraciones sí lo hizo (puesto que hubo un efecto de interacción), corroborando la idea de que la precisión en la emisión de juicios temporales fue mayor en adultos que en adolescentes.

Por último, es importante resaltar algunas ventajas y desventajas de la tarea empleada en este trabajo. Por una parte, resulta una tarea más atractiva para estudiar una población relativamente poco considerada en trabajos de juicios temporales respecto a otras. Aunque no formó parte de los objetivos de este trabajo, la retroalimentación ofrecida durante el experimento permite evaluar el efecto de las consecuencias sobre la ejecución de respuestas. Es decir, esta tarea permitiría evaluar tanto el proceso de aprendizaje a lo largo de la tarea, así como el efecto de la magnitud de las consecuencias (pagos). Por otra parte, aunque quizá no sea el procedimiento más limpio para estudiar juicios temporales, por la influencia de factores como la atención y la memoria de trabajo sobre la estimación, resulta útil para estudiar una serie de fenómenos en los cuales se pueden utilizar las propiedades para discriminar entre diferentes duraciones de estímulos (i.e., Church & Lacourse, 1998). En lo inmediato, estamos interesados en evaluar aprendizaje de secuencias en adolescentes utilizando como base esta tarea.



Referencias

- Allan, L. G. (1979). The perception of time. *Perception & Psychophysics*, 26(5), 340-354.
- Allan, L. G., & Gibbon, J. (1991). Human bisection at the geometric mean. *Learning and Motivation*, 22(1), 39-58.
- Baty, F., Ritz, C., Charles, S., Brutsche, M., Flandrois, J.P., & Delignette-Muller, M.L. (2015). A Toolbox for Nonlinear Regression in R: The Package nlstools. *Journal of Statistical Software*, 66, 1-21.
- Block, R.A., Zakay, D., & Hancock, P.A. (1999). Developmental changes in human duration judgements: a meta-analytic review. *Developmental Review*, 19, 183-211.
- Beckmann, J. S., & Young, M. E. (2009). Stimulus dynamics and temporal discrimination: implications for pacemakers. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 35(4), 525-537.
- Church, R. M., & Lacourse, D. M. (1998). Serial pattern learning of temporal intervals. *Animal Learning & Behavior*, 26(3), 272-289.
- Droit-Volet, S. (2002). Scalar timing in temporal generalization in children with short and long stimulus durations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 55(4), 1193-1209. doi: 10.1080/02724980244000161
- Droit-Volet, S. (2003). Alerting attention and time perception in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(4), 372-384.
- Droit-Volet, S., Clément, A., & Wearden, J. (2001). Temporal generalization in 3- to 8-year old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 271-288.
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2005). The effect of feedback on timing in children and adults: The temporal generalization task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 58(3), 507-520.
- Droit-Volet, S., & Izaute, M. (2009). Improving time discrimination in children and adults in a temporal bisection task: The effects of feedback and no-forced choice on decision and memory processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(6), 1173-1188.
- Droit-Volet, S., & Rattat, A. C. (2007). A further analysis of temporal bisection behavior in children with and without reference memory: The similarity and the partition task. *Acta Psychologica*, 125, 240-256. doi: 10.1016/j.actpsy.2006.08.003
- Droit-Volet, S., Tournet, S., & Wearden, J. (2004). Perception of the duration of auditory and visual stimuli in children and adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 57(5), 797-818.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. (2001). Temporal bisection in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 142-159.
- Droit-Volet, S., Wearden, J. H., & Zélandi, P. S. (2015). Cognitive abilities required in time judgment depending on the temporal tasks used: A comparison of children and adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(11), 2216-2242.



- Droit-Volet, S., & Zélanti, P. S. (2013). Development of time sensitivity and information processing speed. *PLoS ONE*, 8(8), e71424. doi: 10.1371/journal.pone.007142
- Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2014). Accuracy and precision of visual stimulus timing in psychopy: No timing errors in standard usage. *PLoS one*, 9(11), e112033. doi: 10.1371/journal.pone.0112033
- Gautier, T., & Droit-Volet, S. (2002a). Attentional distraction and time perception in children. *International Journal of Psychology*, 37(1), 27-34.
- Gautier, T., & Droit-Volet, S. (2002b). Attention and time estimation in 5-and 8-year-old children: A dual-task procedure. *Behavioural Processes*, 58(1), 57-66.
- Getty, D. J. (1975). Discrimination of short temporal intervals: A comparison of two models. *Perception & Psychophysics*, 18, 1-8.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of sciences*, 423(1), 52-77.
- Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., Hayashi, K.M., Greenstein, D., Vaituzis, A.C., Nugent, T.F. 3rd, Herman, D.H., Clasen, L.S., Toga, A.W., Rapoport, J.L., & Thompson, P.M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 8174-8179.
- Huttenlocher, P.R. (1979). Synaptic density in human frontal cortex – developmental changes and effects of aging. *Brain Research*, 163, 195-205.
- Kopec, C. D., & Brody, C. D. (2010). Human performance on the temporal bisection task. *Brain and Cognition*, 74(3), 262-272.
- Lejeune, H., & Wearden, J. H. (2006). Scalar properties in animal timing: Conformity and violations. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 59(11), 1875-1908.
- Luna, B., Garver, K.E., Urban, T.A., Lazar, N.A., & Sweeney, J.A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75, 1357-1372.
- McCormack, T., Brown, G. D. A., Smith, M. C., & Brock, J. (2004). A timing-specific memory distortion effect in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 33-56. doi: 10.1016/j.jecp.2003.10.001
- Monk, C.S., McClure, E.B., Nelson, E.E., Zarahn, E., Bilder, R.M., Leibenluft, E., Charney, D.S., Ernst, M., & Pine, D.S. (2003). Adolescent immaturity in attention-related brain engagement to emotional facial expressions. *NeuroImage*, 20, 420-428.
- Ortega, L., & López, F. (2008). Effects of visual flicker on subjective time in a temporal bisection task. *Behavioural Processes*, 78(3), 380-386.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy-Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 8-13.
- Rattat, A. C. & Droit-Volet, S. (2005). Development of long-term memory for duration in a temporal bisection task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58B, 163-176.



- Rattat, A.-C. & Droit-Volet, S. (2001). Variability in 5- and 8-year-olds' memory for duration: An interfering task in temporal bisection. *Behavioural Processes*, 55, 81–91.
- Shaw, P., Kabani, N. J., Lerch, J. P., Eckstrand, K., Lenroot, R., Gogtay, N., Greenstein, D., Clasen, L., Evans, A., Rapoport, J. L., Giedd, J. N., & Wise, S. P. (2008). Neurodevelopmental Trajectories of the Human Cerebral Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 28 (14): 3586-3594.
- Szelag, E., Kowalska, J., Rymarczyk, K., & Pöppel, E. (2002). Duration processing in children as determined by time reproduction: implications for a few seconds temporal window. *Acta Psychologica*, 110, 1–9. doi: 10.1016/s0001-6918(01)00067-1
- Ulbrich, P., Churan, J., Fink, M., & Wittmann, M. (2007). Temporal reproduction: Further evidence for two processes. *Acta Psychologica*, 125(1), 51-65.
- Wearden, J. H., & Farrar, R. (2006). Effects of feedback and calibration on the verbal estimation of the duration of tones. *Acta Psychologica*, 126, 1–17.
- Wearden, J. H., & Ferrara, A. (1995). Stimulus spacing effects in temporal bisection by humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48(4), 289-310.
- Wearden, J. H., & Ferrara, A. (1996). Stimulus range effects in temporal bisection by humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section B*, 49(1), 24-44.
- Wearden, J.H. & Jones, L.A. (2013). Explaining between-group differences in performance on timing tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66 (1), 179-199. doi: 10.1080/17470218.2012.704928
- Zélanti, P., & Droit-Volet, S. (2011). Cognitive abilities explaining age-related changes in time perception of short and long durations. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 143–157. doi: 10.1016/j.jecp.2011.01.003