



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Estimación temporal retrospectiva: Rastreando el tiempo en un
procedimiento de N-back

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciado en Psicología

P R E S E N T A

RODRIGO SÁNCHEZ RAMOS

DIRECTOR: DR. OSCAR ZAMORA ARÉVALO
REVISOR: DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO
SINODALES: DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ
DR. OSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO
DR. JOSÉ LUIS DÍAZ GOMEZ

Tesis apoyada por el proyecto Aprendizaje y dinámica de la
adaptación temporal de la conducta de DGAPA-PAPIIT:
IN307310

2013

Área: Psicología Experimental





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Por fin llegó el momento en el que a uno se le permite dejar de mirar hacia el horizonte para voltear hacia atrás y hacer un tipo de remembranza de las personas que con su ayuda lograron que llegara a ser la persona que actualmente soy. De antemano soy consciente que no alcanzarán las palabras para expresar mi muy sincero y profundo agradecimiento hacia muchas de las personas que aquí mencionaré, pero si estoy seguro de que mi agradecimiento hacia ustedes ya ha sido mostrado en diversas ocasiones de la vida.

Comenzaré dando mi mayor agradecimiento a ustedes, Guadalupe y Enrique, mamá y papá, mi heroína y mi héroe, esto va para ustedes que han dado su vida entera, que han realizado las más grandes hazañas, que me han dado la dicha de tener un hogar donde todo es posible, donde todo tiene solución, donde no nos damos por vencidos y donde me han enseñado a volar en lo más alto. Mamá y Papá a ustedes que aguantaron los desvelos mientras me veían crecer y que posteriormente fueron testigos de mis desvelos buscando mi propio crecimiento, a ustedes les dedico éste trabajo como muestra de mi entero agradecimiento, su esfuerzo está dando frutos, el apoyo, la paciencia, la comprensión y el cariño que me han dado forjaron los cimientos para hacer esto posible, les estaré eternamente agradecido por haberme convertido en lo que soy y este logro es suyo. LOS AMO, GRACIAS POR TODO.

Mis hermanos Ale y Quique, estoy tan agradecido de haber tenido dos hermanos mayores que me enseñaron a andar por la vida y que gracias a su ejemplo pude sortear tantas situaciones, por todas las diversiones que pasamos juntos, por las decisiones en que me ayudaron, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de la vida y por ayudarme a ver siempre un panorama más amplio de la situación, su experiencia me ha guiado a lo largo de este camino y no saben cuánto sufrí cuando dejaron el nido pero de esta forma valoro aún más su presencia en mi vida y les estoy muy agradecido por su influencia en mi formación.

Como parte de mi familia también ustedes, mi familia de Loreto, les agradezco el gran apoyo y motivación que me han dado, por sus consejos invaluable y los momentos de distracción y esparcimiento que me han brindado siempre en los momentos más oportunos. Para ti May, gracias, solo tú sabes lo importantes que han sido para mí las charlas contigo, las reflexiones, el deshago en momentos difíciles, tú me has enseñado esa gran actitud que tienes frente a la vida, la cual admiro tanto, sabes que cuentas conmigo y que eres muy importante para mí, hermano.

Anayeli, llegaste a cambiar mi vida y para quedarte, te agradezco, la compañía y motivación a lo largo de todo este proyecto, sin duda la persona que también soporta la carga de estrés durante el trabajo es la pareja junto del que lo está llevando a cabo, muchas gracias por el apoyo y por mostrarme un mundo lleno de emociones, no habría disfrutado tanto estos últimos años sin ti a mi lado. “Te entrego mi esperanza, tan grande e inagotable, gracias a ella nada es inalcanzable”. Te amo. Un paso más para un futuro prometedor.

Ahora si ha llegado el momento de dar reconocimiento a la persona que me formó académicamente, a usted Doctor Oscar Zamora, este trabajo quiero brindárselo a manera de agradecimiento por haber confiado en mí, en aquel muchacho de tercer semestre que se acercó a usted sin la mínima idea de lo que iba a representar posteriormente para mí, es usted una persona admirable tanto en su labor como investigador, académico, padre, amigo, etc. Su manera de llevar la vida con actividades académicas, de familia y de amigos hace que uno desee ser como usted, es un gran ejemplo y le estoy completamente agradecido por haberme abierto las puertas en este mundo de la Psicología y por haber sido mi tutor a lo largo de la licenciatura y de este proyecto, es un honor poder decir que usted es mi director de tesis y agradezco su invaluable atención en mi formación profesional. “Un líder es grande, no solo por su conocimiento, sino por su habilidad para hacer que surja conocimiento de otros.”

A los Doctores Arturo Bouzas, Vladimir Orduña, José Luis Díaz y Florente López, admiro tanto la grandeza de cada uno de ustedes que no encuentro las palabras para agradecer que entre sus tantas actividades hayan aceptado conocer un poco mi trabajo, muchas gracias por sus comentarios y sugerencias para la culminación de este proyecto.

Por último uno no puede dejar de lado a los amigos, los cuales juegan un papel crucial en la formación profesional, personal, cultural, social y hasta bohemia de uno. Y que sin todos esos momentos la vida perdería gran parte de su sentido. No los mencionaré por nombre para no olvidar a alguno y herir susceptibilidades. Pero gracias a ustedes mis amigos desde primer semestre, los de mi cuadra paraíso, los pubertos como no mencionarlos y mis colegas jumileros, gracias por el esparcimiento, la diversión y el conocimiento que me han brindado.

Bueno pero como no agradeceré aquí, mi amiga Erandy Alcántara si desde inicios de la carrera me has ayudado tanto, por estar en momentos felices y en momentos difíciles, por ser la persona que me ayudó casi casi por aproximaciones sucesivas a cambiar de actitud y forma de ser, espero poder contar siempre con tu amistad y si tú necesitas algo sabes en donde encontrarme.

Si se pudiera saber qué tan rápido se van a experimentar ciertas etapas de la vida y a qué velocidad va el reloj en distintos momentos. ¿Sabríamos cuándo hay que ser más apasionados? ¿Y así con la intensidad de lo vivido perder la noción del tiempo? ¿Eso es acaso el secreto de vivir un instante eterno? Hoy solo puedo decir ¡Apasíonate! ¡Vive intensamente!
El tiempo puede pasar pero tú no solo pases por la vida.

Rodrigo Sánchez Ramos

Índice

1 Resumen	4
2 Introducción	5
2.1 El estudio del tiempo psicológico	5
2.2 El reloj interno y sus propiedades	6
2.3 Memoria y tiempo	9
2.4 Estimación temporal prospectiva y retrospectiva	14
2.5 El procedimiento de bisección temporal	16
2.6 Propuesta experimental	23
3 Método	27
3.1 Experimento 1. Modalidad auditiva	28
3.1.1 Procedimiento	28
3.1.2 Resultados	31
3.1.3 Discusión	35
3.2 Experimento 2. Modalidad visual	36
3.2.1 Procedimiento	37
3.2.2 Resultados	40
3.2.3 Discusión	42
3.3 Experimento 3. Modalidad auditiva y visual	43
3.3.1 Procedimiento	44
3.3.2 Resultados	49
3.3.3 Discusión	52
4 Resultados generales	53
5 Discusión general	56
6 Referencias	65
7 Anexos	74

Resumen

Una característica importante de la percepción del tiempo es que las duraciones percibidas varían subjetivamente de acuerdo a la modalidad sensorial de la señal. Este estudio busca determinar cómo duraciones auditivas, visuales, y auditivo-visuales son codificadas y mantenidas en la memoria de trabajo a través de la variación a un procedimiento conocido como N-back diseñado específicamente para estudiar este tipo de memoria en humanos y que no ha sido considerado en estimación temporal. Sesenta participantes fueron asignados a 3 experimentos, veinte en cada uno (1.- tarea auditiva, 2.- visual y 3.- auditiva-visual). La sesión se dividió en cuatro fases, en la primera los participantes tenían que discriminar entre estímulos de diferentes duraciones (600 ms-corto y 1200 ms-largo), auditivos, visuales o ambos dependiendo del experimento. La segunda fase consistió en una tarea de N-back en la que en cada ensayo se presentaron dos estímulos auditivos para el primer experimento, para el segundo visuales y para el tercero uno visual y uno auditivo. Cada uno podía ser de duración corta o larga y de manera aleatoria la mitad de ellos fueron 1-back y su contraparte 2-back. Los participantes debían responder de qué duración era el estímulo. En la última fase se insertaron duraciones con valores intermedios a los entrenados con el fin de realizar un análisis de generalización y observar cómo se ve afectada la memoria de trabajo por modalidad. Se encontró que los estímulos auditivos son considerados como más largos que los visuales y que ambas modalidades demuestran procesos de memoria de trabajo diferentes, es decir, de modalidad específica, hallazgo reportado al manipular modalidad sensorial entresujetos en los experimentos uno y dos. Los resultados encontrados al manipular modalidad sensorial intrasujetos (experimento tres) brindan evidencia de un proceso independiente de la modalidad sensorial ya que se encontraron interferencias de una modalidad sobre la otra. La discusión aborda la evidencia de un procesamiento temporal jerárquico, el cual comienza con el procesamiento temporal por modalidad específica en memoria de trabajo y que posteriormente pasaría a un sistema de procesamiento en general independiente de modalidad en el que se integra la información de ambas modalidades.

Palabras clave: estimación temporal, modalidad auditiva y visual, memoria de trabajo, N-back, humanos.

Introducción

2.1. El estudio del tiempo psicológico.

Dentro del campo de estudio de la psicología uno de los temas más controversiales y de los que se han hecho una gran variedad de investigaciones y modelos explicativos es el conocido como estimación temporal. La estimación temporal tiene un papel fundamental dentro de la cognición; es la capacidad para pensar y representar eventos en el tiempo (Hoerl y McCormack, 2001). Percibir el orden temporal de los eventos es fundamental para poder representar el mundo, sin esta habilidad no se podrían integrar las percepciones ni representar al mundo independientemente de la interacción con el ambiente. Al igual que podemos nombrar algo “cerca” o “lejos” desde una perspectiva espacial podemos nombrar algo “cerca” o “lejos” desde una perspectiva temporal (Hoerl, 1998). Desde su estudio físico, el tiempo, tiene características impactantes como el hecho de que moviéndose a diferentes velocidades el tiempo pasa más lento o más rápido (Buhusi y Meck, 2009, Einstein, 2008; Evans, 2004). Sin embargo, para el estudio del tiempo cognitivo, en particular para la percepción del tiempo, ¿Cómo estudiar si hay un mecanismo de percepción temporal siendo que siempre se produce una serie de estímulos externos o internos que conforman un flujo de cambio y eso es lo que percibimos, en vez de un flujo de tiempo en sí mismo? (Hoerl, 2009).

En cuanto a este aspecto se ha discutido acerca de tres temas: a) los tipos de representación temporal, b) la comprensión y razonamiento temporal involucrado en memoria episódica y c) los mecanismos de estimación temporal. La representación temporal se puede observar en la habilidad de distinguir regularidades en el entorno, como el hecho de que sucedan los mismos eventos en cierto momento del día en diferentes días, es decir, la habilidad de percibir y detectar periodos (Gibbon y Church, 1990). Otro tipo de representación temporal que se puede observar es la habilidad de percibir intervalos, es decir, la habilidad de almacenar la representación de cierto intervalo transcurrido desde que ocurrió algún evento.

La definición original de Tulving (1972) describe la memoria episódica como una memoria para eventos junto con la información sobre su contexto temporal y espacial, por lo que sería explicada en términos de mecanismos particulares de codificación temporal. Durante las últimas décadas distintos modelos han descrito como la información temporal puede ser codificada, retenida y recuperada (Church y Broadbent, 1990; Gibbon, 1977; Killeen y Fetterman, 1988; Machado, 1997; Staddon y Higga 1999). El modelo más exitoso y de mayor poder explicativo es el introducido por Gibbon (1977) en la Teoría de Expectancia Escalar (SET, por sus siglas en inglés) el cual se abordará más adelante. Estos modelos han permitido entender algunos procesos que forman parte de la estimación temporal y han ampliado la concepción del estudio del tiempo y sus conceptos en general. Los modelos realizados en el área parten de la idea de diferentes mecanismos de procesamiento de información, con diferentes funciones, localizadas en diferentes estructuras del cerebro y que emergen o pueden afectarse en diferentes etapas del desarrollo (Hoerl y McCormack, 2001).

2.2 El reloj interno y sus propiedades.

La noción que ha sido central en las concepciones más recientes de la percepción temporal en psicología está basada en un tipo de “reloj interno” (Treisman, 1963) y la Teoría de Expectancia Escalar (Gibbon, 1977; Gibbon, Church y Meck, 1984) es el modelo que más ha influido dentro del campo.

La Teoría de Expectancia Escalar conceptualiza la habilidad para percibir información temporal y guiar la conducta tanto de organismos humanos y no-humanos. A grandes rasgos el modelo contempla tres componentes: reloj, memoria y decisión. El primero asume la presencia de un mecanismo o reloj interno que posee un marcapasos, un interruptor y un acumulador. Al iniciar un estímulo temporal el interruptor se cierra permitiendo que los pulsos emitidos por el marcapasos entren al acumulador, al finalizar el estímulo, el interruptor se abre y la transferencia de pulsos termina. La representación de la duración del estímulo

depende de los pulsos acumulados. El juicio de la duración depende de la representación temporal que se tiene en memoria de trabajo comparado con la representación que se tiene en memoria de referencia resultante de las duraciones experimentadas previamente.

Los juicios de las duraciones son variables de una ocasión a otra, si se pide estimar la duración de un estímulo t su estimación variará de un ensayo a otro, por ejemplo, en generalización temporal se presentan estímulos de duración t y cuando tienen que ser comparados con un estándar s , las respuestas no son siempre las mismas excepto cuando s y t son muy diferentes. Cuando dos duraciones similares t_1 y t_2 son presentados en el mismo ensayo y se requiere discriminar si son iguales o diferentes, la respuesta no siempre es igual, incluso cuando los dos estímulos lo son. En otras palabras la estimación temporal presenta variación y hay estudios (Allan y Gibbon, 1991; Gibbon, 1977; Malapani y Fairhurst, 2002) que concuerdan en que esa variación es de tipo escalar.

La variación escalar ocurre cuando la desviación estándar de los juicios (estimaciones) es una fracción constante de la media, de modo que el coeficiente de variación estadístico (desviación estándar/media) es constante en medida que la duración a ser estimada varía. Allan y Gibbon (1991) afirman que la función psicofísica de la percepción del tiempo es de poder con exponente igual a 1 y no una logarítmica. Este coeficiente de variación es comparable con la fracción de Weber por lo que esta propiedad escalar es consistente con la ley de Weber e implica un mecanismo con sensibilidad constante a medida que el intervalo temporal varía (Church, 2002; Gibbon, Church y Meck, 1984). Otro aspecto que comprueba la variabilidad escalar se encuentra en las funciones psicométricas, Church y Deluty (1977) demuestran en un experimento de discriminación entre duraciones largas y cortas que las funciones psicométricas se superponen (traslapan) cuando los valores de las duraciones corta y larga son multiplicados por determinado valor y posteriormente son graficadas no en términos del tiempo absoluto sino en términos del tiempo relativo por ejemplo 1 vs 4, 2 vs 8, 3 vs 12 y

4 vs 16 serían graficados en término del tiempo relativo hacia la duración corta con una razón de corto/largo.

Entre los supuestos que sustentan la Teoría de Expectancia Escalar está que la variabilidad o error de estimación serán los mismos en términos proporcionales del tiempo a estimar, en un modelo como SET con distintos componentes, la fuente de varianza puede ser atribuida a cualquiera de ellos (Gibbon y Church, 1990; Gibbon, Church y Meck, 1984).

La primera fuente de variación se encuentra en la tasa de disparo del generador de pulsos. La velocidad de disparo del generador de pulsos puede variar en distintos momentos, en distintos ensayos o dentro del mismo ensayo. La segunda fuente de variación se encuentra en la latencia de apertura y cierre del interruptor. La tercera fuente de variación se encuentra en la transformación del número de pulsos en el acumulador al almacén de memoria de referencia. Así al haber variación en la tasa de disparo también habrá en el acumulador y por lo tanto en memoria de referencia. Otra fuente de variación es la regla de respuesta del comparador. En el comparador se puede usar una regla de proximidad relativa, una regla de similitud, o una regla de proximidad absoluta. La última fuente de variación está en el umbral. Si el umbral es variable, entonces habrá variabilidad en las respuestas, siempre y cuando del almacén de memoria se tome solo una muestra de la distribución asociada a una respuesta para evaluar si la muestra actual supera el valor del umbral. (Gibbon 1991; Gibbon y Church, 1990; Gibbon, Church y Meck, 1984; para una revisión más actual véase Trujano, 2010).

En el presente trabajo se pretende abordar un tipo de variabilidad particular que se presenta entre la estimación temporal con estímulos auditivos y visuales e ir más a fondo en el estudio de la estimación temporal al tener que retener en memoria de trabajo más de un estímulo para su posterior recuperación y discriminación. Es decir, si la precisión en la estimación depende de la carga en memoria de trabajo. Esto a través de un procedimiento desarrollado específicamente para el estudio de memoria de trabajo conocido como N-back, el cual se describe detalladamente más adelante.

2.3 Memoria y Tiempo.

La relación existente entre memoria y tiempo suscita acalorados debates, por un lado para entender cuál es la conexión entre la manera en que representamos el tiempo y las cosas en el tiempo y por el otro sobre cómo es que eso influye en la capacidad de recordar eventos particulares del pasado. ¿Cómo saber si la forma en que se codifica y representa el tiempo es la que influye en la recuperación de eventos pasados en memoria o si son los mecanismos de memoria los que influyen en la representación del tiempo?

En cuanto al papel que juega la memoria en la representación del tiempo Friedman (2005) hace una distinción entre distancia y localización para comprender como podría estar organizada la memoria. El proceso de localización sirve para hacer el juicio de *cuándo* sucedió lo recordado en un patrón convencional, natural o personal, por ejemplo el 28 de marzo de 2008, durante la primavera, cuando yo estudiaba en la facultad. El proceso de distancia responde a lo reciente de los eventos, hace cuánto pasó o el orden relativo de dos eventos recordados respecto al presente, por ejemplo: “los sorprendí hace una hora mientras abrían la puerta después de estacionar el auto”.

La forma en que se realiza un juicio de localización (el *cuándo* sucedió lo recordado), involucra la consideración de cómo la percepción del tiempo y memoria están relacionados. Por lo tanto surge la pregunta ¿Hay un mecanismo especial en la memoria para recordar información acerca del tiempo? Brown y Chater (2001) argumentan que hay razones para creer que la memoria episódica está ordenada cronológicamente y que el juicio de “*cuándo*” está basado en el resultado de un mecanismo de codificación temporal especializado. Su argumento es un modelo matemático que asume que la probabilidad de recordar un evento está relacionada con su distinción temporal. La distinción temporal de un evento es calculada en base a hace cuánto tiempo pasó y que tan cercano temporalmente estuvo de otros eventos. Por lo tanto, un evento sería fácil de recordar si ocurrió recientemente y si hubo cercanía temporal con otros eventos. Sin embargo, esto también podría ser explicado con los procesos inherentes a la

memoria que son el de almacenamiento y consolidación más que un mecanismo especializado en la codificación temporal. También lo descrito por Brown y Chater (2001) podría ser solo el mecanismo utilizado para recuperación más que un mecanismo de codificación temporal para almacenar y es precisamente ese mecanismo el usado para hacer el juicio de cuándo (Hoerl y McCormack, 2001; Nimmo y Lewandowsky, 2006). Hoerl (2009) hace una distinción entre dos teorías de memoria que podrían subyacer la experiencia temporal y como podrían dar cuenta de la experiencia de sucesión de eventos. A la primera la llama “Teoría de la experiencia temporal de memoria” y consiste a grandes rasgos en que un sujeto tiene la experiencia perceptual de un evento, por ejemplo una explosión, mientras todavía tiene en memoria otro evento, por ejemplo un zumbido que aconteció en el pasado reciente. Es decir, el sujeto tiene un conjunto de percepción que contiene un ingrediente temporal del pasado que corresponde en memoria a un zumbido y un ingrediente temporal del presente correspondiente a la experiencia de la explosión, de esta manera tiene una experiencia de sucesión. A la otra forma de explicar la experiencia de sucesión la llama “Teoría de la memoria modificada” y básicamente difiere de la anterior al no asumir que la experiencia de sucesión tiene dos componentes aislados, el de pasado y el de presente, sino que afirma que se necesita un contacto cognitivo entre ambos y que la naturaleza de la experiencia de sucesión es mejor capturada usando el presente perfecto verbal, de esta manera en el ejemplo anterior el sujeto escucha la explosión que *ha sido precedida* por un zumbido así el pasado es preservado como una característica del presente y a su vez preserva un contacto cognitivo con el pasado. Sin embargo, en esta teoría cada uno de los elementos sería constitutivo para una experiencia de sucesión por lo que sería necesario hacer ese contacto cognitivo con cada uno de los elementos lo cual no siempre es posible.

Philips (2012) argumenta como el recuerdo de los cambios percibidos en el ambiente puede ser lo que utiliza el organismo para realizar juicios temporales. De modo que mientras más cambios del ambiente sean recordados, mayor será la precisión del juicio temporal. Sin embargo, estos recuerdos pueden deteriorarse por decaimiento e interferencia, mientras menos interferencia ocurra, menor será

el decaimiento del recuerdo y por lo tanto la estimación será más precisa. Por lo contrario cambios salientes en el entorno provocan distracción de la información temporal y en consecuencia error en la estimación.

La interacción entre tiempo y memoria se refleja de varias maneras, en algunos casos la estimación del tiempo toma el papel principal y su recuerdo en memoria es un sistema de soporte o apoyo. En otros casos el recuerdo en memoria toma el papel principal y la estimación del tiempo solo es un sistema de soporte o apoyo. En todos los casos un recuerdo adecuado en la memoria es una condición necesaria aunque no suficiente para un óptimo desempeño. Un ejemplo de cuando la estimación del tiempo toma el papel principal y su recuerdo en memoria es un sistema de soporte o apoyo podría verse cuando se recuerda la duración aproximada de un episodio (como serie de eventos relacionados), así como en juicios de duraciones retrospectivas. En ambos casos el objetivo es recordar cuándo ocurrió un evento pasado y cuánto duró un episodio o evento, en ambas situaciones la tarea no puede ser llevada a cabo sin el uso de sistemas de memoria (Block y Zakay, 2008).

Por otra parte, si bien se ha planteado cómo es que los mecanismos de memoria pueden estar influyendo en la representación temporal sigue quedando el cabo suelto de cómo el tiempo es representado en la memoria Y para resolver esta pregunta podemos ahondar en lo que las teorías de estimación temporal han propuesto. Por un lado la Teoría de Expectancia Escalar SET (Gibbon *et al*, 1984) asume la existencia de un supuesto reloj con un generador de pulsos y mientras se está desarrollando una duración que será aprendida, los pulsos provenientes del generador son acumulados en una memoria de trabajo, la que después provee una base para la comparación entre lo almacenado y las duraciones experimentadas. El elemento crucial aquí es el generador de pulsos más la memoria de trabajo, ya que estos mecanismos dan como resultado que las duraciones temporales sean representadas en memoria como un número (de pulsos) con números más grandes representando intervalos más largos. Tomando en cuenta los datos obtenidos en estimación temporal retrospectiva y prospectiva

(tema que se aborda más adelante en este trabajo), Block y Zakay (1997) agregan una compuerta atencional al modelo argumentando la necesidad de un proceso de atención hacia la variable tiempo para realizar estimaciones más precisas y ésta la ubican entre el marcapasos y el acumulador. Un modelo distinto que también toma en cuenta la existencia de un generador de pulsos para la representación del tiempo es el de la Teoría Conductual del Tiempo (BeT por sus siglas en inglés, Killeen y Fetterman, 1988, 1993), en este modelo con cada pulso del marcapasos el animal cambia de un estado al siguiente. Varios de estos estados pueden estar asociados con variantes de la misma conducta. Por ejemplo, que los primeros cuatro estados se correlacionen con una clase de respuestas que llamaríamos *A*, que podría ser una conducta de pausa posterior al reforzamiento o de responder a la derecha de una serie de teclas. Después de tres pulsos el animal cambia hacia un estado 4, que estaría asociado con otra clase de respuestas (*B*), por ejemplo, responder a un operando central. En el modelo simple, se supone que la transición es instantánea, el modelo aumentado requiere que tome un poco de tiempo, lo que aporta una fuente adicional de variación. Posteriormente Machado (1997) propone otro modelo en base a BeT agregando componentes que permiten explicar el desarrollo y adquisición de la regulación temporal de la conducta y el cual es conocido como LeT (por sus siglas en inglés, Learning to Time). El modelo propone una organización serial de estados conductuales, que serán desencadenados por un marcador temporal que constituya un buen predictor de reforzamiento, un vector variable de lazos asociativos de los estados conductuales hacia la operante, es decir, un proceso de reforzamiento y extinción que regule la asociación entre los estados conductuales y la respuesta operante. Al final la respuesta operante dependerá de la fortaleza de la respuesta que se obtiene de la sumatoria de las fuerzas de los lazos asociativos de todos los estados multiplicados por el grado de asociación del estado correspondiente, lo que podría dar cuenta de un estado motivacional. De esta manera este modelo toma en cuenta los procesos de reforzamiento, extinción y motivación que no habían sido tomados en cuenta por otros modelos.

Un modelo alternativo acerca de cómo se puede representar el tiempo es el propuesto por Church y Broadbent (1990) el cual asume la existencia de un arreglo de osciladores que van cambiando de estado. Por ejemplo, un oscilador puede cambiar su estado entre -1 y +1 cada 200 ms mientras el siguiente oscilador cambia su estado cada 400 ms y el siguiente cada 800 ms y así en adelante, el resultado de este sistema es un arreglo de osciladores que podría ser -1-1+1 respectivamente y de esta forma el estado de los osciladores en su conjunto es usado para representar un estado temporal. En base a este último hay algunos otros modelos que pretenden dar cuenta de procesos asociados entre tiempo y memoria como el de "Recuerdo Asociativo Basado en Oscilador" de Brown, Preece y Hulme (2000) y el de "Escala Invariante de Memoria, Percepción y Aprendizaje" de Brown, Neath y Chater (2002), para una revisión breve véase Brown y Chater, (2001).

A pesar de las diferencias entre los distintos modelos, lo que hay que resaltar específicamente es la idea en la que convergen, pues los modelos concuerdan en que existe una forma de representación temporal en la memoria. El modelo que ha abordado el tema desde procesos intrínsecos de memoria como el decaimiento del recuerdo y su fortalecimiento es el propuesto por Staddon y Higga (1996,1999) y se le conoce como "Escalas Múltiples de Tiempo". El modelo se basa en datos derivados de habituación y asume funciones de decaimiento secuencial de un grupo de integradores en cascada con codificación temporal logarítmica, por lo que los sujetos aprenden a discriminar entre diferentes trazos temporales de memorias con diferentes fuerzas. Por lo tanto, lo que se resalta del modelo es que se basa solo en un proceso de evento-memoria (para una revisión de los modelos e hipótesis que han tratado de explicar el ajuste temporal de la conducta véase Block y Zakay, 2008; Grondin, 2010; Zamora, 2007).

2.4 Estimación temporal retrospectiva y prospectiva.

La estimación temporal exacta de eventos e intervalos es esencial para asegurar el funcionamiento óptimo de los organismos, por lo tanto estos deben tener alguna forma para recordar la duración precisa de eventos pasados y para anticipar la presentación de forma precisa de eventos futuros. Para esto los organismos deben codificar propiedades temporales de los eventos importantes, almacenar representaciones de esas propiedades y utilizar esas representaciones para actuar. A pesar de esto, no hay un órgano sensorial o un sistema perceptual que sirva exclusivamente para la estimación temporal. Consecuentemente el tema ha sido mayormente explicado en términos de procesos cognitivos tales como atención y memoria o de interacciones entre procesos neurobiológicos y cognitivos (Block y Zakay, 1997, 2008; Grondin, 2010)

El estudio de la estimación de duraciones se puede llevar a cabo de dos formas distintas, una es la estimación temporal de un solo evento, por ejemplo, un estímulo y otra es la estimación temporal de una serie de eventos, por ejemplo, un periodo de tiempo (Tobin, Bisson y Grondin, 2010). En un entorno natural rara vez se necesita hacer la estimación de un evento aislado, comúnmente es necesario realizar estimaciones de una serie de eventos. Sin embargo, para lograr esto es necesario tener la información de cada evento aislado, es decir, la duración experimentada de cada uno de los componentes de un periodo para posteriormente poder realizar una estimación del periodo en base al recuerdo de cada duración que lo compone. De esta manera se tienen dos componentes fundamentales que son la duración experimentada y el recuerdo de la duración, para los cuales los procesos de atención y memoria son cruciales (Block y Zakay, 1997, 2008; Grondin, 2010; Hancock y Block, 2012). Para estudiar estos componentes se han desarrollado dos tipos de procedimientos experimentales: estimación temporal prospectiva y estimación temporal retrospectiva. En el procedimiento de estimación temporal prospectiva los participantes conocen de antemano que posteriormente se les requerirá una respuesta acerca de la duración experimentada de un periodo de tiempo. En estimación temporal

retrospectiva el participante no tiene ese conocimiento. En ambos casos los participantes experimentan el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, la forma en que ellos experimentan la duración y los distintos procesos cognitivos involucrados pueden diferir de un procedimiento a otro. En el caso de la estimación temporal prospectiva el participante puede intencionalmente enfocarse en codificar la información temporal como una parte integral de la experiencia del periodo de tiempo. A diferencia en la estimación temporal retrospectiva el participante quizá automáticamente o de manera accidental codifique la información contextual y posteriormente cuando necesita enfocarse en recordar cierta información relevante (en este caso la duración) es recuperada de la memoria. Por lo tanto, en el primer caso el resultado de la estimación dependería principalmente de un proceso atencional y en el segundo caso de un proceso de memoria (Bisson, Tobin y Grondin, 2012). Sin embargo, al momento de implementar una tarea con un procedimiento retrospectivo, al paso de los ensayos, el participante podría obtener la pista de cuál es la información relevante lo que lo convertiría en un procedimiento prospectivo. Respecto a lo anterior Brown (1997, 2001) argumenta que cuando se requiere bajo un procedimiento prospectivo mantener la duración de distintos eventos, se hace imposible atender de forma prospectiva cada una de las duraciones durante ese periodo porque el punto final de cada duración sería arbitrario, por lo tanto, al presentarse estas condiciones se consideraría un procedimiento retrospectivo dado que el proceso atencional hacia la instrucción ha disminuido y la respuesta está más basada en el proceso de recuerdo en memoria.

En una revisión acerca del tema Block y Zakay (1997, 2008) y Zakay y Block, (2004) sugieren que la disociación existente de hasta qué punto ambos paradigmas se basan en diferentes procesos cognitivos (atención y memoria) es debido a que los estudios que se han realizado para comparar ambos procesos pueden haber estado utilizando una tarea en la que la atención demandada solo es suficiente para mostrar un efecto sobre la estimación prospectiva, pero no en estimación retrospectiva. Debido a que la atención al tiempo en la estimación retrospectiva es ya bastante baja, al realizar tareas simultáneas lo suficientemente

exigentes para reducir significativamente el ya bajo nivel de atención, se provoca el efecto reportado en la literatura de que en estimación temporal prospectiva las estimaciones sean más largas y precisas que en la estimación temporal retrospectiva (Grondin, 2010). Por lo tanto, si se controla este factor atencional a la variable tiempo en tareas retrospectivas posteriormente se podría evaluar si es que se utilizan diferentes procesos en ambas tareas. El procedimiento propuesto más adelante en este trabajo podría ayudar a esclarecer este último punto dado que al presentarse más de un evento la tarea sería de acuerdo a Brown (1997, 2001) de estimación temporal retrospectiva y se podría medir el nivel de atención hacia cada uno de los eventos presentados y de esta forma posteriormente llevar a cabo una discusión acerca de los procesos cognitivos involucrados durante la tarea.

2.5. El procedimiento de bisección temporal.

Uno de los procedimientos más utilizados dentro del estudio de la estimación temporal es el conocido como bisección temporal (Church y Deluty, 1977). En este procedimiento los sujetos son puestos a prueba en una caja de condicionamiento operante a diferentes ensayos en los que los estímulos presentados varían en duración (por ejemplo, una duración corta de 2 segundos y otra larga de 8 segundos). Posteriormente, cada una de las duraciones es asociada a un operando, por ejemplo en los ensayos en que se presentó el estímulo con duración corta, solo la presión de uno de los operandos (por ejemplo, una tecla o una palanca de la caja de condicionamiento) produce el reforzador, mientras que la presión de otro operando no produce el reforzador y viceversa (véase figura 1). Después de algunas sesiones los sujetos aprenden a discriminar entre ambas duraciones con alta precisión.

Bisección temporal

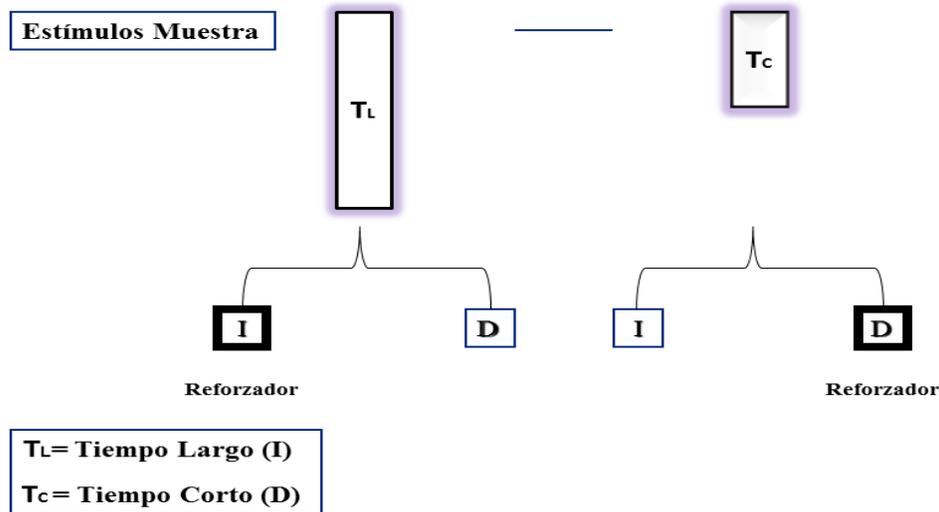


Figura 1. Procedimiento de Bisección temporal (véase detalle en texto).

Tras el entrenamiento inicial, una vez que los sujetos aprendieron a discriminar entre las dos duraciones, se les pone a prueba mediante ensayos no reforzados con duraciones del estímulo intermedias a los dos valores entrenados, a esto se le conoce como generalización temporal, el cual está basado en el método psicofísico clásico de estímulos constantes. En esta prueba los sujetos tienen que categorizar si la duración intermedia presentada fue de duración corta o larga, por lo general se presentan más ensayos con las duraciones aprendidas con el afán de que la respuesta no se extinga. Este procedimiento permite determinar cuál duración, entre las de la prueba de generalización, estima el sujeto como punto medio entre los dos criterios entrenados y esto es a lo que comúnmente se le llama punto de bisección o punto de igualdad subjetiva, ante el cual el sujeto elige en el 50 por ciento de los ensayos un operando y en el otro 50 por ciento el otro (Allan y Gibbon, 1991; Church y Deluty, 1977).

Un análisis más complejo de los resultados en generalización temporal es el llevado a cabo a través de las curvas psicofísicas extraídas de los datos en las que se calcula el Punto de Bisección (PB), el Limen y la Fracción de Weber. Las

curvas generalmente se caracterizan porque el punto de bisección, localizado dentro de la duración percibida subjetivamente, está a la misma distancia de las dos duraciones estándar, es decir, el 50 por ciento de respuestas hacia cada una. Un punto de bisección más cercano a la media aritmética podría sugerir una escala subjetiva lineal, mientras que un punto de bisección cercano a la media geométrica podría reflejar una escala subjetiva logarítmica (Allan y Gibbon, 1991). El Limen (LI), sirve como medida de variabilidad y es la mitad del rango del 25 al 75 por ciento de las respuestas a largo y por último la Fracción de Weber (WF), que es el Limen/ Punto de Bisección se utiliza como medida de sensibilidad (Allan y Gibbon, 1991; Church y Deluty, 1977; Droit-Volet, Tournet y Wearden, 2004; Gibbon, 1977).

El procedimiento de bisección temporal posteriormente fue adaptado para realizar estudios con humanos. Allan y Gibbon (1991) pusieron a prueba el procedimiento con seis participantes los cuales tenían que discriminar la duración de un estímulo auditivo respondiendo si era de duración corta (C) o larga (L). En cada ensayo la duración del estímulo presentado era tomada de manera aleatoria de 11 duraciones espaciadas aritméticamente (experimento 1) y logarítmicamente (experimento 2), $C \leq T \leq L$. La sesión se dividía en tres bloques y cada uno consistía en la presentación de la duración C catorce veces de las cuales en 7 se brindaba retroalimentación con la respuesta correcta, que consistía en la palabra “corto” después de la respuesta del participante, lo mismo fue en el caso de “largo”. Cada uno de los nueve valores intermedios T fue presentado siete veces y en estos nunca hubo retroalimentación. Los participantes realizaban la misma sesión cinco veces. Los datos de bisección con humanos de este experimento mostraron que el PB estaba en la media geométrica, que las gráficas de las funciones psicométricas se traslapaban y que los rangos de la fracción de Weber son similares a los reportados por otros estudios, por lo que concluyen que la estimación en humanos cumple con las propiedades de la Teoría de Expectancia Escalar y que concuerdan con los reportados en estudios de bisección con animales no humanos (Church y Deluty, 1977).

Modelo de Estimación Temporal Escalar

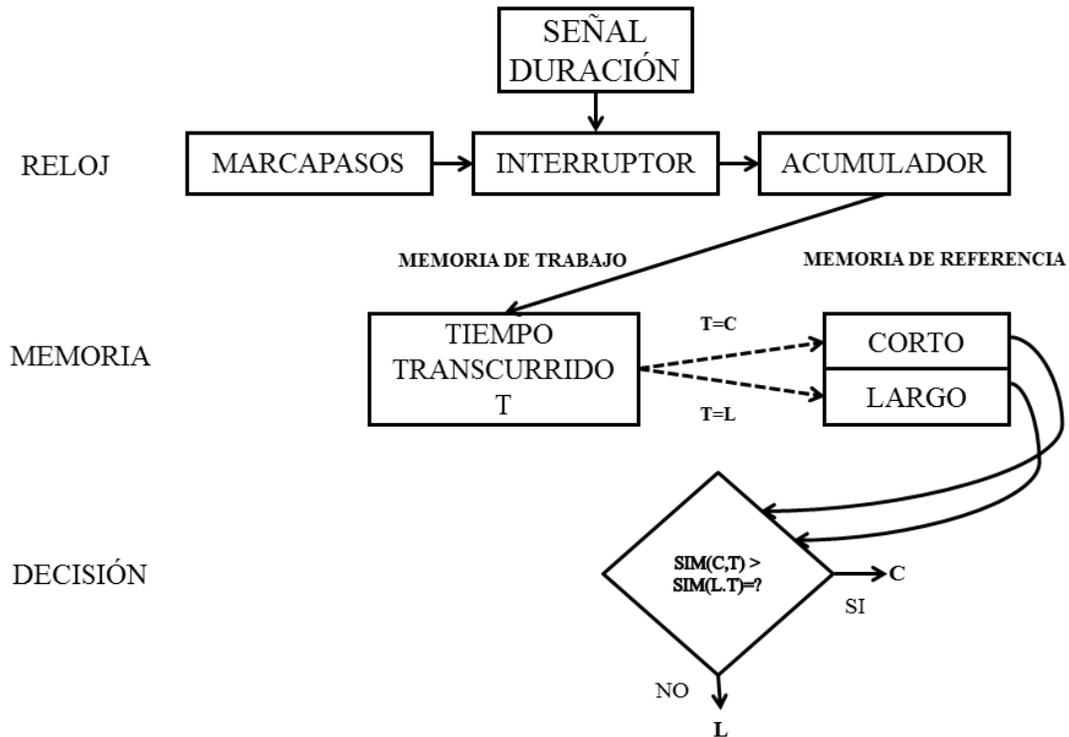


Figura 2. Modelo de SET en términos de procesamiento de información. En el primer renglón se observan los componentes del reloj, en el segundo renglón los dos tipos de memoria y en el último el proceso de decisión (Allan y Gibbon 1991).

En el estudio anterior Allan y Gibbon (1991) presentan de manera esquemática como el modelo en términos de procesamiento de información de SET (Gibbon *et al*, 1984) podría ser aplicado al procedimiento de bisección temporal el cual se puede observar en la figura 2. Los procesos del reloj, marcapasos, interruptor y acumulador funcionan de la manera descrita anteriormente (ver sección 2.2), lo que se agrega para describir el procedimiento es que el valor almacenado en el acumulador y transferido a memoria de trabajo es comparado con la representación de Corto (C) o Largo (L) en memoria de referencia y la decisión de responder C o L es realizada por una comparación de razones de similitud del valor de T en memoria de trabajo con el valor recordado de C y L en memoria de referencia. Por lo tanto, cuando ya se llevó a cabo la comparación de si T es igual

o diferente a C y si T es igual o diferente a L, los valores de esas comparaciones, los cuales representan la similitud de la muestra con los referentes, son comparados vía razón. La decisión para responder a Largo por ejemplo, ocurre cuando la similitud de C y T es menor que la de T y L. Una respuesta posiblemente sesgada es hecha cuando:

$$\text{SIM}(X_C, X_T) / \text{SIM}(X_T, X_L) < \beta$$

Donde X_T es una variable representando la apreciación del tiempo transcurrido T en determinado ensayo X_C y X_L son muestras de las distribuciones en memoria asociadas con C y L, β es un parámetro de sesgo y la similitud para los dos valores es la razón $\text{SIM}(x, y) = \min(x, y) / \max(x, y)$.

La presentación de este modelo explica muy bien los datos encontrados en tareas de bisección temporal en humanos. Sin embargo, un punto que no se ha abordado directamente en estimación temporal, es el hecho de cómo se ve afectada la memoria de trabajo cuando se requiere mantener más de una duración en su almacén y por ende qué es lo que pasa cuando posteriormente alguna de estas duraciones en memoria de trabajo es requerida para llevar a cabo su comparación en memoria de referencia.

Durante las últimas décadas la memoria de trabajo ha sido ampliamente estudiada en humanos y ha sido definida como un almacén temporal en el que la información puede ser mantenida, manipulada y recuperada, abarcando así el lugar del concepto tradicional de memoria a corto plazo (Repovs y Baddeley, 2006). El modelo más trascendente para describir el funcionamiento de la memoria de trabajo es el descrito por Baddeley y Hitch (1974) el cual se conforma por tres componentes funcionales: un ejecutivo central como sistema controlador de la capacidad de atención, se encarga de la manipulación de la información dentro de la memoria de trabajo y de controlar dos sistemas de operadores auxiliares: un bucle fonológico y una agenda viso-espacial. El bucle fonológico es responsable del mantenimiento de la información de una forma fonológica (lenguaje, estímulos auditivos), mientras que la agenda viso-espacial se encarga del mantenimiento de

la información visual y espacial. Sobre la base de una serie de hallazgos empíricos un cuarto componente, el buffer episódico, se añadió recientemente (Baddeley, 2000). El buffer episódico se asume como un almacén de capacidad limitada que es capaz de realizar una codificación multi-dimensional y que permite la unión de la información para crear episodios integrados (Baddeley, 2003, 2004; Repovs y Baddeley, 2006)

El procedimiento que ha sido mayormente usado durante las últimas décadas para estudiar memoria de trabajo, principalmente en neurociencias es el conocido como N-back (para una revisión de la validez del procedimiento véase Jaeggi, Buschkuh, Perrig y Meier, 2010; Kane, Conway, Miura y Colflesh, 2007; Miller, Price, Okun, Montijo y Browsers, 2009) el cual consiste en presentar al participante una serie de estímulos y posteriormente tiene que decidir para cada estímulo si concuerda con otro presentado N elementos antes (véase figura 3). El procedimiento N-back se ha utilizado en muchos estudios en humanos para investigar las características del funcionamiento de la memoria de trabajo y las bases neuronales de sus procesos. Recientemente se ha demostrado que el límite en la capacidad de la memoria de trabajo está determinado por la habilidad de recordar solo la información relevante (Kuriyama, Mishima, Suzuki, Aritake y Uchiyama, 2008). En esta tarea también se ha demostrado que la carga de procesamiento puede variar sistemáticamente manipulando el valor de N, lo cual se muestra reflejado con cambios en la precisión y tiempos de reacción (Jonides *et al.* 1997).

Procedimiento N-back

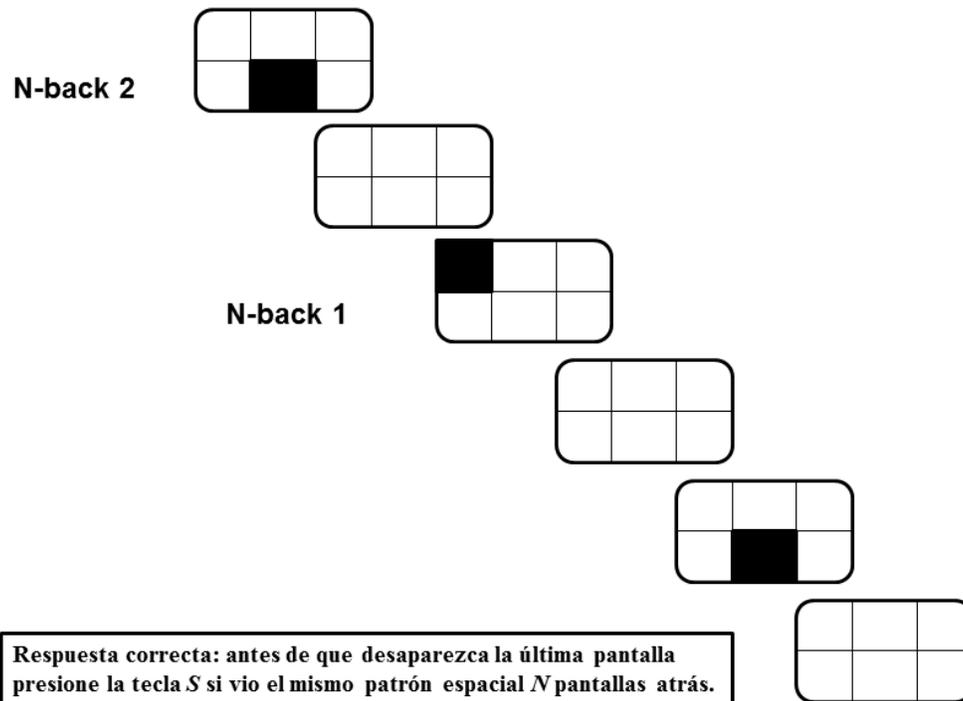


Figura 3. Procedimiento N-back. Se presenta al participante una serie de estímulos y posteriormente tiene que decidir para cada estímulo si concuerda con otro presentado N elementos antes, en el ejemplo si la figura inferior se compara con la de en medio sería N-back 1 pero si se compara con la figura superior sería N-back 2 por lo que la dificultad iría en aumento.

Con el conocimiento brindado por los dos procedimientos, Bisección temporal y N-back, en este trabajo se propone una tarea experimental basada en ambos procedimientos la cual permita de una manera más eficaz el estudio del papel que juega la memoria de trabajo en la estimación temporal, la misma tarea a su vez permitirá establecer una discusión en cuanto a otro tema controversial en estimación temporal que abarca las diferencias encontradas entre la percepción temporal de estímulos auditivos y visuales (Grondin, 2003, Wearden, Todd y Jones, 2006) junto con los procesos cognitivos involucrados.

2.6 Propuesta experimental.

La evidencia empírica recolectada a través de tareas de estimación temporal ha sido fundamental para dar cuenta de diversos procesos cognitivos tales como atención y memoria de trabajo, esto influenciado principalmente por el modelo de Gibbon (1984). Sin embargo, se han encontrado diferencias de procesamiento dependientes de los estímulos así como del diseño utilizado en los diferentes experimentos. Por ejemplo, Penney, Gibbon y Meck (2000) encontraron que cuando se presentaban estímulos visuales y auditivos en una tarea de bisección temporal y estos compartían las mismas duraciones, los estímulos visuales eran considerados más cortos que los auditivos aunque su duración fuera la misma, efecto que no se encontró cuando se les presentaba la misma tarea de bisección temporal con solo una modalidad o cuando los estímulos no compartían las mismas duraciones. Se han reportado ampliamente diversos efectos del papel que juega la modalidad del estímulo en la percepción temporal (Chen y Yeh, 2009; Droit-Volet, Tourret y Wearden, 2004; Grondin, Ivry, Franz, Perreault y Metthé, 1996; Grondin, Roussel, Gamache, Roy y Ouellet, 2005; Kanabus, Szlag, Rojek y Pöppel, 2002; Lustig y Meck 2011) y la gran mayoría de estos estudios han sido explicados bajo el marco de la Teoría de Expectancia Escalar (Gibbon, 1984). Penney *et al.* (2000) sugieren que el efecto de modalidad ocurre porque el reloj funciona más rápido para estímulos auditivos que para visuales, por lo que la representación temporal de un estímulo auditivo es más larga que para uno visual asumiendo que los estímulos se comparan bajo la misma representación en memoria de referencia, lo que no pasa en un diseño entre-sujetos. Sin embargo, otros estudios han encontrado el efecto de modalidad incluso en diseños entre sujetos (Wearden, Tood y Jones 2006).

Otra situación en la que se han reportado diferencias en el tiempo subjetivo es cuando se usan métodos para cambiar aparentemente la velocidad del marcapasos. Aquí hay que destacar que a pesar de que a la noción de marcapasos se le ha dado una explicación endógena (Grondin 2010) diversos autores han explicado las diferencias en el tiempo subjetivo atribuyendo cambios

en la velocidad del marcapasos dependientes del estímulo. Penton-Voak, Edwards, Percival y Wearden (1996) usan una técnica en la que se presentan trenes de estimulación (clics o flashes) y demuestran que esto provoca cambios en la duración subjetiva de estímulos auditivos y visuales percibiéndolos como más largos. De igual manera Ortega, López y Church (2009) en un estudio presentaron a los participantes estímulos auditivos y visuales de manera fija e intermitente, sus resultados apuntan a una velocidad del reloj más lenta para estímulos visuales fijos y una velocidad más rápida para estímulos auditivos fijos y para estímulos intermitentes de ambas modalidades. El mismo efecto ha sido reportado en otros estudios con niños de diferentes edades (Droit-Volet y Wearden, 2002) y en otras tareas, por ejemplo, Jones, Allely y Wearden (2011), bajo la hipótesis de que si el marcapasos funciona más rápido presentando trenes de clics antes de la tarea de memoria icónica de Sperling (1960), entonces los participantes percibirían más larga la presentación de las matrices y por lo tanto serían más hábiles para extraer información y posteriormente recuperarla, los resultados muestran que los participantes expuestos previamente a los clics recuperaron significativamente más información en comparación con los participantes que no fueron expuestos a los clics.

Los estudios que han tratado de explicar la influencia del componente de atención (interruptor) para las diferencias en los juicios temporales también se han llevado a cabo haciendo comparaciones del desempeño a lo largo de diferentes etapas del desarrollo, abarcando niños, jóvenes, adultos y adultos mayores (Baudouin, Vanneste, Pouthas y Isingrini, 2006; Droit-Volet et al., 2004, 2007; Lustig y Meck, 2011). Las diferencias encontradas son atribuidas a la poca capacidad atencional desarrollada en los primeros años de vida así como su deterioro con el paso de los años, encontrando así el mejor desempeño en adultos jóvenes.

A una explicación alternativa de la velocidad del reloj se le ha llamado “Inicio de Latencia” (Droit-Volet, Meck y Penney, 2007), ésta sugiere que el periodo de latencia para comenzar la estimación temporal de los estímulos auditivos es más rápido que para los visuales adjudicando que el interruptor oscila más a menudo

entre los estados abierto y cerrado en estímulos visuales lo que ocasiona pérdida de pulsos y por consiguiente la subestimación.

Otra de las hipótesis para explicar las diferencias es que el movimiento en los estímulos visuales hace que incremente su duración percibida, mientras que la intensidad de la señal es el factor determinante para la duración percibida de un estímulo auditivo (Grondin, 2003).

Sin embargo, en estas explicaciones se ha dejado de lado un aspecto importante que sería el estudio de las diferencias entre ambas modalidades para mantenerse en la memoria de trabajo previo a realizar el juicio temporal lo cual es uno de los objetivos en el presente trabajo.

La forma en que se ha evaluado el componente de memoria para duraciones temporales se ha llevado a cabo con tareas en las que los participantes son expuestos a interferencias en la tarea encontrando como resultado la alteración de memoria de trabajo para los juicios temporales (Dutke, 2005). De igual forma otros investigadores manipulando interferencias encontraron que el tipo de interferencia a la cual eran expuestos los participantes afectaba de manera diferencial el recuerdo de la duración percibida; cuando el estímulo temporal a recordar era visual solo se veía afectado por la interferencia viso-espacial pero cuando el estímulo a recordar era auditivo el recuerdo de su duración solo se veía afectado por la interferencia articular (es decir, sonidos de palabras). Este hallazgo soporta un efecto de modalidad específica también en la memoria de trabajo (Rattat y Picard, 2011). Sin embargo Stauffer, Haldemann, Troche y Rammsayer (2011) pese a los hallazgos de modalidad específica anteriormente citados, publicaron un estudio en el que a través de un análisis de datos con ecuaciones estructurales proporcionan evidencia acerca de una estructura jerárquica de procesamiento temporal con un nivel de procesamiento independiente de modalidad que subyace a dos niveles de modalidad específica, auditiva y visual.

El objetivo en este trabajo fue evaluar cómo es que se ve afectada la memoria de trabajo en modalidades específicas para estímulos temporales auditivos y

visuales, al igual que su combinación bajo la variación de un procedimiento ampliamente utilizado para estudiar memoria de trabajo en humanos conocido como N-back, en el que se presenta al participante una serie de estímulos y la tarea consiste en decidir para cada estímulo si concuerda con otro presentado N elementos antes. En esta tarea se ha demostrado que la carga de procesamiento puede variar sistemáticamente manipulando el valor de N, lo cual se muestra reflejado con cambios en la precisión y tiempos de reacción (Jonides et al. 1997). De acuerdo a lo anterior, en el presente trabajo se analizaron ambos, tanto la precisión para discriminar duraciones auditivas y visuales al ser mantenidas en memoria de trabajo, como el tiempo de reacción para cada una de las modalidades, obteniendo así mayor evidencia acerca de las diferencias de procesamiento.

Planteados los antecedentes las hipótesis de este trabajo son las siguientes:

- 1) La precisión para discriminar la duración de estímulos auditivos y visuales se afecta de la misma forma al tener que retener en memoria de trabajo la duración de dos estímulos de la misma modalidad sensorial.
- 2) La precisión para discriminar la duración de estímulos auditivos y visuales se afecta por la interferencia de un estímulo de diferente modalidad sensorial.

La variación que se realizó al procedimiento original de N-back así como el diseño de este estudio: experimento 1 modalidad auditiva, experimento 2 modalidad visual (para llevar a cabo un análisis entre-sujetos de la modalidad) y experimento 3 modalidad auditiva y visual (para llevar a cabo un análisis de modalidad intra-sujetos) permite la evaluación ensayo a ensayo de memoria de trabajo para modalidades específicas así como observar la influencia de interferencias a cada modalidad en el recuerdo de la duración tanto visual como auditiva y evaluar el factor atencional hacia cada uno de ellos. A su vez la comparación de los grupos entre-sujetos y el grupo intra-sujetos permite ahondar en el efecto de modalidad

específica en memoria de trabajo y por lo tanto de codificación temporal y así discutir si hay evidencia de un procesamiento independiente de modalidad que subyace al de modalidad específica como el reportado por Stauffer, *et al.* (2011).

3 Método

Participantes

60 estudiantes (85% mujeres) de licenciatura de semestres iniciales de la carrera de Psicología (tercero a quinto semestre) de la Universidad Nacional Autónoma de México fueron asignados aleatoriamente a tres experimentos ($n=20$ por cada uno) su rango de edad fue de 18 a 25 años (19.5 ± 1.6 años). Dichos participantes asistieron voluntariamente por puntos extra en una materia y nunca habían realizado alguna tarea experimental de estimación temporal. El estudio se llevó a cabo bajo estándares éticos (Sociedad Mexicana de Psicología, 2005) y todos los participantes firmaron un consentimiento informado.

Procedimiento

Dentro de un aula de cómputo los participantes fueron sentados a 60 cm frente al monitor de la computadora y un metro de separación de su otro compañero. La sesión completa fue llevada a cabo por la tarde (15:00-18:00 horas), duraba aproximadamente 25 minutos y al terminar cada participante ingresaba otro, sin embargo, se controló que nunca hubiera más de 8 participantes a la vez en el aula para poder mantener el metro de distancia entre ellos. Los estímulos experimentales fueron programados en el paquete SuperLab Pro versión 2.0 asegurando una precisión en milisegundos de los estímulos presentados y del registro de respuestas. Cada participante tenía audífonos y enfrente un teclado.

Experimento 1 Modalidad auditiva

Participantes

20 estudiantes (3 hombres y 17 mujeres) de la licenciatura en Psicología de semestres iniciales (tercero a quinto semestre) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su rango de edad fue de 18 a 25 años (19.2 ± 1.2 años), con vista normal o corregida y audición normal. Los participantes asistieron voluntariamente por puntos extra en una materia y nunca habían realizado alguna tarea de experimental de estimación temporal.

Aparatos

10 computadoras Dell con procesador Pentium 4® y Sistema operativo Windows XP®, con resolución en monitor de 1280*1024 pixeles, audífonos y teclado. Los estímulos experimentales (estímulos auditivos a 75 decibeles) fueron programados en el paquete SuperLab Pro versión 2.0 asegurando la precisión en milisegundos de los estímulos presentados y del registro de respuestas.

Procedimiento

Cada participante fue asignado a una computadora en la cual se le presentaban los estímulos y las instrucciones de la tarea experimental y en la misma computadora se llevaba a cabo la sesión experimental completa. Antes de comenzar se le informaba al participante que en caso de tener dudas con las instrucciones podía recibir apoyo verbal por parte del experimentador con el fin de dejar claro el objetivo de la tarea, sin embargo esta situación no se presentó. Al terminar la sesión para corroborar que los participantes habían entendido las instrucciones llenaban un cuestionario por escrito donde explicaban en que había consistido la tarea.

La sesión experimental se dividió en 4 bloques. 1. Adquisición de la respuesta: constó de 4 ensayos y se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentará una tarea en la que usted tendrá que discriminar entre dos estímulos auditivos de diferentes duraciones, si usted cree que el estímulo es de*

duración corta presione la tecla S, o si usted cree que el estímulo es de duración larga presione la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para comenzar.” Cada ensayo comenzaba cuando aparecía la palabra “atención” durante un segundo seguida de un estímulo auditivo de 75 decibeles, en dos ensayos la duración del estímulo fue de 600 ms (corto) y en los otros dos de 1200 ms (largo), al terminar el estímulo aparecía una pantalla roja que le indicaba al participante “*el estímulo anterior fue de duración corta presione la tecla “S”, sí el estímulo presentado había sido de 600 ms y “el estímulo anterior fue de duración larga presione la tecla “L”, sí el estímulo presentado había sido de 1200 ms.*

2. Fase de prueba: constó de 8 ensayos (cuatro cortos y cuatro largos de manera aleatoria), y se presentaron las siguientes instrucciones: “*Los ensayos anteriores fueron de entrenamiento, ahora se le presentarán una serie de estímulos auditivos de distinta duración. Responda cuando la pantalla sea roja, sí el estímulo auditivo fue de corta duración, oprima la tecla S, sí usted considera que el estímulo auditivo fue de larga duración, oprima la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para continuar”.* Las características de los ensayos fueron las mismas que para la fase anterior solo que ahora después del estímulo auditivo aparecía la pantalla roja vacía a diferencia de la fase anterior en la que decía la duración del estímulo. El participante tenía que responder durante la pantalla roja presionando la tecla S o L, si después de 5 segundos no respondía la pantalla roja desaparecía y pasaba al siguiente ensayo.

3. Fase de N-back simultáneo. En esta fase se presentó la variación realizada del procedimiento N-back, en cada ensayo se presentaban seguidos dos estímulos auditivos y podían ser corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo, de manera aleatoria al terminar el segundo estímulo se preguntaba la mitad de veces “*¿De qué duración fue el primer estímulo?*” y la otra mitad “*¿De qué duración fue el segundo estímulo?*” con una pantalla roja de fondo.

Esta fase constó de 32 ensayos presentados de manera aleatoria (8 ensayos de cada una de las combinaciones previamente mencionadas y en el 50% de ensayos se preguntó por la duración del primer estímulo y en el 50% por el

segundo), se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentarán una serie de ensayos, cada uno de ellos tendrá dos estímulos auditivos de diferentes duraciones (largo o corto), usted tendrá que responder de qué duración fue el estímulo por el que se le pregunte, en ocasiones se le preguntará por el primer estímulo y en ocasiones se le preguntará por el segundo estímulo. Presione la barra espaciadora para continuar.”* Posteriormente se le mostraba en pantalla como sería la tarea de manera esquemática. (Ver anexo 1)

4. Generalización de N-back simultáneo. En esta fase se agregaron 4 duraciones que no habían sido entrenadas dando como resultado 6 duraciones en total: 600, 717, 850, 900, 1070 y 1200 ms. En esta fase se utilizó la variación realizada del procedimiento N-back, en cada ensayo se presentaban seguidos dos estímulos auditivos formándose las siguientes combinaciones; cuando el primer estímulo era corto 600-600, 600-717, 600-850, 600-900, 600-1070, 600-1200; cuando el segundo estímulo era corto se usaron esas mismas combinaciones pero con los valores invertidos; cuando el primer estímulo era largo 1200-600, 1200-717, 1200-850, 1200-900, 1200-1200; cuando el segundo estímulo era largo se usaron esas mismas combinaciones pero con los valores invertidos.

Esta fase constó de 40 ensayos presentados de manera aleatoria (2 ensayos de cada una de las combinaciones previamente mencionadas y en el 50% de ensayos se preguntó por la duración del primer estímulo y en el 50% por el segundo), se presentaron las siguientes instrucciones: *“Esto es un receso, en cuanto usted decida puede reiniciar el experimento. Recuerde, cada ensayo tendrá dos estímulos auditivos de diferentes duraciones (largo o corto), usted tendrá que responder de qué duración fue el estímulo por el que se le pregunte, en ocasiones se le preguntará por el primer estímulo y en ocasiones se le preguntará por el segundo estímulo. Presione la barra espaciadora para continuar”.*

El análisis de datos se dividió en tres partes. Para la fase de prueba se obtuvieron los índices de discriminación para la duración corta y la duración larga (aciertos/total de ensayos) marcando como criterio de discriminación al menos 80% de respuestas correctas. En la fase de N-back se analizó si había diferencias

significativas entre la condición N-back 1 y 2 y entre los tipos de ensayo (que eran las combinaciones de las duraciones) así como las interacciones de N-back y ensayo a través de un ANOVA factorial. En la fase de generalización los datos obtenidos fueron separados por las dos condiciones de N-back (estimación del primer estímulo y estimación del segundo estímulo), se les ajustó una función sigmoidea de tres parámetros con la siguiente ecuación:

$$f = a / (1 + \exp(-(x - x_0)/b))$$

Donde x es la duración del estímulo, a es el valor máximo de la función, x_0 es el punto de bisección (la duración de tiempo a la cual $p(\text{LARGO}) = 0.5$) y b es un parámetro para la pendiente.

Para cada condición de N-back se obtuvo el punto de bisección (PB) que corresponde a la duración en la que se emite el 50% de respuestas a la duración larga. El Limen (LI), la mitad del rango del 25 al 75% de las respuestas a la duración larga como medida de variabilidad y la Fracción de Weber (WF), Limen/ Punto de Bisección como medida de sensibilidad. Estos se calcularon para obtener las medias por condición.

Resultados

En la fase de prueba se encontró que los participantes pudieron discriminar sin ningún problema en base al criterio estipulado de al menos 80% de respuestas correctas si el estímulo auditivo era de duración corta o si era de duración larga con un índice de respuestas correctas de 0.95 con desviación estándar de 0.102 para la duración corta y 0.96 con desviación estándar de 0.122 para la duración larga.

Para la fase de N-back simultáneo se analizaron los datos obtenidos con un ANOVA con dos factores, N-back 1 y 2 y ensayos con cuatro niveles (que fueron las diferentes combinaciones de duraciones C-C, C-L, L-C y L-L), no se obtuvieron diferencias significativas entre el factor N-back (ver anexo 5) y tampoco entre el

factor ensayos, la interacción condición-ensayos fue significativa $F(3,152) = 4.738$ $p \leq .05$ (ver figura 4).

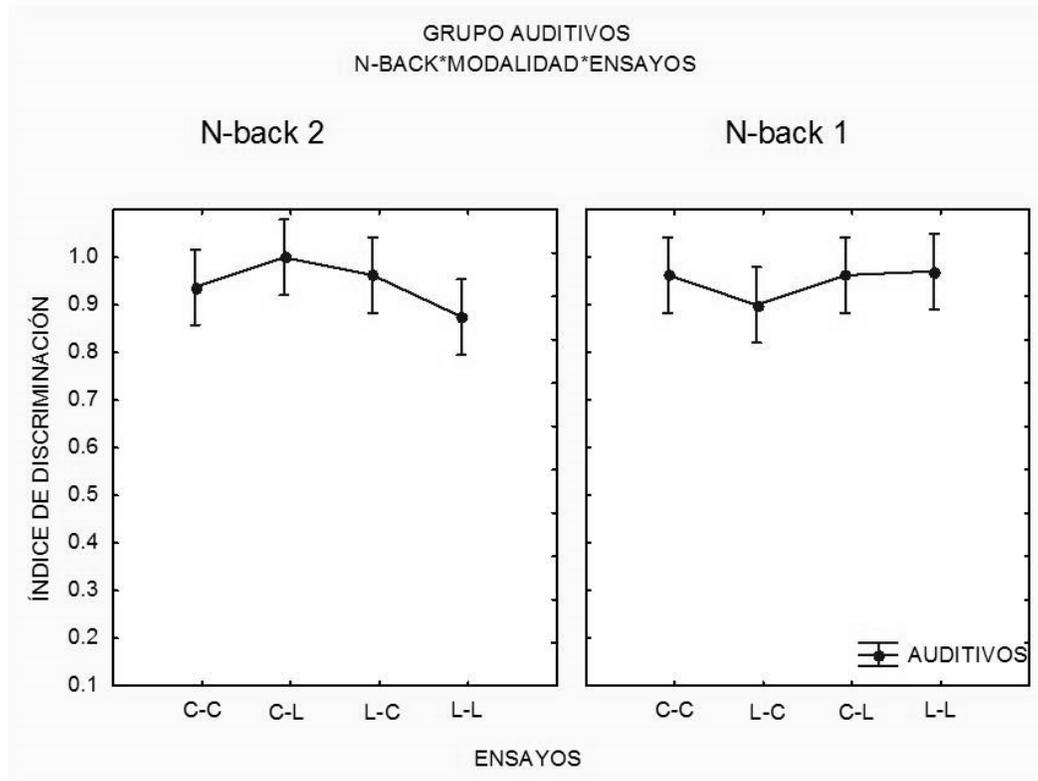


Figura 4. Índice de discriminación por N-back y tipo de ensayo (duraciones: corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo) para el grupo auditivo.

En la fase de generalización los datos obtenidos fueron separados por las dos condiciones: N-back 1 y N-back 2, se les ajustó una función sigmoidea de tres parámetros con la siguiente ecuación $f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$ cuyos parámetros libres fueron descritos anteriormente.

Para cada condición de N-back se obtuvo el punto de bisección (PB) o indiferencia temporal que corresponde a la duración en la que se emite el 50% de respuestas a la duración larga. El Limen (LI), la mitad del rango del 25 al 75% de las respuestas a la duración larga como medida de variabilidad y la Fracción de

Weber (WF), Limen/ Punto de Bisección como medida de sensibilidad. Estos se calcularon para obtener las medias por condición de N-back (ver los dos paneles superiores de la figura 5). Para la condición de N-back 2 los parámetros fueron obtenidos con los ajustes de la función sigmoidea de 8 participantes, para el resto de los participantes los parámetros no fueron obtenidos debido a que la función no ajustaba o el valor de a era menor a 0.8. Se observó un PB de 842.21 ms con un Error Estándar (EE) de 93.93 ms, un LI de 71.97 (EE de 37.05) y una FW de 0.08 (EE de 0.04). Para la condición de N-back 1 los parámetros fueron obtenidos con los ajustes de la función sigmoidea de 11 participantes, para el resto de los participantes los parámetros no fueron obtenidos debido a que la función no ajustaba o el valor de a era menor a 0.8. Se observó un PB de 881.521 ms con un Error Estándar de 70.99 ms, un LI de 68.71.97 (EE de 39.61) y una FW de 0.07 (EE de 0.03), estos parámetros se usaron posteriormente para hacer un análisis entre los experimentos visual y auditivo.

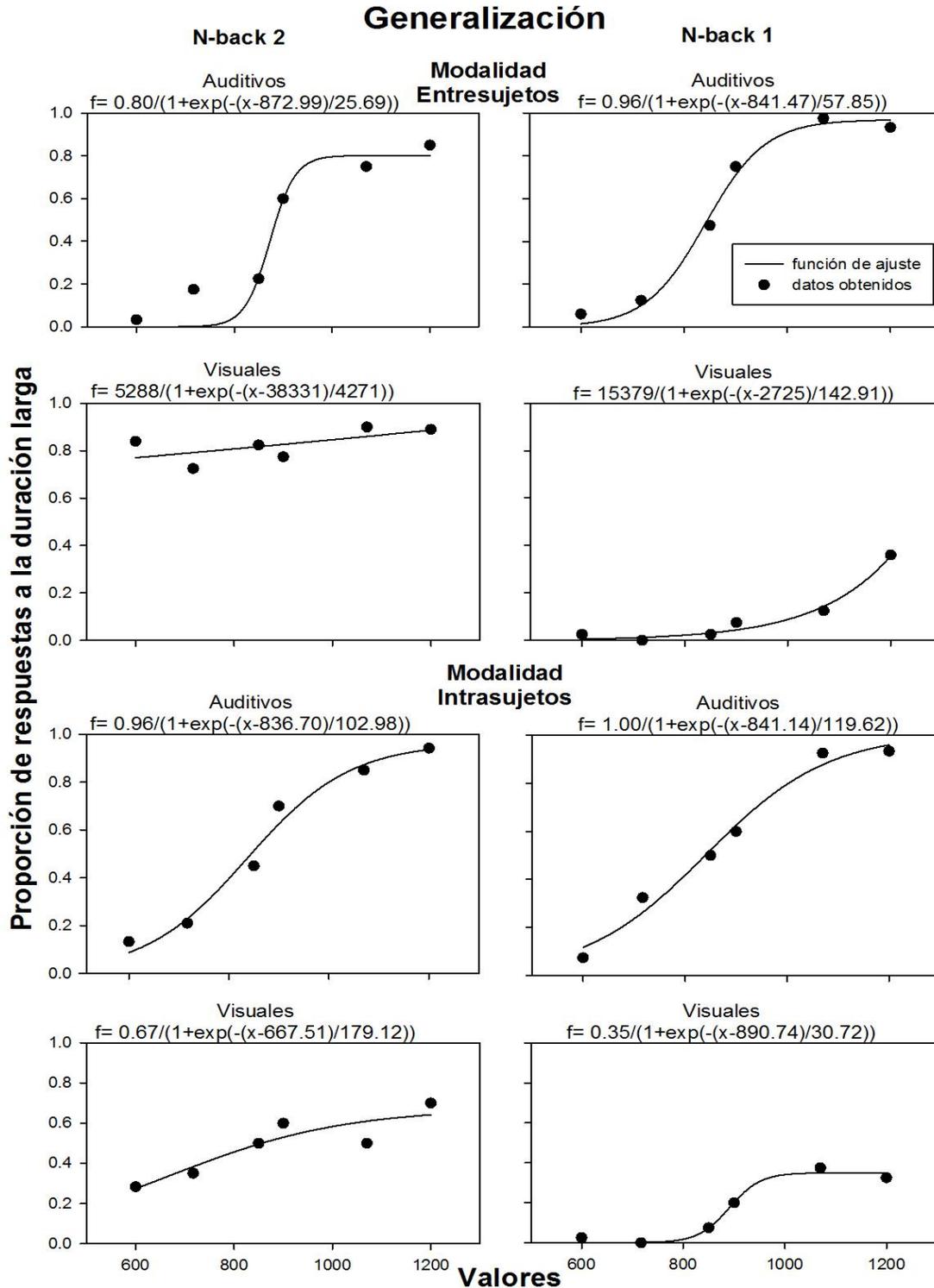


Figura 5. Función de ajuste sigmoidea de los valores presentados por la proporción de respuesta a la duración larga en las fases de generalización. Se observan los ajustes por N-back 2 lado izquierdo y N-back 1 lado derecho. Los cuatro paneles superiores muestran los ajustes cuando la variable modalidad fue manipulada entresujetos. Los dos paneles superiores muestran los ajustes

del grupo expuesto solo a estímulos auditivos. Los dos siguientes muestran los ajustes del grupo expuesto solo a estímulos visuales. Los cuatro paneles inferiores muestran los ajustes cuando la variable modalidad fue manipulada intrasujetos. Los dos paneles superiores muestran los ajustes a estímulos auditivos. Las dos paneles inferiores muestran los ajustes a estímulos visuales (para detalles de los valores de los parámetros véase texto).

Discusión

En este primer experimento se analizó la precisión para la discriminación de duraciones auditivas al ser mantenidas en la memoria de trabajo. La variación que se realizó al procedimiento original de N-back permitió la evaluación ensayo a ensayo de memoria de trabajo para esta modalidad sensorial, de igual forma permitió observar la influencia de interferencias en el recuerdo de su duración al presentar dos estímulos de diferentes duraciones en el mismo ensayo por lo que la duración de uno podía estar interfiriendo con la duración del otro. En la comparación entre la condición N-back 1 y 2 se pudo evaluar también el factor atencional hacia cada una de las condiciones.

Se encontraron altos niveles de respuestas correctas para la discriminación de duraciones de estímulos auditivos en la fase de N-back, por lo que la memoria de trabajo para duraciones auditivas no se ve afectada cuando se requiere mantener en su almacén dos duraciones presentadas de manera sucesiva, también el procedimiento utilizado permitió observar que cuando los dos estímulos a recordar se encuentran en la misma modalidad no se presenta ningún efecto de interferencia, ni proactiva, ni retroactiva, a diferencia de lo reportado por Rattat y Picard (2011) de que el recuerdo de una duración se ve afectado al presentar interferencia en la misma modalidad, pero no así cuando la interferencia es en otra modalidad. Algo importante a resaltar es el hecho de que no se encuentren diferencias significativas entre las dos condiciones de N-back presentadas, es decir, al preguntar por la duración del primer estímulo presentado o preguntar por la duración del segundo estímulo presentado, esto permite confirmar que el proceso atencional fue el mismo para ambos estímulos. Para la fase de generalización se observa que una función sigmoidea puede representar los datos obtenidos en ambas condiciones de N-back lo cual concuerda con lo reportado en

la literatura en estimación temporal. Sin embargo, por cuestiones del planteamiento experimental, en el que se estaba explorando el procedimiento propuesto y tratando de cuidar que la cantidad de ensayos en la sesión no fuera muy grande como para generar fatiga en los participantes, al implementarse la tarea la cantidad de ensayos para la fase de generalización no fueron suficientes como para permitir hacer un análisis estadístico más sofisticado con los datos, lo que permitiría hacer comparaciones precisas entre las funciones y los parámetros psicofísicos de las condiciones N-back 1 y 2 de la tarea. Para contrarrestar esta limitante se realizará una sesión más en la que se puedan presentar más ensayos en la sección de generalización para de esta manera poder realizar un modelamiento más preciso de las funciones y llevar a cabo el análisis de los parámetros psicofísicos que en este estudio no se logró.

En resumen, este experimento permitió evaluar la precisión para la discriminación de duraciones auditivas al ser mantenidas en memoria de trabajo con un procedimiento diseñado especialmente para esto (Jaeggi et al. 2010) por lo que los datos obtenidos se pueden atribuir exclusivamente a este proceso.

Experimento 2 Modalidad visual.

Participantes

20 estudiantes (4 hombres y 16 mujeres) de licenciatura de semestres iniciales (tercero a quinto semestre) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su rango de edad fue de 18 a 25 años (20.2 ± 2.14 años), con vista normal o corregida y audición normal. Los participantes asistieron voluntariamente por puntos extra en una materia y nunca habían realizado alguna tarea de estimación temporal.

Aparatos

10 computadoras Dell con procesador Pentium 4® y Sistema operativo Windows XP®, con resolución en monitor de 1280*1024 pixeles, y teclado. Los estímulos experimentales (estímulos visuales, 1 rombo de 10mm de ancho y 12mm de alto

variando para cada ensayo de color azul, verde oscuro, rosa, rojo, verde claro y ubicación en la esquina superior o inferior del lado izquierdo o derecho, o bien al centro del monitor, ver anexo 2) fueron programados en el paquete SuperLab Pro versión 2.0 asegurando una precisión en milisegundos de los estímulos presentados y del registro de respuestas.

Procedimiento

Cada participante fue asignado a una computadora en la cual se le presentaban los estímulos y las instrucciones de la tarea experimental y en la misma computadora llevaba a cabo la sesión experimental completa. Antes de comenzar se le informaba al participante que en caso de tener dudas con las instrucciones podía recibir apoyo verbal por parte del experimentador con el fin de dejar claro el objetivo de la tarea, sin embargo esta situación no se presentó. Al terminar la sesión para corroborar que los participantes habían entendido las instrucciones llenaban un cuestionario por escrito donde explicaban en que había consistido la tarea.

La sesión experimental se dividió en 4 bloques. 1. Adquisición de la respuesta: constó de 4 ensayos y se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentará una tarea en la que usted tendrá que discriminar entre dos estímulos visuales de diferentes duraciones, si usted cree que el estímulo es de duración corta presione la tecla S, o si usted cree que el estímulo es de duración larga presione la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para comenzar.”* Cada ensayo comenzaba cuando aparecía la palabra “atención” durante un segundo seguida de un estímulo visual (1 rombo de 10mm de ancho y 12mm de alto variando para cada ensayo de color (azul, verde oscuro, rosa, rojo o verde claro) y ubicación (en la esquina superior o inferior del lado izquierdo o derecho, o bien al centro del monitor) para evitar la fijación del estímulo. En dos ensayos la duración del estímulo fue de 600 ms (corto) y en los otros dos de 1200 ms (largo), al terminar el estímulo aparecía una pantalla roja que le indicaba al participante *“el estímulo anterior fue de duración corta presione la tecla “S”, si el*

estímulo presentado había sido de 600 ms y *“el estímulo anterior fue de duración larga presione la tecla “L”, si el estímulo presentado había sido de 1200 ms.*

2. Fase de prueba: constó de 8 ensayos (cuatro cortos y cuatro largos de manera aleatoria) y se presentaron las siguientes instrucciones: *“Los ensayos anteriores fueron de entrenamiento, ahora se le presentarán una serie de estímulos visuales de distinta duración. Responda cuando la pantalla sea roja, sí el estímulo visual fue de corta duración, oprima la tecla S, sí usted considera que el estímulo visual fue de larga duración, oprima la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para continuar”* Las características de los ensayos fueron las mismas que para la fase anterior solo que ahora después del estímulo visual aparecía la pantalla roja vacía a diferencia de la fase anterior en la que decía la duración del estímulo. El participante tenía que responder durante la pantalla roja presionando la tecla S o L, si después de 5 segundos no respondía la pantalla roja desaparecía y pasaba al siguiente ensayo.

3. Fase de N-back simultáneo. En esta fase se presentó la variación realizada del procedimiento N-back, en cada ensayo se presentaban seguidos dos estímulos visuales y podían ser corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo, de manera aleatoria al terminar el segundo estímulo se preguntaba la mitad de veces *“¿De qué duración fue el primer estímulo?”* y la otra mitad *“¿De qué duración fue el segundo estímulo?”* con una pantalla roja de fondo.

Esta fase constó de 32 ensayos presentados de manera aleatoria (8 ensayos de cada una de las combinaciones previamente mencionadas y en el 50% de ensayos se preguntó por la duración del primer estímulo y en el 50% por el segundo), y se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentarán una serie de ensayos, cada uno de ellos tendrá dos estímulos visuales de diferentes duraciones (largo o corto), usted tendrá que responder de que duración fue el estímulo por el que se le pregunte, en ocasiones se le preguntará por el primer estímulo y en ocasiones se le preguntará por el segundo estímulo. Presione la barra espaciadora para continuar.”* Posteriormente se le mostraba en pantalla como sería la tarea de manera esquemática (Ver anexo 3).

4. Generalización de N-back simultáneo. En esta fase se agregaron 4 duraciones que no habían sido entrenadas dando como resultado 6 duraciones en total: 600, 717, 850, 900, 1070 y 1200 ms. En esta fase se utilizó la variación realizada del procedimiento N-back, en cada ensayo se presentaban seguidos dos estímulos visuales formándose las siguientes combinaciones; cuando el primer estímulo era corto 600-600, 600-717, 600-850, 600-900, 600-1070, 600-1200; cuando el segundo estímulo era corto se usaron esas mismas combinaciones pero con los valores invertidos; cuando el primer estímulo era largo 1200-600, 1200-717, 1200-850, 1200-900, 1200-1200; cuando el segundo estímulo era largo se usaron esas mismas combinaciones pero con los valores invertidos.

Esta fase constó de 40 ensayos presentados de manera aleatoria (2 ensayos de cada una de las combinaciones previamente mencionadas y en el 50% de ensayos se preguntó por la duración del primer estímulo y en el 50% por el segundo), se presentaron las siguientes instrucciones: *“Esto es un receso, en cuanto usted decida puede reiniciar el experimento. Recuerde, cada ensayo tendrá dos estímulos visuales de diferentes duraciones (largo o corto), usted tendrá que responder de que duración fue el estímulo por el que se le pregunte, en ocasiones se le preguntará por el primer estímulo y en ocasiones se le preguntará por el segundo estímulo. Presione la barra espaciadora para continuar”*.

El análisis de datos se dividió en tres partes. Para la fase de prueba se obtuvieron los índices de discriminación para la duración corta y la duración larga (aciertos/total de ensayos) marcando como criterio de discriminación al menos 80% de respuestas correctas. En la fase de N-back se analizó si había diferencias significativas entre la condición N-back 1 y 2 y entre los tipos de ensayo (que eran las combinaciones de las duraciones) así como las interacciones de condición y ensayo a través de un ANOVA factorial. En la fase de generalización los datos obtenidos fueron separados por las dos condiciones N-back 1 y 2, se les ajustó la misma función sigmoidea de tres parámetros descrita en el estudio anterior.

Resultados

En la fase de prueba se encontró que los participantes tuvieron una discriminación menor para la duración corta en base al criterio estipulado de al menos 80% de respuestas correctas. Los participantes tenían que discriminar si el estímulo visual era de duración corta o si era de duración larga y obtuvieron un índice de respuestas correctas de 0.77 con desviación estándar de 0.19 para la duración corta y 0.92 con desviación estándar de 0.11 para la duración larga.

Para la fase de N-back simultáneo se analizaron los datos obtenidos con un ANOVA con 2 factores, condición de N-back (1 y 2) y ensayos con cuatro niveles (que fueron las diferentes combinaciones de duraciones C-C, C-L, L-C y L-L), no se obtuvieron diferencias significativas entre el factor condición (ver anexo 6). Entre los tipos de ensayo las diferencias fueron significativas $F(3,152)=6.77$, $p \leq .05$, teniendo un menor índice de discriminación los ensayos C-C y C-L en la condición 1 y los ensayos C-L y L-L en la condición 2 prueba Tukey HSD $p \leq .05$ (ver anexo 7). Es decir en la condición uno se observan más respuestas hacia la duración larga y en la condición dos se observan más respuestas hacia la duración corta. La interacción entre condición y ensayos también fue significativa $F(3,152)= 46.38$ $p \leq .05$ (ver figura 6).

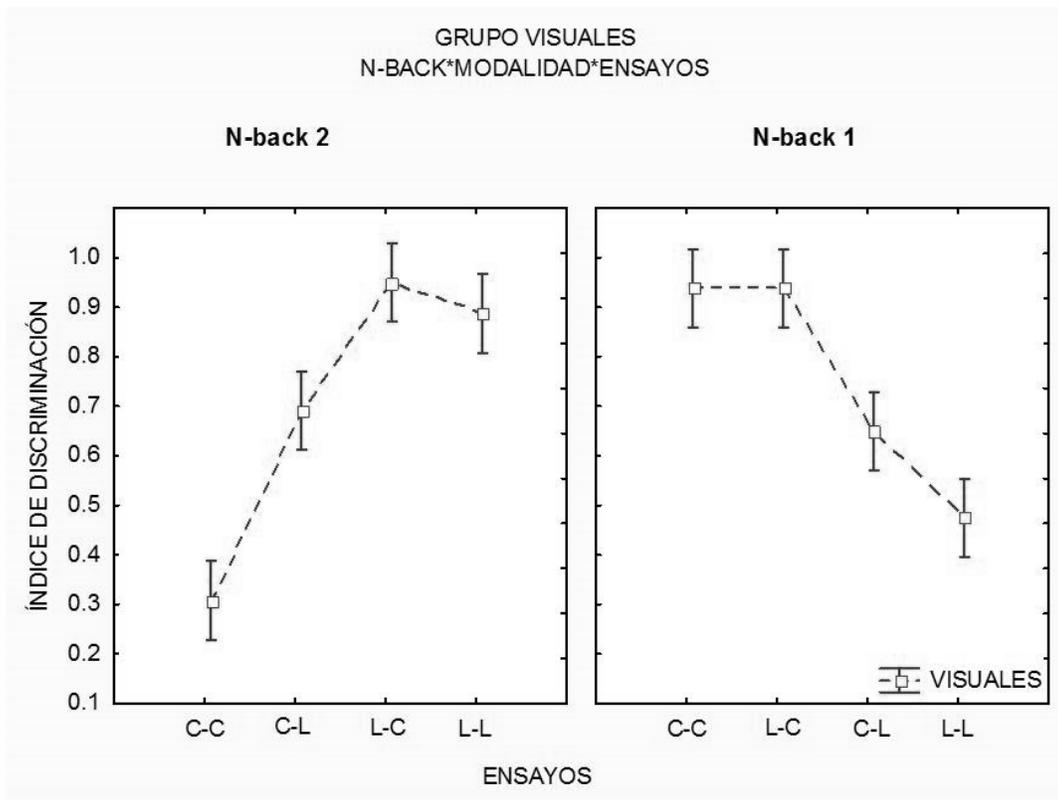


Figura 6. Índice de discriminación por N-back y tipo de ensayo (duraciones: corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo) para el grupo visual.

En la fase de generalización los datos obtenidos fueron separados por las dos condiciones N-back 1 y 2, se les ajustó una función sigmoidea de tres parámetros con la misma ecuación del estudio 1. Se intentó calcular los mismos parámetros descritos en el estudio 1, punto de bisección, limen y fracción de Weber para obtener las medias por condición de N-back. Los parámetros no pudieron ser calculados debido a que la función de ajuste no describe los datos encontrados con estímulos visuales ya que en la condición N-back 2 las respuestas hacia todos los estímulos fueron en su mayoría largo y para la condición N-back 1 las respuestas hacia todos los estímulos fueron en su mayoría corto (ver figura 5, gráficas del segundo renglón).

Discusión

En el experimento 2 se evaluó la precisión para la discriminación de duraciones visuales al tener que ser mantenidas en memoria de trabajo. La variación que se realizó al procedimiento original de N-back permitió la evaluación ensayo a ensayo de memoria de trabajo para esta modalidad sensorial, de igual forma permitió observar la influencia de interferencias en el recuerdo de su duración al presentar dos estímulos de diferentes duraciones en el mismo ensayo por lo que la duración de uno podía estar interfiriendo con la duración del otro.

Se encontró que los niveles de respuestas correctas para la discriminación de duraciones de estímulos visuales se ven afectados cuando se requiere mantener en el almacén de memoria dos duraciones presentadas de manera sucesiva, también el procedimiento utilizado permite observar que cuando los dos estímulos a recordar se encuentran en modalidad visual para la condición de N-back 2 se presenta un efecto de interferencia retroactiva solo cuando el primer estímulo presentado es corto, es decir cuando se pregunta por la duración del primer estímulo de los dos presentados los participantes respondieron en su mayoría largo aunque la duración fuera corta y se encontró un efecto contrario en la condición N-back 1, cuando se preguntaba por la duración del segundo estímulo presentado en este caso la interferencia fue proactiva solo cuando el segundo estímulo era largo y la tendencia fue responder al corto aunque la duración fuera larga, este hallazgo es acorde con lo reportado por Rattat y Picard (2011) de que el recuerdo de una duración se ve afectado al presentar interferencia en la misma modalidad. Otro aspecto importante que hay que resaltar es el hecho de que no se encuentren diferencias significativas entre las dos condiciones de N-back presentadas, ya que nos permite dar cuenta de que el proceso atencional fue el mismo para los dos estímulos. Para la fase de generalización se observa que una función sigmoidea no representa los datos obtenidos en ambas condiciones dado que en la condición N-back 2 las respuestas hacia todos los estímulos fueron con tendencia al largo y para la condición N-back 1 las respuestas hacia todos los estímulos fueron con tendencia al corto, se puede observar que el tener que

mantener en la memoria de trabajo dos duraciones de modalidad visual afecta su posterior discriminación, aspecto que no ocurre cuando se realiza la estimación de un solo estímulo en modalidad visual (Droit-Volet, Tourret y Wearden, 2004). En esta fase se presentan los mismos efectos de interferencia proactiva y retroactiva encontrados en la fase de N-back. Sin embargo, al igual que en el experimento 1 por cuestiones del diseño experimental, en el que se estaba explorando el procedimiento propuesto y pretendiendo cuidar que la cantidad de ensayos en la sesión no fuera muy grande como para generar fatiga en los participantes, al implementarse la tarea la cantidad de ensayos para la fase de generalización no fueron los suficientes para permitir hacer un análisis estadístico más sofisticado con los datos. Para contrarrestar esta limitante para una futura investigación se realizará una sesión más en la que se puedan presentar más ensayos en la sección de generalización para poder realizar un análisis más preciso de las funciones.

En resumen, este experimento permitió evaluar la precisión para la discriminación de duraciones visuales al ser mantenidas en memoria de trabajo con un procedimiento diseñado especialmente para esto (Jaeggi *et al.* 2010) por lo que los datos obtenidos se pueden atribuir exclusivamente a este proceso.

Experimento 3. Modalidad Intrasujetos Auditivos y Visuales.

Participantes

20 estudiantes (2 hombres y 18 mujeres) de la licenciatura en Psicología de semestres iniciales (tercero a quinto semestre) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su rango de edad fue de 18 a 25 años (19.1 ± 1.1 años, con vista normal o corregida y audición normal). Los participantes asistieron voluntariamente por puntos extra en una materia y nunca habían realizado alguna tarea de estimación temporal.

Aparatos

10 computadoras Dell con procesador Pentium 4® y Sistema operativo Windows XP®, con resolución en monitor de 1280*1024 pixeles y teclado. Los estímulos experimentales fueron programados en el paquete SuperLab Pro versión 2.0 asegurando la precisión en milisegundos de los estímulos presentados (estímulo auditivo de 75 decibles y estímulos visuales 1 rombo de 10mm de ancho y 12mm de alto variando para cada ensayo de color azul, verde oscuro, rosa, rojo, verde claro y ubicación, en la esquina superior o inferior del lado izquierdo o derecho, o bien al centro del monitor) y del registro de respuestas.

Procedimiento

Cada participante fue asignado a una computadora en la cual se le presentaban los estímulos y las instrucciones de la tarea experimental y en la misma computadora llevaba a cabo la sesión experimental completa. Antes de comenzar se le informaba al participante que en caso de tener dudas con las instrucciones podía recibir apoyo verbal por parte del experimentador con el fin de dejar claro el objetivo de la tarea, sin embargo esta situación no se presentó. Al terminar la sesión para corroborar que los participantes habían entendido las instrucciones llenaban un cuestionario por escrito donde explicaban en que había consistido la tarea.

La sesión experimental se dividió en 4 bloques. 1. Adquisición de la respuesta: constó de dos bloques de 4 ensayos. Primero se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentará una tarea en la que usted tendrá que discriminar entre dos estímulos auditivos de diferentes duraciones, si usted cree que el estímulo es de duración corta presione la tecla S, o si usted cree que el estímulo es de duración larga presione la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para comenzar.”* Cada ensayo comenzaba cuando aparecía la palabra “atención” durante un segundo seguida de un estímulo auditivo de 75 decibles, en dos ensayos la duración del estímulo fue de 600 ms (corto) y en los otros dos de 1200 ms (largo), al terminar el estímulo aparecía una pantalla roja

que le indicaba al participante *“el estímulo anterior fue de duración corta presione la tecla “S”, si el estímulo presentado había sido de 600 ms y “el estímulo anterior fue de duración larga presione la tecla “L”, si el estímulo presentado había sido de 1200 ms.*

Una vez terminados los 4 ensayos anteriores, en el segundo bloque se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentará una tarea en la que usted tendrá que discriminar entre dos estímulos visuales de diferentes duraciones, si usted cree que el estímulo es de duración corta presione la tecla S, o si usted cree que el estímulo es de duración larga presione la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para comenzar.”* Cada ensayo comenzaba cuando aparecía la palabra “atención” durante un segundo seguida de un estímulo visual (1 rombo de 10mm de ancho y 12mm de alto variando para cada ensayo de color (azul, verde oscuro, rosa, rojo, verde claro) y ubicación (en la esquina superior o inferior del lado izquierdo o derecho, o bien al centro del monitor) para evitar la fijación del estímulo. En dos ensayos la duración del estímulo fue de 600 ms (corto) y en los otros dos de 1200 ms (largo), al terminar el estímulo aparecía una pantalla roja que le indicaba al participante *“el estímulo anterior fue de duración corta presione la tecla “S”, si el estímulo presentado había sido de 600 ms y “el estímulo anterior fue de duración larga presione la tecla “L”, si el estímulo presentado había sido de 1200 ms.*

2. Fase de prueba: constó de dos bloques de 8 ensayos (cuatro cortos y cuatro largos de manera aleatoria). Primero se presentaron las siguientes instrucciones: *“Los ensayos anteriores fueron de entrenamiento, ahora se le presentarán una serie de estímulos auditivos de distinta duración. Responda cuando la pantalla sea roja, sí el estímulo auditivo fue de corta duración, oprima la tecla S, sí usted considera que el estímulo auditivo fue de larga duración, oprima la tecla L .Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para continuar”* Las características de los ensayos fueron las mismas que para la fase anterior solo que ahora después del estímulo auditivo aparecía la pantalla roja vacía a diferencia de la fase anterior en la que decía la duración del estímulo. El participante tenía que responder

durante la pantalla roja presionando la tecla S o L, si después de 5 segundos no respondía la pantalla roja desaparecía y pasaba al siguiente ensayo.

Una vez terminados los 8 ensayos anteriores, en el segundo bloque se presentaron las siguientes instrucciones: *“Los ensayos anteriores fueron de entrenamiento, ahora se le presentarán una serie de estímulos visuales de distinta duración. Responda cuando la pantalla sea roja, sí el estímulo visual fue de corta duración, oprima la tecla S, sí usted considera que el estímulo visual fue de larga duración, oprima la tecla L. Corta = S Larga = L Presione la barra espaciadora para continuar”* Las características de los ensayos fueron las mismas que para la fase anterior solo que ahora después del estímulo visual aparecía la pantalla roja vacía a diferencia de la fase anterior en la que decía la duración del estímulo. El participante tenía que responder durante la pantalla roja presionando la tecla S o L, si después de 5 segundos no respondía la pantalla roja desaparecía y pasaba al siguiente ensayo.

3. Fase de N-back simultáneo. En esta fase se presentó la variación realizada del procedimiento N-back, en cada ensayo se presentaban seguidos dos estímulos uno auditivo y uno visual o viceversa y podían ser corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo, de manera aleatoria al terminar el segundo estímulo se preguntaba la mitad de veces *“¿De qué duración fue el primer estímulo?”* y la otra mitad *“¿De qué duración fue el segundo estímulo?”* con una pantalla roja de fondo.

Esta fase constó de 64 ensayos presentados de manera aleatoria (8 ensayos de cada una de las combinaciones previamente mencionadas y en el 50% de ensayos se preguntó por la duración del primer estímulo y en el 50% por el segundo), se presentaron las siguientes instrucciones: *“A continuación se le presentarán una serie de ensayos, cada uno de ellos tendrá dos estímulos, uno auditivo y uno visual de diferentes duraciones (largo o corto), usted tendrá que responder de que duración fue el estímulo por el que se le pregunte, en ocasiones se le preguntará por el primer estímulo y en ocasiones se le preguntará por el segundo estímulo. Presione la barra espaciadora para continuar.”* Posteriormente

se le mostraba en pantalla como sería la tarea de manera esquemática (Ver anexo 4).

4. Generalización de N-back simultáneo. En esta fase se agregaron 4 duraciones que no habían sido entrenadas dando como resultado 6 duraciones en total: 600, 717, 850, 900, 1070 y 1200 ms. En esta fase se utilizó la variación realizada del procedimiento N-back, en cada ensayo se presentaban seguidos dos estímulos uno auditivo y uno visual y viceversa, formándose las siguientes combinaciones; cuando el primer estímulo era corto 600-600, 600-717, 600-850, 600-900, 600-1070, 600-1200; cuando el segundo estímulo era corto se usaron esas mismas combinaciones pero con los valores invertidos; cuando el primer estímulo era largo 1200-600, 1200-717, 1200-850, 1200-900, 1200-1200; cuando el segundo estímulo era largo se usaron esas mismas combinaciones pero con los valores invertidos.

Esta fase constó de 64 ensayos presentados de manera aleatoria (2 ensayos de cada una de las combinaciones previamente mencionadas y en el 50% de ensayos se preguntó por la duración del primer estímulo y en el 50% por el segundo), se presentaron las siguientes instrucciones: *“Esto es un receso, en cuanto usted decida puede reiniciar el experimento. Recuerde, cada ensayo tendrá dos estímulos uno auditivo y uno visual de diferentes duraciones (largo o corto), usted tendrá que responder de que duración fue el estímulo por el que se le pregunte, en ocasiones se le preguntará por el primer estímulo y en ocasiones se le preguntará por el segundo estímulo. Presione la barra espaciadora para continuar”*.

La siguiente tabla muestra como fueron agrupados los ensayos en cada una de las fases del experimento.

<i>Ensayos por bloques</i>		
<i>Bloques</i>	<i>N° de ensayos</i>	<i>Eventos</i>
<i>Adquisición</i>	<i>8</i>	<i>a) auditivos 600ms (C) y 1200ms (L)</i> <i>b) visuales 600 ms (C) y 1200ms (L)</i>
<i>Entrenamiento (prueba)</i>	<i>16</i>	<i>a) bisección visual</i> <i>b) bisección auditivo</i>
<i>N-back</i>	<i>64</i>	<i>a) auditivo C visual C</i> <i>b) auditivo C visual L</i> <i>c) visual C auditivo C</i> <i>d) visual C auditivo L</i> <i>e)auditivo L visual C</i> <i>f)auditivo L visual L</i> <i>g) visual L auditivo C</i> <i>e)visual L auditivo L</i>
<i>Generalización</i>	<i>64</i>	<i>600, 717, 850, 900, 1070, 1200 ms</i>

Tabla 1. Ensayos por bloques. Se muestran la cantidad de ensayos por cada fase del experimento y los eventos presentados en cada una. C = estímulo de duración corta, 600 ms. L = estímulo de duración larga 1200 ms.

El análisis de datos se dividió en tres partes. Para la fase de prueba se obtuvieron los índices de discriminación para la duración corta y la duración larga (aciertos/total de ensayos) para cada modalidad marcando como criterio de discriminación al menos 80% de respuestas correctas. En la fase de N-back los datos se separaron por modalidad y se analizó si había diferencias significativas entre la condición N-back 1 y 2 y entre los tipos de ensayo (que eran las combinaciones de las duraciones) así como las interacciones de modalidad, N-back y ensayos a través de un ANOVA de medidas repetidas. En la fase de generalización los datos obtenidos fueron separados por las dos modalidades y las dos condiciones de N-back, se les ajustó la función sigmoidea de tres parámetros descrita anteriormente

Resultados

En la fase de prueba se encontró que los participantes discriminaron sin ningún problema en base al criterio estipulado de al menos 80% de respuestas correctas si el estímulo auditivo era de duración corta o si era de duración larga con un índice de respuestas correctas de $.90 \pm .18$ y $.98 \pm .05$ respectivamente. De igual manera cuando era visual, duración corta $.93 \pm .13$ y duración larga $.80 \pm .22$.

Para la fase de N-back simultáneo se analizaron los datos obtenidos con un ANOVA de medidas repetidas con tres factores: *condición de N-back*, con dos niveles (N-back 1 y N-back 2), por *modalidad* con dos niveles (auditiva y visual), por *ensayo* con cuatro niveles (que fueron las diferentes combinaciones de duraciones C-C, C-L, L-C y L-L), no se obtuvieron diferencias significativas entre el factor condición de N-back (ver anexo 8). Se encontraron diferencias significativas entre el factor modalidad $F(1,19)=21.19$, $p \leq .05$ observando mejor desempeño para los estímulos auditivos que para los visuales (ver figura 7). Entre el factor ensayo las diferencias fueron significativas $F(3,57)=16.67$, $p \leq .05$, para los estímulos visuales de duración larga decrementó su discriminación en comparación con el entrenamiento, no siendo así para los estímulos auditivos. La

interacción de N-back y modalidad fue significativa $F(1,19)=10.13$, $p \leq .05$ al igual que la interacción modalidad y ensayos $F(3,57)=22.5$ $p \leq .05$, no siendo así para la interacción N-back-ensayos. Un aspecto interesante a resaltar es que la interacción de N-back-modalidad-ensayos no fue significativa a diferencia de lo encontrado en el análisis de modalidad entresujetos (ver anexo 9) donde esta interacción fue significativa $F(3,304)= 42.5$, $p \leq .05$ (ver figura 8) aspecto que se retomará más adelante como posible indicador de un proceso de memoria de trabajo independiente de modalidades.

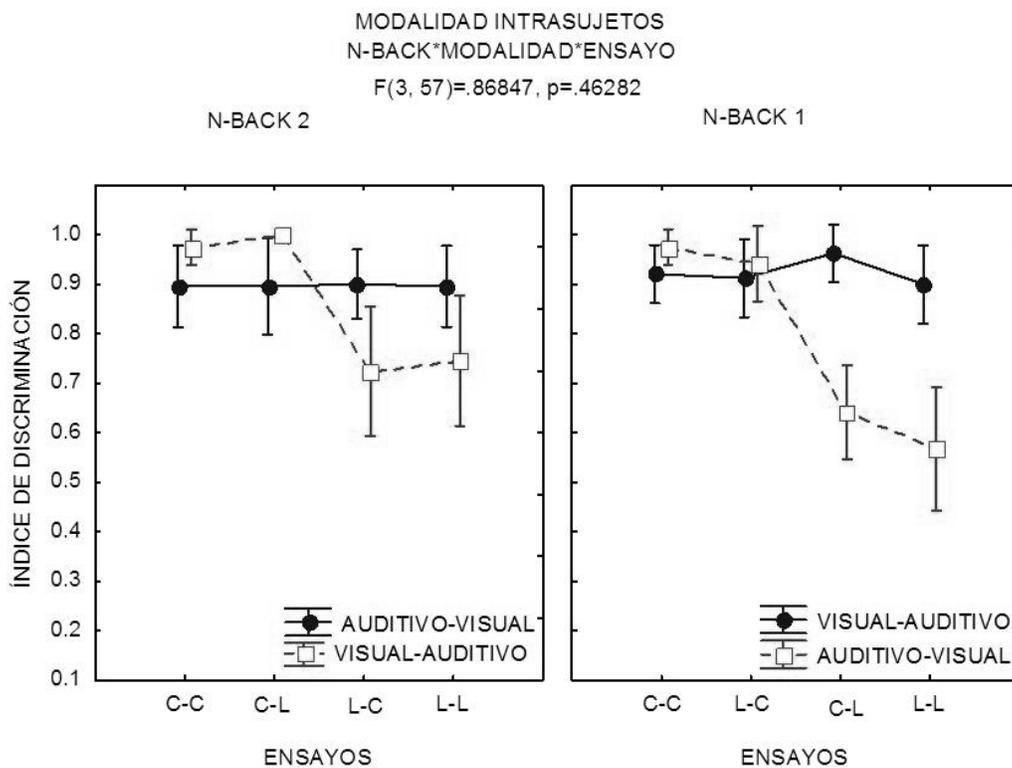


Figura 7. Índice de discriminación por N-back y tipo de ensayo (duraciones: corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo) para el experimento modalidad intrasujetos auditivo-visual combinados en cada ensayo.

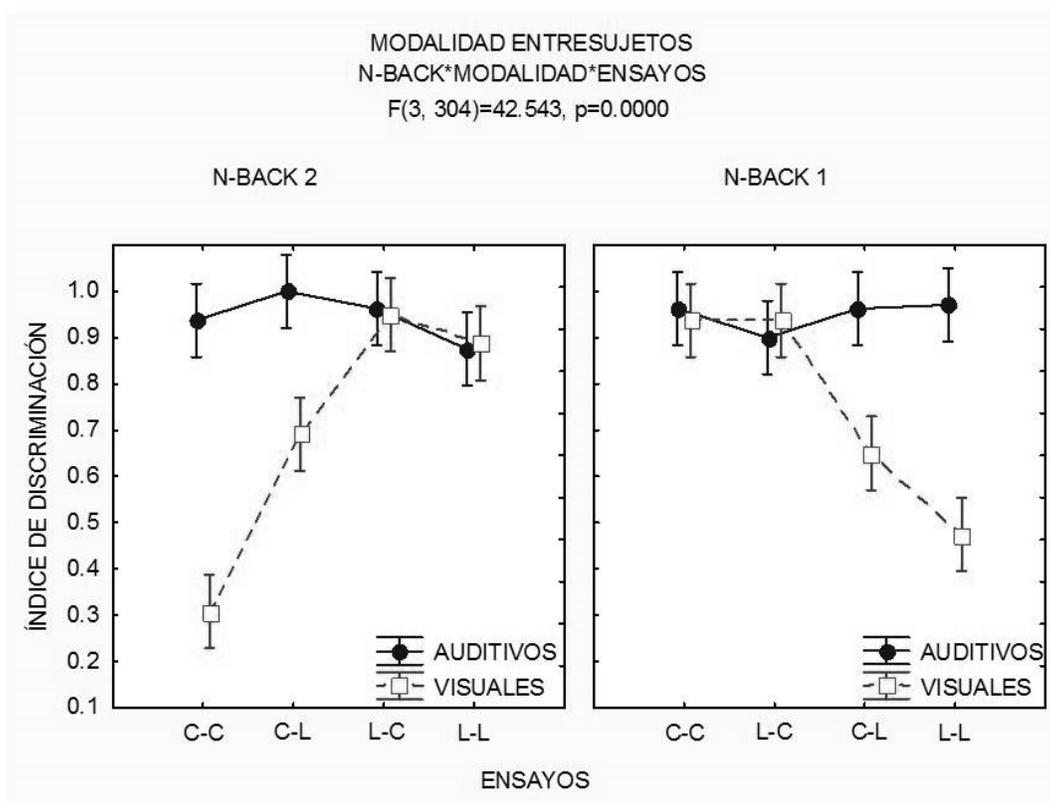


Figura 8. Índice de discriminación por N-back y tipo de ensayo (duraciones: corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo) modalidad entresujetos, el experimento auditivo representado por una línea continua y para el experimento visual representado por la línea discontinua.

En la fase de generalización a los datos obtenidos se les separó por modalidad y posteriormente cada modalidad se dividió por las dos condiciones de N-back (estimación del primer estímulo y estimación del segundo estímulo), se les ajustó la misma ecuación sigmoidea de tres parámetros utilizada en los anteriores estudios. Se intentó calcular los mismos parámetros descritos en el estudio 1, punto de bisección, limen y fracción de Weber para obtener las medias por condición. Los parámetros no pudieron ser calculados en primer lugar debido a que la función de ajuste no describe los datos encontrados con estímulos visuales (ver figura 5 gráficas inferiores). Y en segundo lugar porque al manipular la variable modalidad intrasujetos la cantidad de tipos de ensayo aumentó y esto

trajo como consecuencia que algunos tipos de ensayo solo se presentaran una vez por lo que no había valor promedio para hacer el ajuste y los análisis estadísticos que ello implicaba.

Discusión

Este tercer experimento tuvo como objetivo analizar la precisión para la discriminación de duraciones, auditivas y visuales al ser mantenidas en memoria de trabajo, la variación que se realizó al procedimiento original de N-back así como el diseño de este experimento (modalidad intrasujetos) permitió la evaluación ensayo a ensayo de memoria de trabajo para modalidades específicas así como observar la influencia de interferencias a cada modalidad en el recuerdo de la duración tanto visual como auditiva y evaluar el factor atencional hacia cada uno de ellos. Se encontró el mismo efecto ya antes reportado de percibir los estímulos auditivos más largos que los visuales (Penney et al. 2000; Goldstone *et al.* 1959; Wearden, *et al.* 2006), atribuido a la hipótesis de que el reloj funciona más rápido para estímulos auditivos que para visuales, por lo que la representación temporal de un estímulo auditivo es más larga que para uno visual asumiendo que los estímulos se están comparando bajo la misma representación en memoria de referencia. Este experimento da pie a la hipótesis de que los estímulos de ambas modalidades se están comparando bajo la misma representación temporal en memoria de referencia dado que las dos duraciones presentadas en distintas modalidades y almacenadas en memoria de trabajo eran requeridas ensayo a ensayo y que las diferencias en discriminación por modalidad fueron significativas $F(1,19)=21.19, p \leq .05$, se observa que solo la discriminación de estímulos visuales largos decrementó al tener que retenerse en memoria de trabajo junto con un estímulo auditivo y al compararse aun teniendo la misma duración se subestimaban los visuales, por lo que parece haber evidencia de un componente de memoria temporal independiente de modalidad que se ve reflejado al no encontrar diferencias significativas en el análisis de la interacción condición-modalidad-ensayos, estos datos apuntan a que hay un procesamiento temporal por modalidad específica en memoria de trabajo y que posteriormente pasaría a

un sistema de procesamiento en general independiente de modalidad en memoria de referencia en el que se integra la información de ambas modalidades como en el modelo reportado por Stauffer, et al. (2011).

Resultados generales

Una vez obtenidos los resultados de los tres experimentos: 1 modalidad auditiva, 2 modalidad visual y 3 modalidad auditiva y visual, se llevó a cabo la comparación de los grupos participantes en los experimentos 1 y 2 (modalidad entresujetos) para poder observar si se presentaba en memoria de trabajo el efecto de modalidad específica y posteriormente compararse con lo encontrado en el experimento 3 (modalidad intrasujetos).

Los datos obtenidos del experimento 1 y 2 en la tarea de N-back simultáneo fueron analizados por medio de un ANOVA factorial entre grupos, y se encontró que las diferencias en el factor modalidad son significativas $F(1,304)=115.8$, $p \leq .05$ observando mejor desempeño para los estímulos auditivos que para los visuales (ver figura 8). No hubo diferencias significativas en el factor N-back. En el factor ensayos las diferencias fueron significativas $F(3,304)=6.4$, $p \leq .05$, para los estímulos visuales los participantes respondieron en su mayoría largo en N-back 2 aunque la duración fuera corta y se encontró un efecto contrario en N-back 1, es decir, se presentó una tendencia a responder corto cuando el estímulo era largo. La interacción de N-back y ensayos fue significativa $F(3,304)=32.4$, $p \leq .05$ al igual que la interacción modalidad y ensayos $F(3,304)= 4.6$, $p \leq .05$, no siendo así para la interacción N-back y modalidad. Y por último la interacción de N-back-modalidad-ensayos fue significativa $F(3,304)= 42.5$, $p \leq .05$, aspecto importante a resaltar ya que parece indicar que para un diseño entre grupos existe en memoria de trabajo un efecto de modalidad específica, aspecto que se discute más adelante.

Posteriormente se hizo un análisis de medias semi-restringidas dado el apoyo empírico que ha recibido este análisis para la precisión de los tiempos de reacción

(Perea, 1999). Se aplicó el análisis a los tiempos de reacción (TR) de la fase de N-back simultáneo para el experimento de modalidad auditiva-visual (intrasujetos) y para los experimentos a los que se les presentaron las modalidades por separado (entresujetos). En el ANOVA de modalidad entresujetos se encontraron diferencias significativas en el factor modalidad $F(1,304)= 38.53$, $p \leq .05$, en el factor N-Back $F(1,304)= 4.65$ $p \leq .05$ no siendo así en el ANOVA de modalidad intrasujetos para esos dos factores. Para el factor ensayos se encontraron diferencias significativas entresujetos $F(3,304)= 3.73$ $p \leq .05$ e intrasujetos $F(3,57)= 17.06$ $p \leq .05$ (para detalle de interacciones ver anexo 10). Estos resultados apuntan a diferencias de procesamiento cuando la modalidad es presentada entresujetos. Sin embargo, al presentar las dos modalidades en el mismo ensayo en un diseño intrasujetos los resultados parecen indicar un procesamiento independiente de modalidad ya que una modalidad interfiere con la otra. También se puede observar como el TR a estímulos auditivos es menor que para estímulos visuales a excepción de N-back 2 con modalidad intrasujetos donde el TR a estímulos visuales fue menor que el TR a estímulos auditivos, esto último se puede deber a que en N-back 2 con modalidad intrasujetos la cantidad de respuesta correctas fue más alta por lo que se puede observar que a mayor precisión el tiempo de reacción es menor (ver figura 9).

TIEMPOS DE REACCIÓN

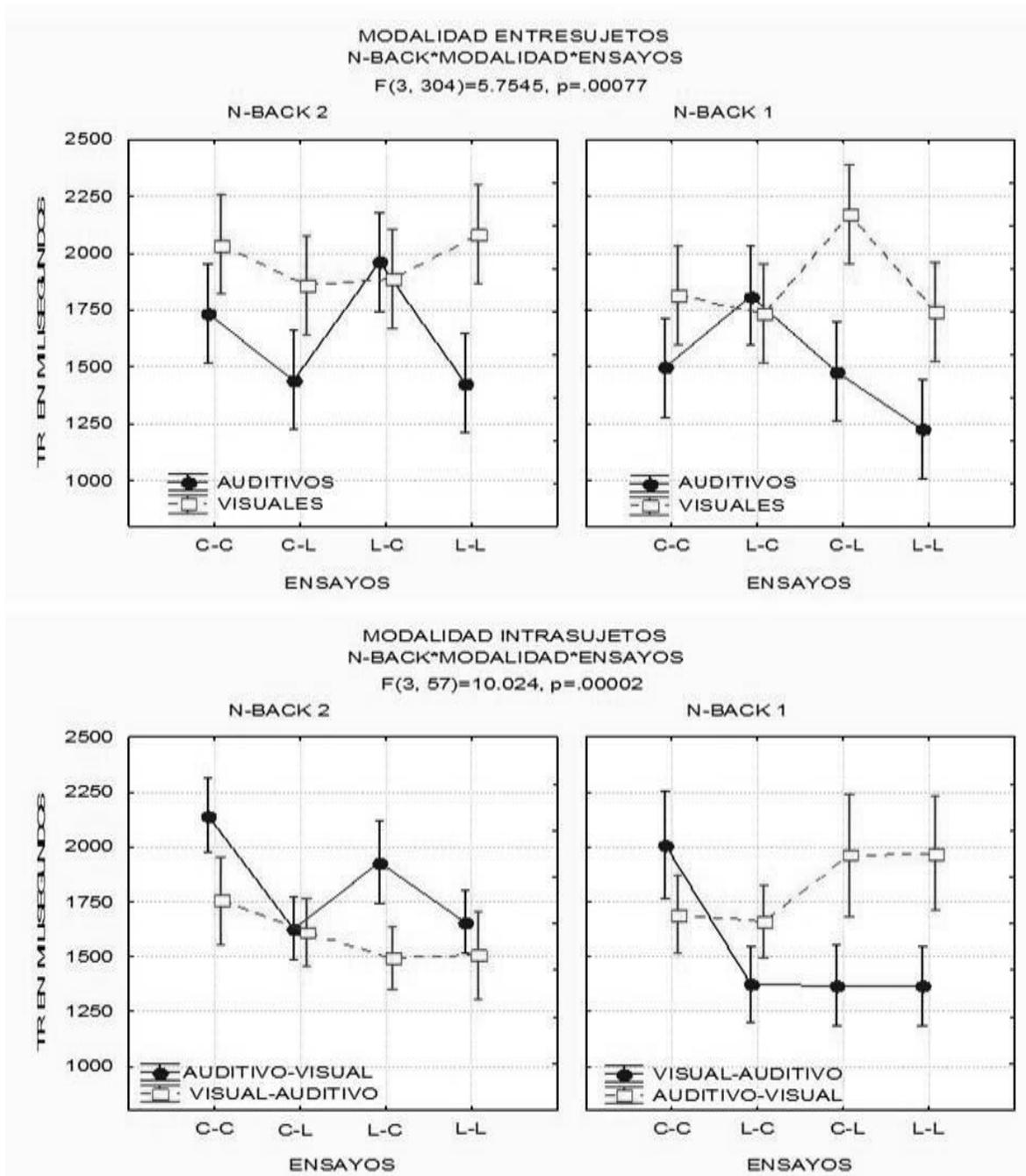


Figura 9. Medias semi-restringidas de TR por N-back y tipo de ensayo (duraciones: corto-corto, corto-largo, largo-corto y largo-largo) paneles superiores experimentos auditivo y visual (modalidad entresujetos), paneles inferiores experimento modalidades auditivo-visual combinados (modalidad intrasujetos).

Discusión general

A lo largo de este trabajo se comprobó cómo es que se ve afectada la memoria de trabajo en modalidades específicas para estímulos temporales auditivos y visuales al igual que su combinación bajo la variación de un procedimiento para estudiar memoria de trabajo en humanos conocido como N-back (Jaeggi *et al.* 2010) y que ha demostrado que al variarse sistemáticamente la carga del procesamiento en memoria de trabajo se muestran cambios reflejados en la precisión de discriminación y tiempos de reacción (Jonides *et al.* 1997). De acuerdo a lo anterior, en este trabajo se analizaron ambos, tanto la precisión para la discriminación de duraciones auditivas y visuales al ser mantenidas en memoria de trabajo, como el tiempo de reacción para cada una de las modalidades, obteniendo así mayor evidencia acerca de las diferencias de procesamiento. El diseño de este estudio: experimento 1 modalidad auditiva, experimento 2 modalidad visual (lo que posteriormente permitió hacer un análisis entresujetos de la modalidad) y experimento 3 modalidad auditiva y visual (para posteriormente analizar el efecto de modalidad intrasujetos) y la variación que se realizó al procedimiento original de N-back, permitió la evaluación ensayo a ensayo de memoria de trabajo para modalidades específicas así como observar la influencia de interferencias para cada modalidad en el recuerdo de una duración tanto visual como auditiva, de igual manera que permitió evaluar el factor atencional hacia cada uno de ellos.

Atención al tiempo y memoria del tiempo.

Quedó demostrado que el procedimiento utilizado permite controlar el factor atencional al no encontrar diferencias significativas al preguntar por la duración del primer o del segundo estímulo presentado, lo que apunta a que el nivel de atención hacia ambos estímulos fue el mismo. Este aspecto es retomado dado que dentro de la literatura se ha discutido acerca de los procesos cognitivos involucrados en los distintos tipos de tarea de estimación temporal, específicamente en estimación temporal prospectiva y retrospectiva. Block y Zakay (1997, 2008, Zakay y Block, 2004) sugieren hasta cierto punto que la

disociación existente entre ambos paradigmas se debe a que los estudios que se han realizado para comparar ambos procesos pueden haber estado utilizando una tarea en la que la atención demandada solo es suficiente como para mostrar un efecto sobre la estimación prospectiva, pero no en estimación retrospectiva. Debido a que la atención al tiempo en la estimación retrospectiva es baja, al realizar tareas simultáneas lo suficientemente exigentes para reducir significativamente el ya de por sí bajo nivel de atención, se provoca el efecto reportado en la literatura. En estimación temporal prospectiva las estimaciones son más largas y precisas que en la estimación temporal retrospectiva (Grondin, 2010). Por lo tanto, si se controla el factor atencional que se dedica a tiempo en tareas retrospectivas, posteriormente se podría evaluar si es que se utilizan diferentes procesos en ambas tareas. El procedimiento propuesto en este trabajo podría ayudar a esclarecer este último punto dado que al presentarse más de un evento la tarea sería de acuerdo a Brown (1997, 2001) de estimación temporal retrospectiva siendo que depende más de recuperar la información. Como se demostró que se controla el nivel de atención hacia cada uno de los eventos presentados, se podría hacer una variación al procedimiento en la que al principio se instruya al participante cual estímulo es el que debe atender para que posteriormente responda su duración, es decir, hacerlo prospectivo, de esta manera se podría evaluar si es que en realidad el efecto de que las estimaciones sean más largas y precisas en estimación temporal prospectiva que en la estimación temporal retrospectiva no se debe solo a que las interferencias eran mayores en los procedimientos retrospectivos. En conclusión, con los resultados de la tarea retrospectiva propuesta en este trabajo y con la modificación señalada en la tarea para hacerla prospectiva dados los hallazgos encontrados se podría explorar si los procesos cognitivos involucrados en ambas tareas son los mismos.

Diferencias en estimación temporal por modalidad sensorial.

En este trabajo se encontró el mismo efecto ya antes reportado de percibir los estímulos auditivos más largos que los visuales (Penney *et al.*, 2000; Goldstone *et al.*, 1959; Wearden, *et al.*, 2006) que ha sido atribuido a la hipótesis de que el reloj

funciona más rápido para estímulos auditivos que para visuales, por lo que la representación temporal de un estímulo auditivo es más larga que para uno visual asumiendo que ambos tipos de estímulo se están comparando bajo la misma representación en memoria de referencia. Sin embargo Ogden, Wearden y Jones (2010) realizaron un estudio en el que a los participantes se les presentaban múltiples duraciones estándar a almacenar en memoria de referencia en modalidades tanto auditivas como visuales y posteriormente se le mostraban duraciones con las que se tenía que comparar el estándar, las duraciones de comparación eran presentadas tanto en la misma modalidad como en diferente modalidad a la estándar. Encontraron que las duraciones de estímulos visuales se mantenían mejor en memoria que las duraciones auditivas y que ambos tipos de estímulos no se hacen interferencia mutuamente, por lo que refutan la hipótesis de Penney *et al.* (2000) de que se comparan bajo la misma representación de memoria de referencia.

Los resultados presentados en este estudio contradicen a los del estudio de Ogden *et al.* (2010) y son consistentes con lo reportado mayoritariamente en la literatura en los que modalidad auditiva prevalece sobre la visual (Chen y Yeh, 2009; Droit-Volet *et al.*, 2004; Grondin, 1996, 2010; Grondin, Roussel, Gamache, Roy y Ouellet, 2005; Kanabus *et al.*, 2002; Lustig y Meck 2011; Penney *et al.*, 2000; Wearden, *et al.*, 2006). En los experimentos 1 y 2 se encontró que la discriminación de duraciones manteniendo dos estímulos en memoria de trabajo es mejor para estímulos auditivos que para visuales y que los estímulos visuales durante la tarea de memoria de trabajo son considerados como cortos mientras menos tiempo pase entre la presentación del estímulo y la respuesta requerida y largos mientras más tiempo pase entre la presentación del estímulo y la respuesta requerida, nótese que ese efecto no se encuentra durante el entrenamiento, al no tener que ser mantenidos en memoria de trabajo junto con otro estímulo se discriminaban los de duración larga y corta sin ningún problema con un aproximado del ochenta por ciento de respuestas correctas. En el experimento 3 se encontró como el hecho de mantener en memoria de trabajo dos duraciones en distinta modalidad sensorial si causa interferencia de una modalidad con la otra

percibiendo los estímulos visuales más cortos que los auditivos coincidiendo con la hipótesis de Penney *et al.*, (2000) de que ambos tipos de estímulo se están comparando bajo la misma representación temporal en memoria de referencia.

Otra hipótesis que da cuenta de las diferencias en la percepción temporal entre estímulos auditivos y visuales es la propuesta por Grondin (1993, 2003) conocida como hipótesis del marcador interno, esta describe que las variaciones en las duraciones percibidas se encuentran al nivel del marcador, es decir, la forma en que los intervalos son marcados o presentados, describe que los intervalos llenos (los marcados de inicio a fin) podrían ser percibidos como más largos que los vacíos (marcado solo el inicio y el fin del intervalo a estimar) por las variaciones que ocurren en el periodo de estimación, al inicio y al final del proceso. Propone que existe una demora para finalizar la estimación de un intervalo lleno alargándolo y que al presentar el primer marcador de un intervalo vacío ese efecto de demora al finalizar la estimación del marcador podría estar ocasionando una demora para iniciar la estimación del intervalo vacío. Ambos efectos el de inicio y final de la estimación podrían concurrir para hacer que los intervalos llenos sean percibidos como más largos que los vacíos. El hecho relevante que aporta la hipótesis del marcador interno a este trabajo, es que al manipular la modalidad sensorial Grondin encontró que el inicio de la estimación ocurre más temprano con una señal auditiva que con una visual, de igual manera que el final de una estimación ocurre más rápido con un estímulo auditivo que con un visual, lo que explicaría por qué los estímulos auditivos son percibidos como más largos que los visuales. Por último agrega plausibilidad a su hipótesis considerando que el tiempo de reacción es menor para señales auditivas que para visuales. A una hipótesis similar se le ha llamado inicio de latencia (Droit-Volet, Tourret, Meck y Penney, 2007) que sugiere que el periodo de latencia para comenzar la estimación temporal de los estímulos auditivos es más rápido que para los visuales adjudicando que el interruptor oscila más a menudo entre los estados abierto y cerrado en estímulos visuales lo que ocasiona pérdida de pulsos y en consecuencia la subestimación.

En conclusión las hipótesis anteriores indican que se debe poner a discusión una alternativa que tome en cuenta las características de las modalidades sensoriales. En modalidad auditiva la determinación temporal es muy buena cuando se consideran eventos sucesivos, como en el lenguaje o la música que necesitan ser rápidamente procesados por lo que habría que tomar en cuenta el ritmo y tono por ejemplo. En modalidad visual, el espacio es una variable crucial que debe ser tomada en cuenta dado que la localización de las señales visuales puede influir en los juicios temporales, como es el caso en que una secuencia temporal marcada de izquierda a derecha es percibida más larga que una de derecha a izquierda (Grondin, 2003).

Tomando en cuenta lo anterior se podría cuestionar la premisa de si los juicios temporales dependen de un solo dispositivo de estimación temporal, o si es más simple reconocer la existencia de algunos dispositivos de estimación temporal con propiedades específicas para cada modalidad sensorial, cada uno siendo adaptado a las exigencias del ambiente para cada modalidad específica. A pesar de que la perspectiva de un solo reloj interno ha sido muy fructífera durante las últimas décadas, una perspectiva basada en la naturaleza de los eventos en el ambiente y el ajuste cognitivo a ellos podría brindar una integración más efectiva dentro de la percepción temporal y la psicología del tiempo.

Con los hallazgos encontrados en este estudio la pregunta clave planteada en esta literatura de si estímulos presentados en diferentes modalidades son procesados y almacenados en la misma forma podría ir tomando rumbo. En los resultados de este trabajo se puede observar que los estímulos de ambas modalidades si bien están demostrando procesos de memoria de trabajo diferentes, hallazgo reportado en el diseño entresujetos al encontrar diferencias significativas de la interacción de condición-modalidad-ensayos $F(3,304)= 42.5, p \leq .05$ (aspecto que parece indicar que existe en memoria de trabajo un efecto de modalidad específica). Y con los hallazgos encontrados en el diseño intrasujetos que brinda evidencia de procesos independientes de modalidades (es decir el mismo procesamiento general sin importar la modalidad) ya que se encuentran

interferencias de una modalidad sobre la otra, por lo que a diferencia del diseño entresujetos no se encontraron diferencias significativas de la interacción de condición-modalidad-ensayos, lo que hace suponer un proceso de memoria de referencia independiente de modalidades (es decir, general para cualquier modalidad) ya que se ve afectado por un diseño de modalidad intrasujetos y no en uno de modalidad entresujetos. Estos datos apuntan a un procesamiento temporal por modalidad específica en memoria de trabajo y que posteriormente pasaría a un sistema de procesamiento en general independiente de modalidad en memoria de referencia en el que se integra la información de ambas modalidades, lo que coincide con lo reportado por Stauffer, et al. (2011).

Los datos recabados de los tiempos de reacción también se relacionan con la hipótesis de Stauffer, et al. (2011) al presentar las dos modalidades por separado se encontraron diferencias significativas, $F= 10.69$, $p \leq .05$. Sin embargo, al presentar las dos modalidades en el mismo ensayo no se encontraron diferencias significativas entre modalidad. Lo que refleja diferentes procesos para cada modalidad cuando se presentan por separado pero un proceso que integra ambas modalidades cuando se presentan de manera combinada. El análisis de los tiempos de reacción también coincide con la hipótesis de los marcadores internos de Grondin (1993, 2003) mencionada anteriormente.

En resumen los datos obtenidos en este trabajo parecen indicar que en memoria de trabajo existe un procesamiento para modalidad específica y que después forma parte de un proceso más general que es independiente de modalidad en memoria de referencia, dado que ésta última subyace a la memoria de trabajo, en memoria de referencia los procesos de estimación temporal para ambas modalidades son integrados y es ahí en memoria de referencia donde se crea la interferencia de una modalidad con otra.

Estimación temporal y memoria.

La consideración de cómo la percepción del tiempo y memoria están relacionados se permite abordar de manera experimental con el procedimiento propuesto en

este trabajo dado que permite estudiar dos elementos del funcionamiento de la memoria en cuanto a información temporal. El primer elemento es el de localización, al responder al cuándo sucedió (en cuanto a posición 1 o 2), es decir, de la secuencia de eventos mantenidos en memoria, se discriminaba entre el primer estímulo presentado o el segundo para posteriormente pasar al elemento dos que es el de estimación, al responder la duración del intervalo temporal, lo que apunta a la existencia de estas propiedades de representación temporal en memoria, el de localización y el de estimación. Este procedimiento también permite estudiar lo propuesto por Hoerl (2009), en su teoría propone que memoria podría subyacer a la experiencia temporal y resume como podría dar cuenta de la experiencia de sucesión de eventos. Su llamada Teoría de Memoria de Experiencia Temporal consiste a grandes rasgos en que un sujeto tiene la experiencia perceptual de un evento, mientras todavía tiene en memoria otro evento, que aconteció en el pasado reciente, es decir, el sujeto tiene un conjunto de percepción que contiene un ingrediente temporal del pasado que correspondería en este caso al primer estímulo y un ingrediente temporal del presente correspondiente en este caso al segundo estímulo de esta manera de acuerdo a Hoerl se tendría una experiencia de sucesión al mantener en memoria los dos eventos.

En otra perspectiva el modelo que ha abordado el tema desde procesos intrínsecos de memoria como el decaimiento del recuerdo y su fortalecimiento propuesto por Staddon y Higga (1996,1999) conocido como Escalas Múltiples de Tiempo y que asume funciones de decaimiento secuencial de un grupo de integradores en cascada, al parecer solo da cuenta de los estímulos en modalidad auditiva para los que la estimación del segundo estímulo presentado es mejor que para el primero lo que coincide con que la fuerza del trazo temporal del estímulo más reciente facilita la discriminación, pero para los estímulos visuales esto no es exacto dado que de acuerdo a esta teoría se debería encontrar un efecto al corto para la primer duración presentada dado que la fuerza del trazo temporal sería más débil que para el segundo estímulo, sin embargo los datos de la modalidad visual son contrarios a este punto.

A manera de conclusión la interacción entre tiempo y memoria se refleja de varias maneras, en algunos casos la estimación del tiempo toma el papel principal y el recuerdo en memoria es un sistema de soporte o apoyo. Un ejemplo podría verse cuando se recuerda la duración aproximada de un episodio (como serie de eventos relacionados), así como en juicios de duraciones retrospectivas. En ambos casos el objetivo es recordar cuándo ocurrió un evento pasado y cuánto duró un episodio o evento, en ambas situaciones la tarea no puede ser llevada a cabo sin el uso de sistemas de memoria (Block y Zakay, 2008). El procedimiento propuesto en este trabajo permite abordar ambas cuestiones, la parte de estimación y la parte del recuerdo en memoria de eventos sucesivos.

Algunas limitaciones y aplicabilidad.

En el presente trabajo se abordó un tipo de variabilidad en particular, diversos trabajos han tratado la variabilidad producida por la modalidad sensorial, en el presente estudio además se aborda la variabilidad producida por el número de elementos retenidos en memoria de trabajo. Es decir, variabilidad en la estimación dependiente de la carga en memoria de trabajo. Con el conocimiento brindado por dos procedimientos, Bisección temporal y N-back (desarrollado especialmente para el estudio de memoria de trabajo) se propuso una tarea experimental basada en ambos procedimientos la cual permitió de una manera más eficaz el estudio del papel que juega memoria de trabajo en estimación temporal, la misma tarea a su vez permitió establecer una discusión en cuanto a otro tema controversial en estimación temporal que abarca las diferencias encontradas entre la percepción temporal de estímulos auditivos y visuales (Grondin, 2003, Wearden, Todd y Jones, 2006) junto con los procesos cognitivos involucrados. Sin embargo, por cuestiones del diseño experimental, en el que se estaba explorando el procedimiento aquí propuesto y pretendiendo cuidar que la cantidad de ensayos en la sesión no fuera muy grande (como para generar fatiga en los participantes), al implementarse la tarea, la cantidad de ensayos para la fase de generalización no fue suficiente como para permitir hacer un análisis estadístico más sofisticado con los datos que permitiera comprobar si memoria de referencia está actuando

como una variable latente sobre memoria de trabajo en el diseño intrasujetos por ejemplo. Para contrarrestar esta limitante para una futura investigación se propone agregar una sesión en la que se puedan presentar más ensayos en la fase de generalización para de esta manera poder realizar un modelamiento más sofisticado de las funciones.

Este trabajo adoptó en su mayoría una perspectiva cognitivo-perceptual con un marco de trabajo dentro de la estimación temporal en humanos principalmente desde una perspectiva psicofísica. Desde una perspectiva biológica, los datos obtenidos en las investigaciones con participantes con ciertos padecimientos que afectan su percepción temporal y estudios con organismos no humanos en los que se manipulan con fármacos procesos cognitivos específicos de estimación temporal y memoria puede brindar herramientas para tener un amplio marco de aplicabilidad para tareas como la propuesta aquí, en afán de servir como un instrumento evaluador de procesos cognitivos tales como atención y memoria y el cómo se ven afectados por algún padecimiento, déficit o fármaco, integrando así junto con baterías psicológicas y neuropsicologías evidencia confiable para la elaboración de diagnósticos más precisos. Con la ayuda de tareas como la presentada que permiten realizar mediciones automatizadas y en grupos, su aplicación podría servir para obtener indicadores de procesos cognitivos de manera rápida y eficaz, de esta forma se podría facilitar la detección de déficits cognitivos a edades tempranas y tomar medidas para que estos déficits no se incrementen. Incluso ya se ha demostrado como el entrenamiento sistematizado en tareas como la aquí desarrollada muestra mejorías en procesos como atención y memoria (Rudebeck, Bor, Ormond, O'Reilly y Lee, 2012; Morrison y Chein, 2011; Lilienthal, Tamez y Shelton, 2012).

Referencias

- Allan, L. G. & Gibbon, J. (1991). Human bisection at the geometric mean. *Learning and Motivation*, 22, 39-58.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(21,) 1-7.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839.
- Baddeley, A. D. (2004). The psychology of memory. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.), *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians*. 1-13, John Wiley & Sons.
- Baddeley, A.D. & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (ed.), *Recent Advances in Learning and Motivation*, 8, 47–89. New York: Academic Press.
- Baudouin, A., Vanneste, S., Pouthas, V. & Isingrini, M. (2006). Age-related changes in duration reproduction: Involvement of working memory processes. *Brain and Cognition*, 62, 17-23.
- Bisson, N., Tobin, S. & Grondin, S. (2012). Prospective and Retrospective Time Estimates of Children: A Comparison Based on Ecological Tasks. *PLoS ONE*, 7(3) 1-7.
- Block, R. A. & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4 (2), 184-197.

- Block, R. A., & Zakay, D. (2008). Timing and remembering the past, the present, and the future. In S. Grondin (Ed.), *Psychology of time*. 367-394. Bingley, England: Emerald.
- Brown, G.D.A. & Chater, N. (2001). The chronological organization of memory: Common psychological foundations for remembering and timing. In C. Hoerl and T. McCormack (eds), *Time and Memory: Issues in philosophy and psychology* (pp. 77–110). Oxford: Oxford University Press.
- Brown, G. D. A., Neath, I., & Chater, N. (2002). A ratio model of scale invariant memory and identification. *Memory Lab Technical Report*, Purdue University, 1, 1-94.
- Brown, G.D.A., Preece, T., & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107,127-181.
- Brown, S.W. (1997). Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception & Psychophysics*, 59 (7), 1118-1140.
- Buhusi, C. V. & Meck, W. H. (2009). Relativity Theory and Time Perception: Single or Multiple Clocks? *PLoS ONE*, 4 (7), 1-6.
- Chen, Y. C. & Yeh, S. L. (2009). Asymmetric cross-modal effects in time perception. *Acta Psychologica*, 130, 225–234.
- Church, R. M. (2002). A tribute to John Gibbon. *Behavioural Processes*, 57, 261-274.
- Church, R. M., & Broadbent, H. A. (1990). Alternative representations of time, number, and rate. *Cognition*, 37, 55–81.

- Church, R. M., & Deluty, M. Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3, 216-228.
- Droit- Volet, S. & Wearden, J. (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.
- Droit- Volet, S., Turrett, S. & Wearden, J. (2004). Perception of the duration of auditory and visual stimuli in children and adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A (5), 797-818.
- Droit- Volet, S., Turrett, S., Wearden, J. & Penney, T. B. (2007). Sensory modality and time perception in children and adults. *Behavioural Processes*, 74, 244-250.
- Dutke, S. (2005). Remembered duration: Working memory and the reproduction of intervals. *Perception & Psychophysics*, 67(8), 1404-1413
- Einstein, A. (2008). *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Alianza. México.
- Evans, A. (2004) *The Structure of Time: Language, meaning and temporal cognition*. John Benjamins Publishing Company, Amsterdam/Philadelphia.
- Friedman, W.J. (2005). Developmental and Cognitive Perspectives on Humans' Sense of the Times of Past and Future Events. *Learning and Motivation*, 36, 145-158.

- Gibbon, J. (1977). Scalar Expectancy Theory and Weber's Law in Animal Timing. *Psychological Review*, 84 (3), 279-325.
- 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. & Meck, W. H. (1984). Scalar Timing in Memory. L. G & G. j. Allan (Eds.), *Annals of the New York of Sciences: Timing and time perception*. New York: New York Academy of Sciences.
- Goldstone, S., Boardman, W.,K. & Lhamon, W., T. (1959) Intersensory comparisons of temporal judgments. *Journal of Experimental Psychology*, 57(4), 243-248.
- Grondin, S. (1993). Duration discrimination of empty and filled intervals marked by auditory and visual signals. *Perception & Psychophysics*, 54, 383-394.
- Grondin, S. (2003).Sensory modalities and temporal processing. In H. Helfrich (Ed.), *Time and mind II*. 61-77, Göttingen: Hogrefe& Huber.
- Grondin, S. (2010).Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions, *Attention, Perception & Psychophysics*, 72 (3), 561-582.
- Grondin, S., Ivri, R. B., Franz, E., Perreault, L. & Metthé, L.1996). Markers' influence on the duration discrimination of intermodal intervals. *Perception & Psychophysics*, 58 (3), 424-433.

- Grondin, S., Rouseel, M., Gamache, P., Roy, M. & Ouellet, B. (2005). The structure of sensory events and the accuracy of time judgments. *Perception*, 34, 45-58.
- Hancock, P. A. & Block, R. A. (2012). The Psychology of Time: A View Backward and Forward. *American Journal of Psychology*, 125 (3), 267-274.
- Hoerl, C. (1998). The Perception of Time and the Notion of a Point of View. *European Journal of Philosophy*, 6, 156–71.
- Hoerl, C. (2009). Time and Tense in Perceptual Experience. *Philosophers' Imprint* 9, (12), 1-18.
- Hoerl, C. & McCormack, T. (2001). *Perspectives on Time and Memory: An Introduction*. En C. Hoerl & T. McCormack (eds). *Time and Memory: Issues in Philosophy and Psychology*, (1-33) Oxford University Press, New York, USA.
- Jaeggi, S., Buschkuhl, M., Perrig, W. & Meier, B. (2010): The concurrent validity of the *N-back* task as a working memory measure. *Memory*. 18(4), 394-412
- Jones, L.A., Allely, C., & Wearden, J.H. (2011). Click trains and the rate of information processing; Does "speeding up" subjective time make other psychological processes run faster? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(2), 363-380.
- Jonides, J., Shumacher, E. H., Smith, E. E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S. & Koeppe, R. A. (1997). Verbal Working Memory Load Affects Regional

Brain Activation as Measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (4), 462-475.

Kanabus, M., Szelag, E., Rojek, E. & Pöppel. (2002). Temporal order judgment for auditory and visual stimuli. *Acta Neurobiologiae. Experimentalis*, 62, 263-270.

Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. H. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: A cautionary tale of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33 (3), 615-622.

Killeen, P. R., & Fetterman, J. G. (1988). A behavioral theory of timing. *Psychological Review*, 95, 274-295.

Killeen, P. R. & Fetterman, J.G. (1993). The behavioral theory of timing: Transition analyses. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59 (2), 411-422.

Kuriyama, K., Mishima, K., Suzuki, H., Aritake, S. & Uchiyama, M. (2008). Sleep accelerates the improvement in working memory performance. *Journal of Neuroscience*, 28 (40), 10145–10150.

Lilienthal, L., Tamez, E., Shelton, J. T., Myerson, J. & Hale S. (2012). Dual N-back training increases the capacity of the focus of attention. *Psychonomical Bulletin & Review*, 20 (1), 135-141.

Lustig, C. & Meck, W. H. (2011). Modality differences in timing and temporal memory throughout the lifespan. *Brain and Cognition*, 77(2):298-303.

- Machado, A. (1997). Learning the temporal dynamics of behavior. *Psychological Review*, 104, 241-265.
- Malapani, C. & Fairhurst, S. (2002). Scalar Timing in Animals and Humans. *Learning and Motivation*, 33, 156-176.
- Miller, K. M., Price, C. C., Okun, M. S., Montijo, H. & Browsers, D. (2009). Is the N-back Task a Valid Neuropsychological Measure for Assessing Working Memory?. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 24, 711-717.
- Morrison, A. B. & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 46-60.
- Nimmo, L. M. & Lewandowsky, S. (2006). Distinctiveness revisited: Unpredictable temporal isolation does not benefit short-term serial recall of heard or seen events. *Memory & Cognition*, 34(6), 1368-1375.
- Ortega, L., Lopez, F. & Church, R. M. (2009). Modality and intermittency effects on time estimation. *Behavioural Processes*, 81, 270–273.
- Ogden, R. S., Wearden, J. H. & Jones, L. A. (2010). Are memories for duration modality specific? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63 (1), 65-80.
- Penney, T. B., Gibbon, J. & Meck, W. H. (2000). Differential Effects of Auditory and Visual Signals on Clock Speed and Temporal Memory. *Journal of Experimental Psychology*, 26(6), 1770-1787.

- Penton- Voak, I. S., Edwards, H., Percival, A. & Wearden, J. H. (1996). Speeding Up an Internal Clock in Humans? Effects of Click Trains on Subjective Duration. *Journal of Experimental Psychology*, 22 (3), 307-320.
- Phillips, I. (2012). Attention to the passage of time. *Philosophical Perspectives* 26 (1), 277-308.
- Rattat, A. C. & Picard, D. (2011). Short-term memory for auditory and visual durations: evidence for selective interference effects. *Psychological Research*, 76 (1), 32-40.
- Repovs, G. & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139, 5-21.
- Rudebeck, S. R., Bor, D., Ormond, A., O'Reilly, J. & Lee, A. C. H. (2012). A Potential Spatial Working Memory Training Task to Improve Both Episodic Memory and Fluid Intelligence. *PLoS ONE*, 7 (11), 1-9.
- Sociedad Mexicana de Psicología (2005). *Código ético del psicólogo*. México: Ed. Trillas
- Sperling, G. (1960). The Information Available in Brief Visual Presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74 (11), 1-29.
- Staddon, J.E.R. & Higa, J.J. (1996). Multiple time scales in simple habituation, *Psychological Review*, 103 (4), 720-733.
- Staddon, J.E.R & Higa, J. J. (1999) Time and memory: Towards a pacemaker-free theory of interval timing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 71 (2) 215–251.

- Stauffer, C. C., Haldemann, J., Troche, S. J. & Rammsayer, T. H. (2011). Auditory and visual temporal sensitivity: evidence for a hierarchical structure of modality-specific and modality-independent levels of temporal information processing. *Psychological Research*, 76 (1), 20-31.
- Tobin, S., Bisson, N. & Grondin, S. (2010). An Ecological Approach to Prospective and Retrospective Timing of Long Durations: A Study Involving Gamers. *PLoS ONE*, 5(2), 1-9.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs*, 77,1-31.
- Trujano, R. E. (2010). *Reevaluación de las predicciones del modelo de Aprendizaje de Tiempo (LeT) en un procedimiento de bisección dual*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.). *Organization of memory*. New York: Academic Press, 381-402.
- Wearden, J. H., Todd, N. P. M. & Jones, L. A. (2006). When do auditory/visual differences in duration judgments occur? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59 (10), 1709-1724.
- Zakay, D. & Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 319-328.
- Zamora, O. (2007). *Estimación y memoria de secuencias temporales*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México.

Anexo 3

Ejemplo 1: si se le presenta

Estímulo visual



corto

Estímulo visual



largo

¿De qué duración fue el primer estímulo?
En este caso usted tendría que responder S o sea corto
Ejemplo 2: si se le presenta

Estímulo visual



largo

Estímulo visual



corto

¿De qué duración fue el segundo estímulo?
En este caso usted tendría que responder S o sea corto

Anexo 4

Ejemplo 1: si se le presenta

Estímulo visual



corto

Estímulo auditivo



largo

¿De qué duración fue el primer estímulo?
En este caso usted tendría que responder S o sea corto
Ejemplo 2: si se le presenta

Estímulo auditivo



largo

Estímulo visual



corto

¿De qué duración fue el segundo estímulo?
En este caso usted tendría que responder S o sea corto

Anexo 1

Ejemplo 1: si se le presenta

Estímulo auditivo



corto

Estímulo auditivo



largo

¿De qué duración fue el primer estímulo?

En este caso usted tendría que responder S o sea corto

Ejemplo 2: si se le presenta

Estímulo auditivo



largo

Estímulo auditivo



corto

¿De qué duración fue el segundo estímulo?

En este caso usted tendría que responder S o sea corto

Anexo 2

Estímulos visuales



Anexo 5. Tabla ANOVA experimento de modalidad auditiva

Resultados de Discriminación en modalidad auditiva

ANOVA Factorial para N-BACK*ENSAYOS					
Efecto	SS	GL	MS	F	p
N-BACK	0.001	1	0.001	0.078	0.78
ENSAYOS	0.033	3	0.011	0.805	0.493
N-BACK*ENSAYOS	0.197	3	0.066	4.738	.003*

Anexo 6. Tabla ANOVA experimento de modalidad visual

Resultados de Discriminación en modalidad visual

ANOVA Factorial para N-BACK*ENSAYOS					
Efecto	SS	GL	MS	F	p
N-BACK	0.066	1	0.066	1.29	0.257
ENSAYOS	1.036	3	0.345	6.77	.000*
N-BACK*ENSAYOS	7.098	3	2.366	46.38	0.000*

Anexo 7. Análisis Post hoc modalidad visual

Resultados de Post hoc para Discriminación en modalidad visual

Prueba Tukey HSD (Modalidad visual) MS = .05102, gl = 152.00									
		1	2	3	4	5	6	7	8
Condición	Ensayos	0.30833	0.69167	0.95	0.8875	0.9375	0.9375	0.65	0.475
	N-back 2	C-C 1	0.000034	0.000032	0.000032	0.000032	0.000032	0.000075	0.275250
	N-back 2	C-L 2	0.000034	0.007222	0.110263	0.013463	0.013463	0.999074	0.049636
	N-back 2	L-C 3	0.000032	0.007222	0.988270	1.000000	1.000000	0.000717	0.000032
	N-back 2	L-L 4	0.000032	0.110263	0.988270	0.997017	0.997017	0.019963	0.000032
	N-back 1	C-C 1	0.000032	0.013463	1.000000	0.997017	1.000000	0.001480	0.000032
	N-back 1	L-C 2	0.000032	0.013463	1.000000	0.997017	1.000000	0.001480	0.000032
	N-back 1	C-L 3	0.000075	0.999074	0.000717	0.019963	0.001480	0.001480	0.217334
	N-back 1	L-L 4	0.275250	0.049636	0.000032	0.000032	0.000032	0.000032	0.217334

Anexo 8. Tabla ANOVA modalidad intrasujetos

Resultados de Discriminación por modalidad intrasujetos

ANOVA Factorial para Modalidad*N-back*Ensayos					
Efecto	SS	GL	MS	F	p
Modalidad	0.635	1	0.635	21.19	.000*
N-BACK	0.056	1	0.056	1.56	0.227
Ensayos	1.775	3	0.592	16.67	.000*
Modalidad*N-BACK	0.23	1	0.23	10.13	.005*
Modalidad*Ensayos	1.941	3	0.647	22.5	.000*
N-BACK*Ensayos	0.111	3	0.037	1.27	0.294
Modalidad*N-BACK*Ensayos	0.075	3	0.025	0.87	0.463

Anexo 9. Tabla ANOVA modalidad entresujetos

Resultados de Discriminación por modalidad entresujetos

ANOVA Factorial para Modalidad*N-back*Ensayos					
Efecto	SS	GL	MS	F	p
Modalidad	3.756	1	3.756	115.8	0.000*
N-BACK	0.042	1	0.042	1.3	0.256
Ensayos	0.622	3	0.207	6.4	.000*
Modalidad*N-BACK	0.025	1	0.025	0.8	0.38
Modalidad*Ensayos	0.447	3	0.149	4.6	.004*
N-BACK*Ensayos	3.155	3	1.052	32.4	0.000*
Modalidad*N-BACK*Ensayos	4.14	3	1.38	42.5	0.000*

Anexo 10. Tablas ANOVA Tiempos de Reacción entresujetos e intrasujetos.

Resultados de Tiempos de Reacción para modalidad entresujetos

ANOVA Factorial para Modalidad*N-back*Ensayos					
Efecto	SS	GL	MS	F	p
Modalidad	9480000	1	9480000	38.53	.000*
N-BACK	1140000	1	1140000	4.65	.032*
Ensayos	2750000	3	917000	3.73	.012*
Modalidad*N-BACK	27500	1	27500	0.11	0.739
Modalidad*Ensayos	1810000	3	604000	2.45	0.063
N-BACK*Ensayos	1880000	3	626000	2.54	0.056
Modalidad*N-BACK*Ensayos	4250000	3	1420000	5.75	.001*

Resultados de Tiempos de Reacción para modalidad intrasujetos

ANOVA Factorial para Modalidad*N-back*Ensayos					
Efecto	SS	GL	MS	F	p
Modalidad	38100	1	38100	0.59	0.451
N-BACK	132000	1	132000	1.12	0.303
Ensayos	5030000	3	1680000	17.06	.000*
Modalidad*N-BACK	5790000	1	5790000	54.12	.000*
Modalidad*Ensayos	3970000	3	1320000	18.35	.000*
N-BACK*Ensayos	473000	3	158000	1.89	0.141
Modalidad*N-BACK*Ensayos	2850000	3	951000	10.02	.000*