

Tiempo y Música: *La influencia del tempo musical en la percepción temporal.*

Matías Ezequiel Vitureira Dutra 4.850.307-4

Tutor: Alejandro Maiche

Facultad de Psicología – UdelaR
30/10/2014 - Montevideo-Uruguay

Resumen:

Tareas cotidianas como conducir un auto, caminar o jugar ciertos deportes requieren de una precisión temporal exquisita de la cual pocas veces somos conscientes. Pero: ¿Cómo el cerebro codifica la información que fluye en el tiempo?

Varios trabajos (Walsh, 2003; Agrillo & Piffer 2012) han afirmado que el tiempo, el espacio y los números son procesados a nivel cerebral por un mismo sistema general de magnitudes, y que los músicos poseen mejor desempeño que los no-músicos en tareas que evalúan dichas variables.

Pero, el mejor desempeño de los músicos en tareas temporales: ¿está mediado por el desarrollo en la percepción temporal ligado a la duración de los compases y *tempos* musicales?, ¿Es la velocidad de una pieza musical (*tempo*), una variable que altere la percepción temporal sobre la misma?

Para obtener datos que nos ayuden a responder estas preguntas, se diseñó un experimento que consistió en la presentación de piezas musicales de distintas duraciones y *tempos*, las cuales fueron comparadas (en duración) con un estímulo neutro de 4 segundos. De esta manera se observará si un sujeto sobrestima o infraestima las duraciones de las piezas según el *tempo* (velocidad) de las mismas. Se plantea, a modo de hipótesis, la posibilidad de que las piezas con mayor velocidad sean percibidas como más extensas en cuanto a duración, ya que al haber mayor cantidad de compases que en una pieza a menor velocidad, es probable que la misma se perciba como más durable debido a la cantidad de cambios que posee.

Palabras Clave: Percepción temporal, *Tempo*, música

Introducción:

Desde la antigüedad, el hombre ha estudiado y se ha cuestionado sobre el paso del tiempo. Esta curiosidad ha conducido a la investigación hacia los procesos cognitivos implicados en el conocimiento, la experimentación y la estimación del tiempo. Tareas cotidianas como conducir un auto, caminar o incluso jugar ciertos deportes, requieren de una precisión temporal exquisita de la cual muchas veces no somos conscientes. Shiltz (1992) muestra que los jugadores de Ping-Pong con experiencia comienzan el movimiento de golpear la pelota 0,2s (200 ms) antes de que la pelota llegue a golpear la paleta. Esto es una muestra de cómo nuestro cerebro se anticipa a un suceso como el de golpear una pelota y procesa tiempos cortos en tareas que realizamos cotidianamente. Pero ¿Cómo el cerebro es capaz de manejar tiempos tan acotados? Varias son las preguntas que surgen a partir de la forma en la que el cerebro procesa el tiempo y actúa en base a ese procesamiento. Eagleman et al (2005) plantea las siguientes interrogantes: ¿Cómo el cerebro codifica y decodifica la información que fluye en el tiempo?, ¿Cómo se decodifican intervalos, duraciones y secuencias en el cerebro?, ¿El cerebro recalibra constantemente esta percepción temporal? Las respuestas a estas preguntas dependen del modelo teórico al que se adscriban.

Modelos de la percepción temporal.

Existen varios modelos que intentan categorizar las formas en las que percibimos y estimamos el tiempo. A continuación, se presenta la clasificación basada en el tipo de información que el cerebro utiliza para estimar el paso del tiempo (Correa, 2006):

- “*Modelos Cronobiológicos*”. Se basan en la información que el sujeto recibe del medio ambiente (por ejemplo, la luz del día) para explicar la percepción del paso del tiempo. Estos modelos, si bien en su momento dieron explicación a cómo percibimos el tiempo, no responden preguntas como la siguiente: ¿Cómo percibimos y estimamos el paso de 5 o 10 minutos?

- “Modelos *Cognitivos*”. Estos modelos toman en cuenta la información que el sujeto atiende o acumula en la memoria, lo cual sería determinante en la percepción temporal.

Dentro de estos modelos cognitivos se ubica la propuesta de Ornstein (1969) donde plantea que la percepción del tiempo está determinada por el espacio necesario para codificar y almacenar eventos en la memoria. Por lo tanto, cuanto mayor es la cantidad y la complejidad de los estímulos codificados, mayor será el espacio utilizado en la memoria y esto aumentará también la duración recordada. Estos modelos se conocen con el nombre de “*modelos de almacenamiento de tamaño*”.

Por otro lado, autores como Fraisse (1967) afirman que la duración recordada no se relaciona simplemente a la cantidad de información almacenada, sino a la cantidad de *cambios* que suceden en el período de tiempo a estimar. Estos son llamados “*modelos de cambio-segmentación*” y si bien fueron modelos desarrollados por varios autores, fueron también tomados en cuenta por Mate, Pires, Campoy y Estaún (2009). Estos modelos asumen que cuanto mayor sea la cantidad de cambios ocurridos durante un intervalo temporal, mayor será la duración percibida del mismo.

Si bien estos modelos han sido los principales en los que se ha basado la psicología experimental para explicar la percepción del tiempo, a partir de la década de 1980 surgen experimentos con animales (Church & Meck, 1984) que sugieren que el mecanismo por el cual percibimos el tiempo, podría ser el mismo que se utiliza para representar las cantidades. A partir de estas ideas, Walsh (2003) presenta su teoría ATOM (a theory of magnitude) donde sugiere que el tiempo, el espacio y los números son procesados, a nivel cerebral, por un mismo sistema de magnitudes.

El Tiempo, el Espacio y los Números.

Si bien existen trabajos pioneros como el de Gallistel y Gelman (2000) que exponen que el cerebro procesa (números, cantidades y duraciones) a través de magnitudes, es Walsh (2003) el primero en afirmar que el tiempo, el espacio y los números son

partes de un sistema general de magnitudes. Llamó a su teoría, ATOM (A theory of magnitude).

La idea que subyace a esta teoría es que las tres magnitudes son procesadas en áreas comunes de la corteza parietal (Buetti & Walsh, 2009) y de la corteza pre-frontal. Estas magnitudes poseerían una estrecha relación entre las mismas, debido a procesarse en las mismas áreas. La **Figura 1** ilustra la proximidad en la ubicación cerebral de estas tres áreas.

Agrillo y Piffer (2012) toman esta idea de “sistema general de magnitudes” y la ponen a prueba con dos grupos de sujetos: músicos y no-músicos. Los autores hacen esta clasificación de participantes tomando en cuenta investigaciones previas que dan soporte a la idea de que los músicos son más exactos que los no-músicos en tareas auditivas como discriminar tonos distintos, duraciones de los mismos y percepción del ritmo (Rammsayer, Altenmüller, 2006; Kraus, Chandrasekaran, 2010; Yee, Holleran, Jones, 1994).



Figura 1: Walsh (2003) muestra las áreas de procesamiento del cerebro humano en donde el área de procesamiento espacial se encuentra marcada de color rojo, el área de procesamiento numérico en verde y el área de procesamiento temporal, en violeta. Esta figura muestra el hemisferio derecho del cerebro, donde se puede observar las áreas superpuestas correspondientes a la corteza parietal inferior y a la corteza prefrontal.

Es sobre esta base que Agrillo y Piffer (2012) diseñan tres tareas distintas, una para evaluar cada magnitud: tiempo, espacio y números.

- (a) Tarea de discriminación Temporal: Se presentaron dos tonos auditivos con distinta duración. El participante debía responder cuál de los dos tonos era el más largo.
- (b) Tarea de discriminación Espacial: Consistió en pares de líneas negras sobre un fondo blanco ubicadas en el centro de una pantalla. El sujeto debía discriminar cual de las dos líneas era más larga.
- (c) Tarea de discriminación Numérica: Consistió en la presentación de dos grupos de puntos en una pantalla. Cada grupo de puntos difería en tamaños y cantidades y aparecían dispuestos aleatoriamente en el monitor. El sujeto debía estimar cual de los dos grupos tenía mayor cantidad de puntos.

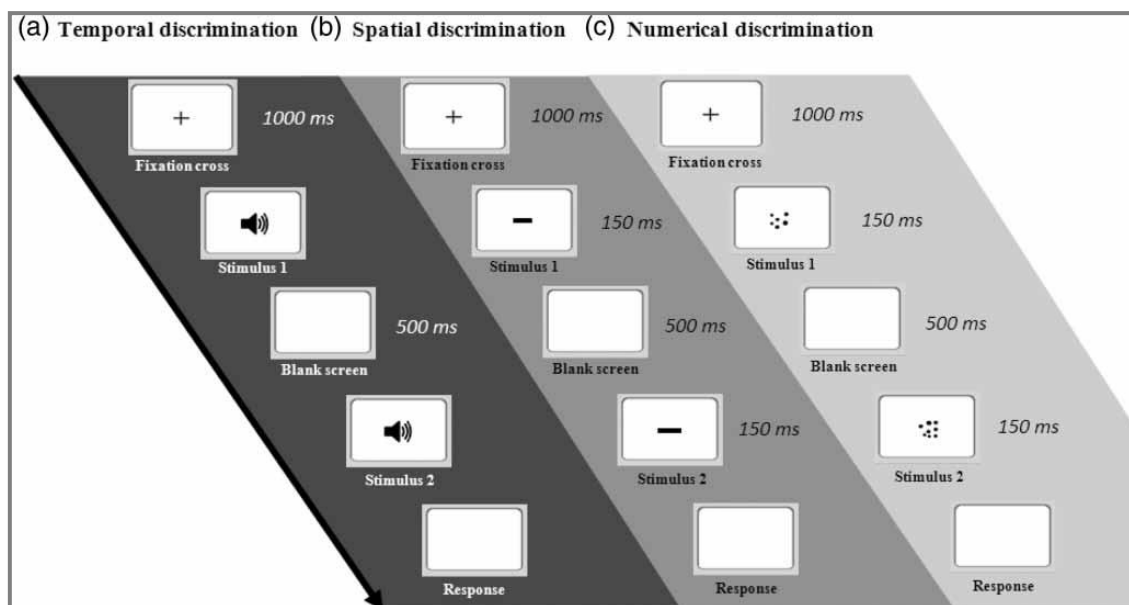


Figura 2: Muestra gráfica de las tareas planteadas por Agrillo y Piffer (2012)

Los resultados de esta investigación mostraron que el grupo de músicos obtuvo mejor desempeño en las tres tareas. En la **Figura 3** pueden verse los resultados de precisión en la tarea de discriminación temporal entre músicos y no-músicos.

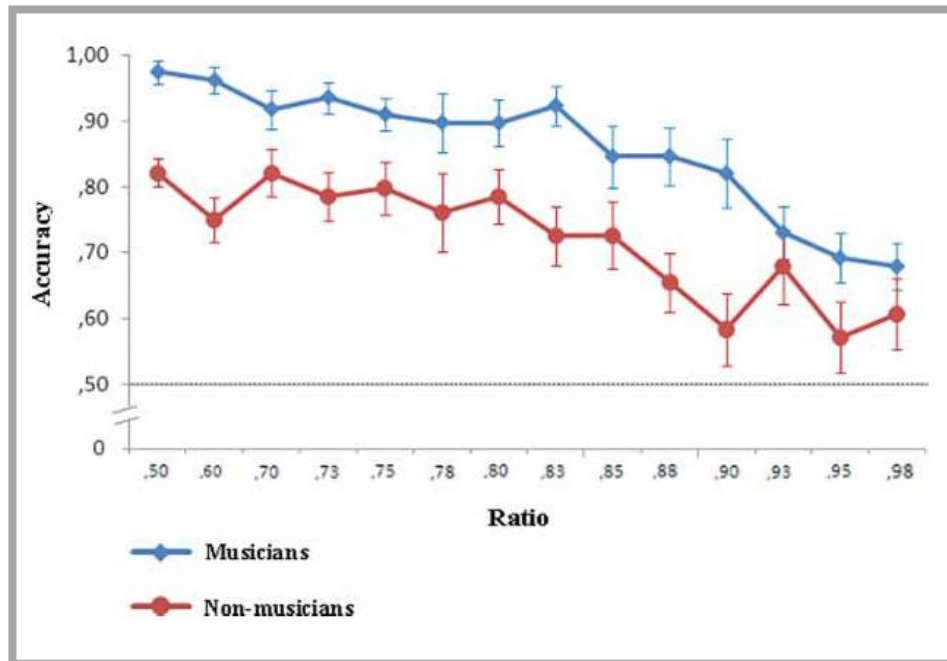


Figura 3: Resultados de la tarea de discriminación temporal planteada por Agrillo y Piffer (2012). El eje vertical muestra la exactitud en la discriminación por parte del grupo de músicos (azul) y no-músicos (rojo).

Sobre estos resultados y sobre la línea teórica que plantean los autores ya mencionados surge una base teórica donde se conjugan el campo cognitivo con el campo musical, teniendo un punto de partida en que basarse al estudiar procesos ligados al desempeño musical en relación a la discriminación temporal.

Tiempo y Música.

A partir de los resultados ya expuestos surge la interrogante sobre si el mejor desempeño de los músicos en tareas temporales está mediado por el desarrollo en la percepción temporal ligado a la duración de los compases¹ y *tempos*¹ musicales. Ésta pregunta surge a raíz de considerar que la música ya sea para su creación como para su reproducción, se basa en organizar sonidos y silencios en un determinado período de tiempo, manejando aspectos como las duraciones de los sonidos y de los

¹ **Compás:** Intervalo individual de tiempo medido que da estructura al ritmo de una pieza musical.

² **Tempo:** Es un concepto italiano utilizado para denominar la velocidad musical, la cual es medida en *beats* por minuto (BPM). (Caballero Meneses, 2010)

silencios. Se plantea entonces que el entrenamiento de los músicos en estos aspectos temporales de la música podría ser influyente en las tareas de discriminación temporal. Fraisse (1967) al plantear los ya mencionados *modelos de cambio-segmentación en la memoria* (donde la duración percibida por el sujeto se basa en la cantidad de cambios que posee ese intervalo temporal) nos conduce a un nuevo punto de contacto entre la música y la percepción temporal ya que existen aspectos musicales como el *tempo* (velocidad) musical que podrían generar cambios en el período de tiempo a recordar. Esto se debe a que, por ejemplo, una pieza musical de 4 segundos de duración a 120 Bpm posee el doble de compases y por lo tanto el doble de estímulos, de sonidos y de cambios que una pieza de 4 segundos de duración a 60 Bpm (ver **Figura 4**)



Figura 4: Representación gráfica de dos piezas de idéntica composición musical e idéntica duración pero de distintos *tempos*. La pieza (a) posee una velocidad de 60 Bpm y la pieza (b) posee una velocidad de 120 Bpm. Si bien ambas duran 1,5 segundos, la pieza (b) posee mayor cantidad de sonidos que la pieza (a)

Es de esta manera que planteamos la pregunta: ¿Es la velocidad (*tempo*) una variable que altere la duración percibida de una pieza musical?

Se plantea entonces, a modo de hipótesis, la posibilidad de que las piezas con mayor *tempo* sean percibidas como más extensas en cuanto a su duración, ya que al haber mayor cantidad de compases y de sonidos que en una pieza a menor velocidad, es probable que la misma se perciba como más larga debido a la cantidad de cambios que posee.

Este artículo intentará aportar a estas teorías, indagando si la variable *tempo* o velocidad, interfiere o juega un papel importante en esta relación música-percepción temporal.

El experimento que propone este artículo consiste a grandes rasgos en presentar piezas de distintas duraciones y *tempos*, las cuales deben ser comparadas (en duración) con un estímulo neutro de 4 segundos. De esta manera podremos observar si un sujeto a mayor o menor *tempo* musical, sobrestima o infraestima las duraciones de las piezas según las distintas velocidades presentadas.

Método.

Participantes

El experimento fue llevado a cabo con 10 participantes elegidos al azar: 7 Mujeres y 3 Hombres con edades entre los 20 y los 30 años (Edad media 24 años). Los participantes asistieron voluntariamente al laboratorio del Centro de Investigación Básica en Psicología (CIBPsi) y realizaron el experimento en una sala aislada sensorialmente.

Aparatos y estímulos

El experimento se realizó en una computadora Dell² con auriculares Sennheiser. Los estímulos utilizados fueron piezas musicales creadas con el programa GrooveMixer para Tablet Samsung Galaxy Tab 10.1. Las piezas musicales fueron idénticas en cuanto a su contenido musical, se compusieron solamente con percusión y tenían las siguientes duraciones: 1,5s; 2,5s; 3,5s; 4,5s; 5,5s; 6,5s. Estas seis piezas se crearon en cuatro *tempos* distintos: 60, 90, 120 y 240 Bpm.

En definitiva, se crearon 24 estímulos: 6 duraciones * 4 *tempos*.

Los estímulos se encuentran disponibles en

<http://musicaypercepcion.wordpress.com/estimulos-auditivos-tfg/>

² Procesador: Intel (R) Xeon (R) CPU W3520@ 2.67Hz 2.676 Hz
Ram: 4.00 Gb
Windows 7 Professional.

Procedimiento

Se presentaron dos estímulos auditivos. El primero de ellos fue una pieza musical que funcionó como estímulo de comparación (cualquiera de los 24 estímulos definidos anteriormente) y el segundo fue un ruido blanco³ que tuvo siempre la misma duración (4s) y funcionó como estímulo neutro. Los participantes debieron indicar si el estímulo de comparación fue mayor (en duración) que el estímulo neutro. Inicialmente, los participantes realizaban una sesión de 5 minutos de entrenamiento con el fin de comprender la tarea, luego se realizó el experimento propiamente dicho que se dividió en cuatro bloques de 10 minutos cada uno.

La tarea fue programada en Psychopy v1.80.03 (Peirce, 2007), la cual en una primera instancia brindaba las instrucciones al participante y luego se presentaba de forma aleatoria la primera pieza (estímulo de comparación) seguida de un segundo de silencio, y a continuación, el estímulo neutro. Luego de finalizado este último, apareció en la pantalla la pregunta “¿Es la primera más larga que la segunda?”. Frente a esta pregunta el participante debía presionar la tecla Q (para respuesta SI) o la tecla P (para respuesta NO)

Se utilizó el método de estímulos constantes para llevar a cabo la tarea de discriminación temporal. Se tomó el *tempo* y la duración física de las piezas musicales como variables independientes y la duración percibida por el sujeto como variable dependiente. Esto nos permitirá observar si el *tempo* (VI) influye en la duración percibida por el sujeto (VD).

Para el análisis de los datos se calculará el punto de igualdad subjetiva (PIS) para cada una de las condiciones: 60 Bpm, 90 Bpm, 120 Bpm y 240Bpm. En caso de que el *tempo* tenga influencia en la percepción de la duración, el PIS nos permitirá observar cuanta distorsión genera cada nivel de velocidad en la duración percibida.

³ **Ruido Blanco:** Corresponde a un sonido que carece de secuencias y velocidades. En este experimento, el ruido blanco correspondió a una lluvia de interferencia. (para escucharlo ingresar al link) <https://drive.google.com/folderview?id=0B6eG-UrUvpXaRnpteFp4cjZUQ0U&usp=sharing>

Resultados

En primera instancia se calcularon los PIS en función de cada grupo de Bpm. Los resultados no muestran grandes alteraciones en la duración percibida, sin embargo, se puede observar en la **Figura 5**, que los niveles de velocidad con mayor influencia sobre la duración percibida fueron los grupos de mayor y menor *tempo* musical (240 Bpm y 60 Bpm).

El grupo de mayor influencia fue el de 240 Bpm, generando una distorsión de un 15,5% en la percepción temporal de las piezas.

Esto quiere decir que un sujeto a 240 Bpm necesita de 4,62 segundos para percibirlos como 4 segundos de ruido blanco.

Por otra parte, el segundo grupo que tuvo mayor influencia sobre la percepción fue el de 60 Bpm, generando una duración percibida 7,5% mayor a los 4s de ruido blanco, esto nos permite afirmar que los sujetos a esta velocidad necesitaron de 4,30s para percibirlos igual que 4s de ruido blanco.

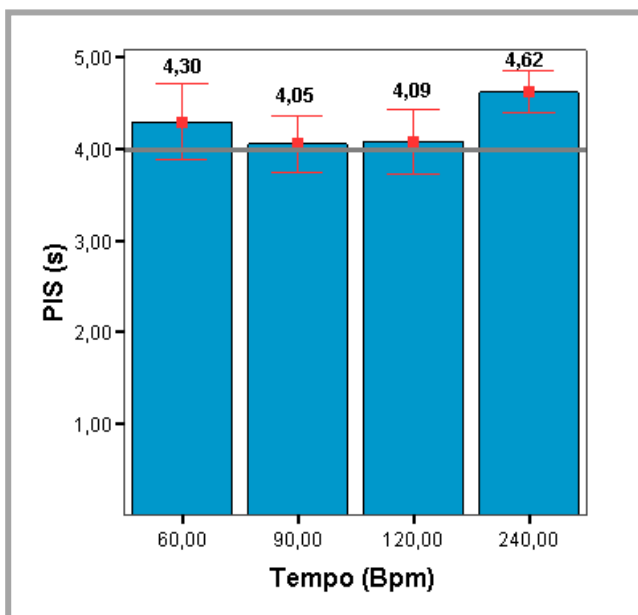


Figura 5: Valores de PIS por cada grupo de Bpm utilizado, correspondiendo: **4,30s** a 60 Bpm; **4,05s** a 90 Bpm; **4,09** a 120 Bpm y **4,62** a 240 Bpm.

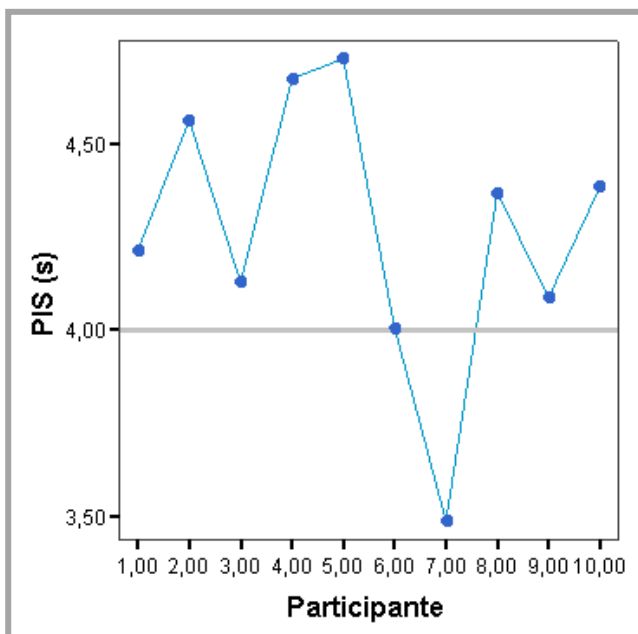


Figura 6: Valores de PIS según participante, se puede observar que la mayoría de participantes sobreestiman las duraciones de las piezas.

Con respecto al análisis de los PIS en función de cada participante (**Figura 6**) se puede observar que solamente uno de los diez participantes (nº 7) percibió el tiempo como menor a los 4 segundos del ruido blanco (infra estimación), siendo 3,49 el valor de su PIS (véase **Tabla 1** por valores según participante). Por otro lado, 9 de 10 participantes sobreestimaron el tiempo comparando con los 4 segundos del estímulo neutro, esto quiere decir que 9 de 10 participantes necesitaron más de 4s (valor de PIS por cada participante) para percibirlos como 4 segundos de ruido blanco.

Discusión.

El propio Walsh (2003) deja abierta la posibilidad de que no todos los aspectos del tiempo, el espacio y los números tengan un origen en común, esto junto con los datos obtenidos del presente experimento podrían, a primera vista, hacernos pensar en el posible uso de procesos cerebrales distintos a la hora de referirnos al procesamiento temporal y al procesamiento de las velocidades. Es necesario aclarar que si bien las evidencias ya planteadas nos pueden hacer pensar en procesamientos cerebrales diferentes, no son pruebas suficientes para afirmarlo, por lo cual abre campo para una futura investigación que permita analizar más a fondo esta relación *tempo* musical-procesamiento temporal, a través de una ampliación de la cantidad de participantes y de los estímulos.

Por otra parte, tomando en cuenta los *modelos de cambio-segmentación* en la memoria contemplados por Fraise (1967) surgen algunas interrogantes: Los compases musicales: ¿Son percibidos por el sujeto como cambios?, por otra parte, ¿Qué cambios son los necesarios para afectar la percepción temporal? Estas interrogantes (al igual que otros aspectos pertenecientes a la relación *tempo*-percepción temporal) abren un campo de futura indagación donde el conocer qué tipos de cambios son los que podrían generar alteraciones en la percepción temporal, nos darían una base más sólida sobre la cual indagar esta temática.

Por último, si bien la variable “músicos y no-músicos” ha mostrado tener resultados interesantes a la hora de referirnos a tareas de discriminación temporal (Agrillo, Piffer, 2012; Rammsayer, Altenmüller, 2006), la misma no fue una variable central en el presente estudio debido a que para la utilización de la misma, es necesaria una clasificación previa de los participantes con un soporte técnico adecuado para la categorización de esos dos grupos. Si bien algunos de los participantes que realizaron el experimento declararon tocar algún instrumento musical, ninguno de ellos lo realiza de forma profesional ni obtuvo formación musical pertinente.

Esto no resulta de poca importancia considerando que trabajos previos como el de Schalug (2005) han expuesto que es necesaria una formación musical constante y a largo plazo para observar diferencias significativas en el desempeño de músicos (comparado con participantes no-músicos) en tareas relacionadas a distintas modalidades sensoriales. Si bien la variable “ejecución musical” no fue tomada en cuenta para la realización del experimento que se propone en este artículo, los participantes que poseían algún tipo de habilidad musical no muestran diferencias a simple vista, con los demás participantes (ver **Tabla 1**).

Tabla 1: Muestra (en orden creciente de Pis) los participantes, su desempeño musical-instrumental y su Punto de igualdad subjetiva.

Participante	Ejecución Instrumental	PIS
7	No	3,49
6	No	4,01
9	No	4,09
3	Piano	4,13
1	No	4,22
8	Guitarra	4,37
10	No	4,39
2	No	4,56
4	Guitarra	4,68
5	Percusión	4,73

A modo de conclusión se plantea que el análisis realizado de la percepción temporal en función del *tempo* musical, muestra que algunas velocidades como 240 y 60 Bpm muestran indicios de distorsión en las duraciones percibidas sobre una pieza musical.

Referencias Bibliográficas.

- Agrillo, C., Piffer, L. (2012) Musicians outperform nonmusicians in magnitude estimation: Evidence of a common processing mechanism for time, space and numbers. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65:12, 2321-2332, DOI: 10.1080/17470218.2012.680895.
- Azael Caballero-Meneses, J., Menez, M. (2010) Influencia del tempo de la música en las emociones. *Revista Colombiana de Psicología*, vol. 19, núm. 1, pp. 37-44, Universidad Nacional de Colombia-Colombia.
- Buetti, D., Walsh, V. (2009) The parietal cortex and the representation of time, space, number and others magnitudes. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Londres- Inglaterra 1831-1840.
- Church, R., Meck, W. (1984) The numerical attribute of stimuli. En Roitblat, H., Bever, T., Terrace, H. *Animal Cognition* (pp. 445-464) Londres, Erlbaum.
- Correa, Á., Lupiáñez, J., & Tudela, P. (2006). La percepción del tiempo: una revisión desde la Neurociencia Cognitiva. *Cognitiva*, 18(2), 145–168
- Eagleman, D., Tse, P., Buonomano, D., Janssen, P., Nobre, A., Holcombe, A. (2005) Time and Brain: How Subjective Time Relates to Neural Time. *The Journal of Neuroscience*. 25(45). Pp. 10369-10371. Doi:10.1523
- Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps*. París: *Presses Universitaires de France*.
- Gallistel, C.R., Gelman, R. (2000). Non-verbal numerical cognition: from reals to integers. *Trends in Cognitive Sciences*. Vol.4, No.2 pp.59-65.
- Kraus, N., Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 599-605.
- Mate, J., Pires, A., Campoy, G., Estaún, S. (2009). Estimating the duration of visual stimuli in motion environments. *Psicológica*. 30, 287-300.
- Ornstein, R. (1969). *On the experience of time*. Nueva York: Penguin Books.

- Peirce, JW (2007) PsychoPy - Psychophysics software in Python. *J Neurosci Methods*, 162(1-2):8-13
- Rammsayer, T. H., Altenmüller, E. (2006), Temporal information processing in musicians and nonmusicians. *Music Perception*, 24(1), 37-48.
- Schiltz, P. (1992) Reflections about the importance of table tennis equipment on the velocity of the ball, on the psychological Wellbeing of top players and on the image of table tennis with general public about the organization of related scientific research. *International Journal of Table Tennis Sciences No.1*. 1st ITTF Sports Science Congress.
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences*. V.1060. p.219-230
- Walsh, V. (2003) A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences* Vol.7 No.11 November 2003
- Yee, W., Holleran, S., Jones, M., R (1994). Sensitivity to event timing in regular and irregular sequences: Influences of musical skill. *Perception and Psychophysics*, 56, 461-471