

La percepción del tiempo: un abordaje psicofisiológico

A percepção do tempo: uma abordagem psicofisiológica
La perception du temps: une approche psychophysiologique
Time perception: a psychophysiological approach

Mario Squillace Louhau^{1 2 3 5 6}, Jimena Picón-Janeiro^{1 4}
Javier Menéndez², Susana Azzollini^{1 4 5}

1. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
2. Instituto de Investigación de la Universidad del Salvador, Argentina.
3. Pontificia Universidad Católica Argentina, Argentina.
4. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.
5. Universidad de la Defensa Nacional, FE, Centro de Investigaciones Sociales y Humanas para la Defensa, Argentina.
6. Hospital Universitario Austral, Argentina.

Resumen

La cronobiología ha establecido la presencia de relojes internos en los organismos que miden diferentes frecuencias o ritmos. Este artículo aborda en una revisión cómo son esos relojes en el caso de la percepción subjetiva del paso del tiempo. A partir del modelo temprano de un marcapasos general para la estimación del tiempo hoy se concibe la presencia de modelos intrínsecos con mecanismos y áreas cerebrales diferenciadas. Si la estimación del tiempo requiere procesos controlados u automáticos será procesada por sistemas distintos; así como las tareas que implican procesamiento temporal de origen sensorial o motor. Poblaciones de neuronas procesan diferentes tareas de estimación temporal. Los mecanismos de rampa y de relojes poblacionales son propuestas teóricas de lo que ocurre a nivel sináptico y de redes neurales. Finalmente, se discuten factores que afectan la estimación subjetiva de la percepción del tiempo. Se ha mostrado que la edad, la motivación, la atención y el estado emocional afectan la velocidad con que se percibe el tiempo. La motivación intrínseca, la atención centrada en la tarea y el estado de baja activación emocional provocan enlentecimiento de la percepción del tiempo lo que lleva a su subestimación. Por otra parte, la motivación extrínseca, la atención focalizada en el paso del tiempo y la alta activación emocional provocan el efecto contrario, la percepción acelerada del tiempo, lo que provoca su sobreestimación.

Palabras clave: estimación del tiempo, modelo de marcapasos, atención, motivación, edad.

Resumo

A cronobiologia estabeleceu a presença de relógios internos nos organismos que medem diferentes frequências ou ritmos. Esse artigo aborda em uma revisão como esses relógios são no caso da percepção subjetiva da passagem do tempo. Partindo do modelo inicial de um marcapasso geral para estimativa de tempo, atualmente, se concebe a presença de modelos intrínsecos com áreas e mecanismos cerebrais diferenciados. Hipotetiza-se que se a estimativa de tempo requer processos controlados, ou automáticos, ela poderá ser processada por diferentes sistemas; bem como tarefas que envolvem processamento temporal de origem sensorial ou motora. Populações de neurônios processam diferentes tarefas de estimativa temporal. Os mecanismos de rampa e os relógios populacionais são propostas teóricas do que acontece no nível da rede sináptica e neural. Finalmente, os fatores que afetam a estimativa subjetiva da percepção do tempo, ainda, são discutidos. Encontrou-se que a idade, a motivação, a atenção e o estado emocional afetam a velocidade com que o tempo é percebido. A motivação intrínseca, a atenção voltada para a tarefa e o estado de baixa ativação emocional causam um abrandamento na percepção do tempo, levando à sua subestimação. Por outro lado, a motivação extrínseca, a atenção voltada para a passagem do tempo e a alta ativação emocional causam o efeito oposto a percepção acelerada do tempo que causa sua superestimação.

Palavras-chave: estimativa de tempo, modelo de marcapasso, atenção, motivação, idade.

Artículo recibido: 11/09/2020; Artículo revisado: 24/12/2020; Artículo aceptado: 28/12/2020.

Toda correspondencia relacionada con este artículo debe ser enviada a Mario Squillace-Louhau, Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires, Hipólito Yrigoyen 3242, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP : C1207ABQ, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: msquillace@psi.uba.ar

DOI:10.5579/ml.2019.0663

Résumé

La chronobiologie a établi la présence d'horloges internes dans des organismes qui mesurent différentes fréquences ou rythmes. Cet article aborde dans une revue comment ces horloges sont dans le cas de la perception subjective du passage du temps. À partir du modèle précoce d'un stimulateur cardiaque général pour l'estimation du temps, on conçoit aujourd'hui la présence de modèles intrinsèques avec des zones et des mécanismes cérébraux différenciés. Si l'estimation de temps nécessite des processus contrôlés ou automatiques, elle sera traitée par différents systèmes; ainsi que les tâches qui impliquent un traitement temporel d'origine sensorielle ou motrice. Les populations de neurones traitent différentes tâches d'estimation temporelle. Les mécanismes de rampe et les horloges de population sont des propositions théoriques de ce qui se passe au niveau des réseaux synaptiques et neuronaux. Enfin, les facteurs qui affectent l'estimation subjective de la perception du temps sont discutés. Il a été démontré que l'âge, la motivation, l'attention et l'état émotionnel affectent la vitesse à laquelle le temps est perçu. La motivation intrinsèque, l'attention focalisée sur la tâche et l'état de faible activation émotionnelle provoquent un ralentissement de la perception du temps, ce qui conduit à sa sous-estimation. En revanche, la motivation extrinsèque, l'attention focalisée sur le passage du temps et la forte activation émotionnelle provoquent l'effet inverse, la perception accélérée du temps, qui provoque sa surestimation.

Mots clés: estimation du temps, modèle de stimulateur cardiaque, attention, motivation, âge.

Abstract

Chronobiology has established the presence of internal clocks in the organisms that measure at different frequencies or rhythms. This article addresses in a review how these clocks are in the case of the subjective perception of the passage of time. Today, the presence of intrinsic models with different brain areas and mechanisms is conceived from the early model of a general pacemaker for time estimation. If the time estimate requires controlled or automatic processes, it will be processed by different systems. As well as, tasks that involve temporal processing of sensory or motor origin. Neuron populations process different temporal estimation tasks. The ramp mechanisms and population clocks are theoretical proposals of what happens at the synaptic and neural network level. Finally, factors that affect the subjective estimation of time perception are discussed. Age, motivation, attention, and emotional state have been shown to affect the speed with which time is perceived. Intrinsic motivation, attention focused on the task and the state of low emotional activation cause the slowing of the perception of time, leading to its underestimation. On the other hand, extrinsic motivation, attention focused on the passage of time and high emotional activation cause the opposite effect, accelerated perception of time, leading to its overestimation.

Key words: time estimation, pacemaker model, attention, motivation, age.

1. INTRODUCCIÓN

La cronobiología ha establecido la presencia de relojes internos, en los organismos, que miden diferentes frecuencias o ritmos. Esto permite al organismo su autoregulación a lo largo de diferentes intervalos de tiempo. Así, determinados relojes establecen la medición de ciclos a ritmos *ultradianos* (miden intervalos superiores al día), de esta manera son supervisados los cambios psicofisiológicos largos como los observados en el ciclo menstrual o los períodos de hibernación. Los relojes *circadianos*, que miden intervalos próximos a las 24 horas de un día, ordenan innumerables procesos internos tales como el ciclo de sueño –vigilia. Por último, varios relojes *infradianos* son capaces de registrar intervalos en el orden de milisegundos a minutos. Estos últimos participan en una infinidad de tareas cognitivas que van desde el control del movimiento, la detección del ritmo, de los fonemas así como de la percepción del paso del tiempo (Torres, Cerón, Amézquita & López, 2013). Una cuestión que es de interés para abordar en este artículo es ¿cómo son esos relojes en el caso de la percepción subjetiva del paso del tiempo?.

Tempranamente la psicóloga Treisman (1963) formula un modelo de marcapasos interno para dar cuenta desde la psicología cognitiva del mecanismo psicológico que permitía percibir el tiempo. El modelo consta de los siguientes componentes, por un lado un módulo generador de unidades temporales (UT) las cuales actúan como un marcapasos. La información del marcapasos es recibida, a su vez, por un acumulador que es el segundo componente del modelo. El marcapasos interno genera UT de pulsos regulares con determinada frecuencia. Éstas son sostenidas por un almacén de memoria mientras el contador permite su registro.

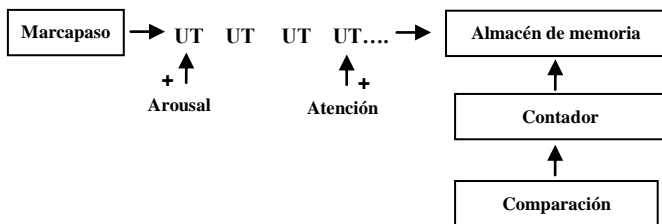
El modelo predice que, tanto la activación fisiológica como la atención modulan la percepción subjetiva del tiempo (Treisman, Faulkner, Naish & Brogan, 1990). Por un lado, el *arousal* fisiológico incrementa las UT y la atención aumenta su detección creando la experiencia subjetiva de que el tiempo transcurre más lento. De esta manera lo inverso, bajo *arousal* y/o distractibilidad, produce el fenómeno contrario: la percepción de que el tiempo transcurre más rápidamente. Según dicho argumento tanto factores emocionales como atencionales son capaces de alterar el paso del tiempo en el observador.

El modelo de un marcapasos endógeno, aunque no siga los lineamientos iniciales de Treisman podría tener cierta plausibilidad fisiológica. La hipótesis de un reloj central que interviene en una amplia cantidad de tareas que utilizan diversas mediciones del tiempo suele sostenerse en la observación de que los buenos estimadores del tiempo lo son en tanto en diversas tareas y como con variados estímulos (Merchant, Harrington, & Merck, 2013). Varias áreas cerebrales son capaces de generar bloques o UT cuya sumatoria da un sentido a la experiencia del paso del tiempo. Mientras ciertas que neuronas producen bloques temporales, otras neuronas cumplirían la función de contabilizarlas a partir de un mecanismo de acumulación (Graham, Schmidt, Martin, Iverson, & Waters, 2019). Entre los procesos del marcapasos y del acumulador, ocurre la mediación de mecanismos atencionales. Dichos efectos pueden ocasionar la modulación subjetiva del paso del tiempo percibido en el acumulador. En el modelo, la *sobrestimación del tiempo* ocurre por un aumento de los bloques de tiempo ingresados en el acumulador los cuales son interpretados como un mayor tiempo transcurrido. El aumentar la atención sobre las UT aumenta la percepción subjetiva de la cantidad de tiempo

transcurrido dando la impresión que ha pasado más tiempo. Por otra parte, un incremento del arousal emocional amplifica la generación de UT desde el marcapasos. El organismo al producir mayor cantidad de bloques temporales identifica un mayor tiempo transcurrido. Desde el modelo del marcapasos tanto la atención cómo la emoción incrementarían la detección de unidades de tiempo por parte del acumulador (ver Figura 1).

Figura 1.

Modelo de marcapasos para la percepción del tiempo.



2. PERCEPCIÓN DEL TIEMPO: ¿UNO O VARIOS RELOJES?

La posibilidad de varios marcapasos y no uno provienen de los *modelos intrínsecos*. Dichos modelos proponen mecanismos y áreas cerebrales particulares para procesar la percepción del tiempo de acuerdo a la naturaleza del estímulo y al requerimiento de la tarea (Paton & Buonomano, 2018). Las primeras evidencias de la necesidad de pensar en sistemas diferentes que procesan el paso de tiempo fueron los estudios de Lewis y Miall (2006). Estos investigadores realizaron un meta-análisis con los datos de variadas tareas de *estimación del tiempo*. Un análisis factorial de esta amplia base de datos impulsó la conceptualización de dos sistemas distintos que miden el tiempo, uno por debajo del segundo y otro por encima del segundo.

Dimensión subsegundo vs suprasegundo: aunque haya una línea difusa que los separe, es posible identificar circuitos distintos para procesar intervalos en el rango de los milisegundos respecto a intervalos de segundos a minutos (Chen, Bao, & Wittman, 2016; Rammsayer, Bortner, & Troche, 2015). La discriminación temporal en el orden de los cientos de milisegundos utilizarían cambios plásticos de corto plazo (Goel & Buonomano, 2016). De esta manera, las interacciones entre sinapsis excitatorias e inhibitorias, en memorias de corto plazo, crean un conjunto flexible de mecanismos para regular la selectividad temporal de las neuronas. El modelo propuesto es el de *redes dependientes del estado* (state-dependent networks, Buonomano & Mass, 2009). En este caso, la percepción temporal emerge de las propiedades sinápticas de las neuronas de circuitos locales. Cuando un estímulo es procesado por estas redes se produce la interacción entre la información que ingresa con el estado presente de la red al momento del procesamiento. De dicha comparación emerge la noción temporal. Hay evidencias que las cortezas auditivas primarias son capaces de procesar intervalos con este sistema de comparación (Zhou, Villers-

Sidani, Panizzutti, & Merzenich, 2010). Como el límite entre los milisegundos y el segundo muchas veces es poco claro, queda a veces mejor descripta esta división si se conceptualiza la estimación del tiempo si las tareas realizadas en el laboratorio requieren o no de procesos controlados. Así, el modelo de Lewis y Miall (2006) describe la existencia de dos redes independientes para estimar el tiempo según el criterio de control cognitivo. La ejecución o percepción de intervalos en rangos inferiores al segundo se procesarían automáticamente, así como la ejecución temporal de tareas previamente aprendidas. Así, varias tareas de medición temporal que no requieren control de las funciones ejecutivas, serían estimados automáticamente por este sistema. Por el contrario, tareas que son procesadas en rangos superiores al segundo empiezan a ser analizadas por un segundo circuito que requiere de la utilización de recursos atencionales y memoria de trabajo. Siguiendo este criterio, Lewis y Miall (2006) dividieron los estudios de estimación del tiempo por aquellos que utilizaban tareas de naturaleza automática o controlada al mismo tiempo que siguieron, con técnicas de neuroimagen, la ejecución de las mismas por parte de participantes. El resultado mostró que las áreas cerebrales implicadas en tareas automáticas y controladas de percepción del tiempo habían sido distintas. La medición automática del tiempo implicó el área pre motora suplementaria (pre-AMS), áreas premotoras, la corteza somatosensitiva izquierda, la corteza auditiva, el cerebelo derecho y ganglios de la base (GB). Por otra parte, la estimación del tiempo que utiliza procesos controlados reclutó al área motora suplementaria (AMS), la corteza parietal y prefrontal derecha (atención), cortezas prefrontales dorsolaterales derecha (DLPF), prefrontales ventrolaterales (VLPF) e ínsula anterior (memoria de trabajo). Más allá de la división en dos circuitos diferenciados, existen estudios que indicarían que algunas regiones cerebrales se encuentran procesando la percepción del tiempo independientemente de que la tarea sea automática o controlada. De esta manera, los GB y el cerebelo se activarían ubicuamente para los dos tipos de tareas (Correa & Lupiáñez, 2006). Ver Tabla 1.

Tabla 1. División de sistemas que miden el tiempo.

	Tamaño del intervalo	Procesos	Áreas cerebrales específicas	Áreas cerebrales comunes	NT
Sistema	milisegundos	automáticos	Pre-AMS CPM Corteza parietal SI GB CA1	Cerebelo GB (estriado)	DA
	segundo/s a minutos	controlados/automáticos	AMS CPFVL derecha Parietal posterior Ínsula anterior		

Nota. AMS: área motora suplementaria, pre-AMS: pre área motora suplementaria, CPM: corteza premotora, SI: somatosensitivo izquierdo, GB: ganglios de la base, CA1: corteza auditiva primaria, CPFVL: corteza prefrontal ventrolateral; NT: neurotransmisor, DA: dopamina.

El AMS clásicamente ha sido propuesta en la literatura como el acumulador del modelo del marcapasos

endógeno, esto se debe a que, durante la percepción y/o ejecución de intervalos, esta región produce un potencial denominando *contingent negative variation* (CNV, Kononowicz & Penney, 2016; Pfeuty, Ragot, & Pouthas, 2005). Este potencial producido durante el intervalo es considerado el resultado de la acumulación de los pulsos generados por el marcapasos endógeno (Kononowicz, van Rijn, & Meck, 2017). Experimentalmente, se correlacionó la amplitud del CNV en el AMS entre los participantes de una experiencia de estimación del tiempo (Kononowicz & Penney, 2016). Los grupos fueron divididos por si reproducían los intervalos presentados de forma precisa, de forma aumentada o disminuida. La pendiente de amplitud del CNV correlacionó con la performance de los individuos. Cuánto más larga debía ser la reproducción del intervalo más amplia era la amplitud del CNV. Por el contrario, a más cortas reproducciones de los intervalos más baja fue la amplitud del mismo. Sin embargo, en otro estudio se mostró que si la duración del intervalo era demasiado amplia el CNV disminuía (Köse, Gramfort, & van Wassenhove, 2014). Esto llevó a pensar que el CNV está relacionado, en realidad, con una señal de expectativa ante un estímulo por venir más que con un proceso de acumulación de UT. Así, la presencia de CNV estaría relacionado indirectamente con la percepción del tiempo pero no sería el mecanismo de generación ni de acumulación de UT (Kononowicz et al., 2017). El caso de las cortezas vecinas AMS y pre-SMA es significativo ya que participan diferenciadamente en los dos sistemas de percepción del tiempo. Por un lado, la corteza AMS se encuentra relacionada con el procesamiento de información sensorial suprasegundo y de estímulos no secuenciales. Por otra parte, que la pre-AMS se vincula con tareas sensorio-motoras, subsegundo y de estímulos secuenciales (Schwartz, Rothermich, & Kotz, 2012). Estas cortezas monitorean las UT provenientes de diversas cortezas especializadas en el procesamiento de información sensorial y motora, sin ser por ello un acumulador de las mismas. Su función es más bien de monitoreo y evaluación y se realiza en asociación con el estriado de los GB y las regiones prefrontales (Kononowicz et al., 2017).

Otra división de sistemas de procesamiento temporal lo da la naturaleza del estímulo a procesar, si éste es de naturaleza motora o sensorial. Así, se abre una dimensión *motor-sensorial*. Cuando se investiga no resulta la misma tarea procesar las características espacio-temporales de un intervalo (sensorial) que reproducir patrones o secuencias de intervalos a partir de la conducta (motor). Los circuitos neurales que se encargan de procesar la emisión de patrones motores son distintas a aquéllas encargadas de procesar esas mismas relaciones temporales como información sensorial (Paton & Buonomano, 2018): A) Las áreas sensoriales implicadas en la discriminación de patrones rítmicos/ temporales reclutan zonas del tronco encefálico y de las cortezas sensoriales de las diferentes modalidades implicadas; B) En cuanto a la emisión de patrones temporales también hay circuitos distintos de acuerdo a si éste es un patrón simple repetitivo o se trata de patrones complejos (Hardy & Buonomano, 2016); C) Por otra parte, hay tareas donde se combinan ambos componentes sensoriales y motores, ya que ambos son fundamentales para generar la tarea (e.g. interpretación musical). De esta manera, los GB aparecen implicados tanto para las tareas de

discriminación de patrones temporales como para la emisión de los mismos (Paton & Buonomano, 2018).

3. MECANISMOS NEURALES DEL PROCESAMIENTO DEL TIEMPO.

La evidencia experimental en modelos animales da cuenta de dos tipos de mecanismos documentados que están presentes en el procesamiento del tiempo. Estos son los modelos de rampa y los modelos de relojes poblacionales.

Los *modelos de rampa* (ramping models, Balci & Simen, 2016) consisten en cambios en la tasa de disparo de una red neural que llevan a generar cambios periódicos en las mismas. Un estímulo procesado por la red produce una tasa de disparo en la población de neuronas que persiste aunque el estímulo haya cesado. A este mantenimiento de la actividad aún en ausencia del estímulo se lo denomina *climbing neural activity* o modelos de rampa (Wittmann, 2013). La actividad de rampa está asociada con procesos de anticipación, planificación, memoria de trabajo y estimación del tiempo (Kononowicz et al., 2017). La actividad neural es lenta y se incrementa progresivamente, lo que lleva a pensar que sumando sus disparos periódicos actuaría como un acumulador de las UT generadas. Se ha encontrado una correlación positiva entre el tamaño de los intervalos temporales percibidos y la amplitud de la pendiente de actividad neural de rampa (Kim, Ghim, Lee, & Jung, 2013).

Los modelos de *relojes poblacionales* (population clocks, Buonomano & Laje, 2011) proponen que el tiempo se codifica en amplios grupos de neuronas que mantienen circuitos encadenados de actividad. Estos circuitos pueden generar tanto patrones simples como altamente complejos. Cada neurona particular, de un circuito, sostiene las diferentes UT. Puede pensarse en los relojes poblacionales como una trayectoria en una dimensión espacial n , donde n es el número de neuronas participando en el reloj poblacional y cada punto de la trayectoria la codificación de un momento en el tiempo. Provocando un procesamiento en cadena, espacialmente, cada neurona codifica el paso de una UT del evento procesado. Varios estímulos pueden ingresar a la red por diferentes entradas a la red neural generando trayectos en cadena distintos. Esto permite que, la misma población codifique la duración de más de un estímulo por vez. El cerebelo es una de las estructuras que se propone contaría con relojes poblacionales que permitirían el emparejamiento temporal de estímulos con respuestas a partir del condicionamiento (Buonomano & Laje, 2011).

4. FACTORES QUE AFECTAN LA PERCEPCIÓN DEL TIEMPO

4.1 Edad y tiempo

A medida que aumenta la edad se ha propuesto se produciría una menor producción de UT en los circuitos neurales, llegando a ser significativo esto en personas ancianas (Espinosa Fernández, Miró, Cano, & Buela Casal, 2003). También se ha informado que la actividad neural de las áreas relacionadas con la estimación del tiempo tiende a ser más clara entre los 20 a 53 años en comparación a jóvenes de 10 a 19 años donde la actividad es menos clara (Smith,

Giampietro, Brammer, Halari, Simmons, & Rubia, 2011). En lo que respecta a experiencias de memoria retrospectiva, (e.g. tareas donde los individuos deban estimar el tiempo que les ha llevado realizar una tarea) la performance de personas mayores respecto a jóvenes no se ha visto modificada (Ebaïd & Crewther, 2018). Los grupos de jóvenes y ancianos subestiman el tiempo que requirió la compleción de un test, los autores piensan porque la atención estuvo puesta sobre la tarea y no sobre la percepción de las UT. Diferentes son los resultados de memoria prospectiva, donde las personas ancianas fueron malos estimadores, respecto a los jóvenes, al paso de un minuto. Se encontraron perfiles de subestimación y sobrestimación en los mismos individuos ante medidas consecutivas de estimación del paso de un minuto en personas mayores. Esto podría indicar en las personas mayores tiene una peor precisión en la estimación del tiempo prospectivo respecto a los jóvenes en vez de un perfil de subestimación como se pensaba inicialmente (Baudouin, Isingrini y Vanneste, 2019; Vanneste, Baudouin, Bouazzaoui, & Taconnat, 2016).

4.2 Atención y motivación

Sobrecargar la atención o la distracción lleva al individuo a que subestime el paso del tiempo en tareas que implican procesos controlados (Correa Torres, 2013; Gutiérrez-García, Reyes-Platas, y Picazo, 2017). Por el contrario, cuando los individuos focalizan la atención en un estímulo de forma continuada o se encuentran sin motivación el paso del tiempo tiende a ser sobrestimado (Xu y David, 2018). Esto se produciría, cómo se dijo más arriba, a una mayor observación de las UT, ya que los individuos están más atentos, en ambos casos, a que el tiempo termine. En este sentido, también se ha buscado vincular la estimación del tiempo durante la ejecución de tareas neuropsicológicas en individuos con patologías atencionales. Pacientes con daño en áreas prefrontales o niños con trastorno por déficit de atención (TDA) muestran dificultades en la estimación y preparación temporal que podrían relacionarse con la impulsividad (Berlin, Rolls, & Kischka, 2004; Rubia, Halari, Christakou, & Taylor, 2009). Este tipo de pacientes pueden dar respuestas adecuadas pero en momentos inoportunos, tendiendo a responder precipitadamente antes de tiempo.

Cuando los individuos realizan tareas bajo motivación intrínseca atienden menos a las UT internas por estar focalizados en la actividad que realizan, esto lleva a la generación de una sensación subjetiva de aceleración del paso del tiempo. Este fenómeno resulta familiar a la mayoría de las personas y contrasta con el enlentecimiento subjetivo del tiempo en aquellas personas no motivadas internamente durante la realización de una tarea o que sienten aburrimiento durante el proceso. Estos últimos atienden más frecuentemente las UT que se generan incrementando la percepción del tiempo transcurrido (Gable & Poole, 2012).

4.3 Emociones y activación fisiológica

El experimento de Stetson, Fiesta y Eagleman (2007) consistió en hacer saltar a voluntarios de unos 31 metros (15 pisos) de altura a una red en la base. La resolución visual del evento no mejoró al contabilizarse la velocidad del monitoreo visual. Por otra parte, luego de haber constatado buenas

estimaciones del tiempo de los voluntarios en situaciones normales, estos distorsionaron el paso del tiempo durante el momento del salto. Los participantes sobreestimaron el tiempo que duró la caída atribuyéndole un 36% promedio más de tiempo a la caída que objetivamente había durado 3 segundos. Éste sería un ejemplo de cómo el alto arousal incrementa la percepción subjetiva del tiempo por la salencia del evento a nivel emocional.

La activación fisiológica que provocan diversas emociones se ha visto relacionada con la modulación subjetiva de la percepción del tiempo. De esta manera, Gil, Niedenthal y Droit-Volet (2007) trabajaron con niños de 3, 4 y 5 años que debían percibir rostros femeninos que expresaban diferentes emociones. Ver prolongadamente rostros que manifestaban alegría, miedo o enojo hizo que los voluntarios percibieran el paso del tiempo como más lento, sobreestimándolo cuando fue comparado con rostros sin expresión emocional. Lo mismo se probó más tarde en participantes adultos (Gil & Droit Volet, 2011). En otro estudio, una emoción negativa como la vergüenza ocasionó el efecto opuesto, haciendo que el tiempo fuera percibido transcurriendo más rápidamente (Gil & Droit-Volet, 2009). También es de destacar que, una emoción de baja activación fisiológica como el asco no produjo distorsión respecto al grupo control. Según la predicción del modelo de contadores temporales internos, las emociones de alegría, miedo y enojo (alto arousal) incrementaron la producción de UT conduciendo a la sobreestimación temporal por parte de los individuos. Finalmente, la vergüenza (bajo arousal) disminuye la producción de UT provocando el efecto contrario de subestimación temporal (Droit-Volet, Fayolle, Lamotte, & Gil, 2013).

Coincidentemente, Benau y Atchley (2020) han mostrado experimentalmente que, luego de la inducción de un estado de ánimo triste, los participantes aumentaban la sobrestimación del paso del tiempo, teniendo más probabilidades de afirmar que un estímulo de poca duración coincidía con uno de mayor. Los autores sostienen que, en el caso extremo de la depresión, este estado emocional en particular, afectaría el flujo subjetivo del paso del tiempo y no a la estimación de tiempo en intervalos, que involucra otros aspectos cognitivos como la atención (Thönes & Oberfeld, 2015). A su vez, la lentitud del procesamiento temporal puede observarse en el retardo psicomotor y el decremento de la capacidad cognitiva. Si bien una persona deprimida percibe que el tiempo fluye más lentamente en su experiencia presente (Stanghellini et al., 2017) existiría una aceleración posterior en su memoria de trabajo producto de la congruencia existente entre el estado de ánimo en largos intervalos, la depresión y el aburrimiento (Kenta, Van Doorna & Kleinb, 2019). Se encuentra el fenómeno inverso en pacientes con trastorno bipolar (TB) cuando se encuentran en su fase maníaca (Gutiérrez-García, Reyes-Platas, & Picazo, 2017). Se han investigado cualitativamente las narraciones de experiencias personales en sujetos con trastorno depresivo mayor (TDM), reflejando percepciones anormales de tiempo como la experiencia del presente y el futuro dominada por el pasado, la disminución del flujo del tiempo y estancamiento de los procesos vitales endógenos. Las investigaciones apoyan la hipótesis de que existe una estructura temporal intrínseca desordenada que caracterizaría al TDM (Stanghellini, Ballerini, Presenza, Mancini, Northoff, &

Cutting, 2017). En cuanto al estado emocional de la ansiedad puede observarse el valor adaptativo de este efecto, dado que la percepción lenta del tiempo permite una reacción más rápida frente al peligro (Gutiérrez-García et al., 2017).

A grandes rasgos, puede sostenerse el supuesto de que las emociones positivas generan la percepción de que el tiempo transcurre más rápidamente, así como las emociones negativas producen el efecto contrario. Involucrarnos en actividades placenteras, motivantes o novedosas tendría un impacto muy diferente al hecho de atravesar momentos de dolor, cansancio, enfermedad u otros similares.

5. DISCUSIÓN

La percepción del tiempo ha sido un tema de reciente interés en la psicofisiología contemporánea. Los modelos psicológicos clásicos de marcapasos endógenos (Treisman, 1963; Treisman et al. 1990) han formulado importantes predicciones que se han corroborado en diversos trabajos experimentales. Algunos de los hallazgos son las predicciones sobre la subestimación y sobreestimación del paso del tiempo a partir de las influencias de la atención y la activación emocional del individuo. Así, de forma correcta el modelo predice con precisión cómo la distracción sobre el tiempo y atención sobre la tarea, emociones con alto arousal o la motivación intrínseca son capaces de inducir una percepción acelerada del transcurrir del tiempo (Benau & Atchley, 2020; Droit-Volet et al., 2013); así como el efecto inverso, atención sobre el tiempo y no sobre la tarea, emociones con un alto arousal o motivación extrínseca pueden llevar a un entecimiento subjetivo del tiempo (Kenta et al., 2019; Gil et al., 2011; Stetson et al., 2007). Las predicciones sobre la edad de los individuos aún no es clara, los resultados parecen señalar que las personas más ancianas son malos estimadores del tiempo a nivel prospectivo respecto a los jóvenes (Ebaid & Crewther, 2018). Sin embargo, estos modelos muy promisorios para explicar el comportamiento tienen dificultades al no poder ser identificados con claridad en su plausibilidad biológica. La gran cantidad de mecanismos y subsistemas que se postulan para que los organismos complejos estimen el paso del tiempo se va alejando de la posibilidad de un solo reloj biológico. Los mecanismos a nivel sináptico y neural que son postulados desde las neurociencias aún no son claros en cuanto a si hay que adoptar los modelos de rampa, de relojes poblacionales o ambos simultáneamente (Paton & Buonomano, 2018). Por ahora hay diversos hallazgos sobre variados mecanismos que participan de diferentes tareas y en diferentes regiones cerebrales (Kononowicz et al., 2017). El modelo de Treisman sigue siendo bastante cercano a los sistemas suprasedundo de procesos controlados aunque no prevé por el momento divisiones motoras y sensoriales en su conceptualización.

Referencias

- Balci, F., & Simen, P. (2016). A decision model of timing. *Current Opinion on Behavior Science*, 8, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.02.002>
- Baudouin, A., Isingrini, M., & Vanneste, S. (2019). Executive functioning and processing speed in age-related differences in time estimation: a comparison of young, old, and very old adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 26(2), 264-281. doi: 10.1080/13825585.2018.1426715
- Benau, E. M., & Atchley, R. A. (2020). Time flies faster when you're feeling blue: sad mood induction accelerates the perception of time in a temporal judgment task. *Cognitive Processing*, 1-13. doi: 10.1007/s10339-020-00966-8
- Berlin, H.A., Rolls, E.T., & Kischka, U., (2004). Impulsivity, time perception, emotion and reinforcement sensitivity in patients with orbitofrontal cortex lesions. *Brain* 127, 1108-1126. doi: <https://doi.org/10.1093/brain/awh135>
- Buonomano, D. V., & Laje, R. (2011). Population clocks: motor timing with neural dynamics. *Trends in Cognitive Science*, 14(12), 520-527. doi:10.1016/j.tics.2010.09.002.
- Buonomano, D. V., & Maass, W. (2009). State-dependent computations spatiotemporal processing in cortical networks. *Natural Review of Neuroscience*, 10, 113-125. <https://doi.org/10.1038/nrn2558>
- Camacho-Valadez, D. (2014). Estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento temporal. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 9(1-2), 1-3. doi: 10.5839/rcnp.2014.090102.01
- Chen, L., Bao, Y., & Wittman, M. (2016). Sub- and Supra-Second Timing: Brain, Learning and Development. *Frontiers in Psychology*, 7(1), 1-4. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00019
- Cona, G., & Semenza, C. (2017). Supplementary motor area as key structure for domain-general sequence processing: a unified account. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 72, 28-42. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.10.033
- Correa Torres, A. (2013). ¿Cómo percibimos el paso del tiempo? *Ciencia Cognitiva*, 7(1), 16-18.
- Correa, A., & Lupiañez, J. (2006). La percepción del tiempo: una revisión desde la neurociencia cognitiva. *Cognitiva*, 18(2), 145-160. doi: 10.1174/021435506778148667
- Droit-Volet, S., Fayolle, S., Mathilde Lamotte, M., & Gil, S. (2013). Emotion and the Embodiment of Timing. *Timing & Time Perception*, 1(1), 99-126. doi: <https://doi.org/10.1163/22134468-00002004>
- Ebaid, D., & Crewther, S. G. (2018). Temporal Aspects of Memory: A Comparison of Memory Performance, Processing Speed and Time Estimation Between Young and Older Adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10(352), 1-11. doi: 10.3389/fnagi.2018.00352
- Espinosa Fernández, L., Miró, E., Cano, M. C., & Buela Casal, G. (2003). Age related changes and gender differences in time estimation. *Acta Psychologica*, 112, 221-232.
- Gable, P. A., & Poole, B. D. (2012). Time flies when you're having approach-motivated fun: effects of motivational intensity on time perception. *Psychological Science*, 23(8), 879-86. doi: 10.1177/0956797611435817
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011). Time flies in the presence of angry faces. Depending on the temporal task used! *Acta Psychologica*, 136(3), 354-362. doi: /10.1016/j.actpsy.2010.12.010
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2009). Time perception, depression and sadness. *Behavioural Processes*, 8(2), 169-176. doi: /10.1016/j.beproc.2008.11.012
- Gil, S., Niedenthal, P. M. & Droit-Volet S. (2007). Anger and time perception in children. *Emotion*, 7(1), 219-25. doi:10.1037/1528-3542.7.1.219
- Goel, A., & Buonomano, D. V. (2016). Temporal interval learning in cortical cultures is encoded in intrinsic network dynamics. *Neuron*, 91, 320-327. doi: 10.1016/j.neuron.2016.05.042
- Graham-Schmidt, K. T., Martin-Iverson, M. T., & Waters, F. A. (2019). Setting the beat of an internal clock: Effects of dexamphetamine on different interval ranges of temporal processing in healthy volunteers. *PsyCh Journal*, 8(1), 90-109. doi: 10.1002/pchj.274
- Gutiérrez-García, A. G., Reyes-Platas, D. I., & Picazo, O. (2017). Percepción del tiempo en la neuropsicopatología: una

- revisión sistemática. *Psiquiatría Biológica*, 24(3), 85-96. doi: 10.1016/j.psiq.2017.10.002
- Hardy, N. F., & Buonomano, D. V. (2016). Neurocomputational models of interval and pattern timing. *Current Opinion in Behavioral Science*, 8, 250-257. doi: 10.1016/j.cobeha.2016.01.012
- Kent, L., Van Doorn, G., & Klein, B. (2019). Time dilation and acceleration in depression. *Acta psychologica*, 194, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.02.003>
- Kim, J., Ghim, J.-W., Lee, J. H., & Jung, M. W. (2013). Neural correlates of interval timing in rodent prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 33(34), 13834-13847. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI>
- Kononowicz, T. W., & Penney, T. B. (2016). The contingent negative variation (CNV): Timing isn't everything. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 8, 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.02.022>
- Kononowicz, T. W., van Rijn, H., & Meck, W. H. (2017). *Timing and Time Perception: A Critical Review of Neural Timing Signatures Before, During, and After the To-Be-Timed Interval*. Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience, Edition: 4th, Chapter: Sensation, perception and attention, Volume II, Publisher: Wiley, Editors, 1(4), 453-490. doi: 10.1002/9781119170174.
- Kösem, A., Gramfort, A., & van Wassenhove, V. (2014). Encoding of event timing in the phase of neural oscillations. *NeuroImage*, 92, 274-284. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.02.010
- Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2006). Remembering the time: a continuous clock. *Trends in cognitive sciences*, 10(9), 401-406. doi: 10.1016/j.tics.2006.07.006
- Paton, J. J., & Buonomano, D. V. (2018). The Neural Basis of Timing: Distributed Mechanisms for Diverse Functions. *Neuron*, 98, 687-705. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.03.045>
- Pfeuty, M., Ragot, R., & Pouthas, V. (2005). Relationship between CNV and timing of an upcoming event. *Neuroscience Letters*, 382(1), 106-111. doi: 10.1016/j.neulet.2005.02.067
- Rammsayer, T. H., Bortner, N., & Troche, S. J. (2015). Visual-auditory differences in duration discrimination of intervals in the subsecond and second range. *Frontiers in Psychology*, 6, 16-26. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01626>
- Rubia, K., Halari, R., Christakou, A., & Taylor, E. (2009). Impulsiveness as a timing disturbance: neurocognitive abnormalities in attention-deficit hyperactivity disorder during temporal processes and normalization with methylphenidate. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 364(1525): 1919-1931. doi: 10.1098/rstb.2009.0014
- Schwartz, M., Rothermich, K., & Kotz, S. A. (2012). Functional dissociation of pre-SMA and SMA-proper in temporal processing. *NeuroImage*, 60(1), 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.089>
- Stanghellini, G., Ballerini, M., Prezenza, S., Mancini, M., Northoff, G., & Cutting, J. (2017). Abnormal time experiences in major depression: an empirical qualitative study. *Psychopathology*, 50(2), 125-140. doi: 10.1159/000452892
- Stetson, C., Fiesta, M. P., & Eagleman, D. M. (2007). Does Time Really Slow Down during a Frightening Event? *Plos One*, 2(12), e1295. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001295>
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs*, 77(576). <https://doi.org/10.1037/h0093864>
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillation underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705-743. doi:10.1068/p190705
- Vannest S., Baudouin, A., Bouazzaoui, B., & Taconnat, L. (2016). Age-related differences in time-based prospective memory: The role of time estimation in the clock monitoring strategy. *Memory* 24(6), 812-825. doi: 10.1080/09658211.2015.1054837
- Wittmann, M. (2013). The inner sense of time: How the brain creates a representation of duration. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(3), 217-223. doi:10.1038/nrn3452
- Xu, S., & David, P. (2018). Distortions in time perceptions during task switching. *Computers in Human Behavior*, 80, 362-369. doi:10.1016/j.chb.2017.11.032
- Zhou, X., Villers-Sidani, E., Panizzutti, R., & Merzenich, M. M. (2010). Successive-signal biasing for a learned sound sequence. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107, 14839-14844. doi: 10.1073/pnas.1009433107