

Activación emocional en sujetos humanos: procedimientos para la inducción experimental de estrés

Sandra Ortega Ferreira* 

Universidad Ean, Facultad de Estudios en Ambientes Virtuales. Bogotá, Colombia

Resumen: El estudio de los efectos del estrés sobre la cognición y el comportamiento es un área de especial interés y desarrollo científico, tanto para la Psicología como para las Neurociencias. La inducción de estrés constituye un elemento fundamental en estos estudios, pues permite la manipulación de esta forma de activación emocional, como variable independiente, para observar su efecto sobre la conducta; no obstante, esta inducción debe ser suficiente para generar incrementos significativos en los niveles de cortisol y cumplir los estándares éticos establecidos para la experimentación con humanos. El presente artículo tiene como propósito aportar una revisión general sobre la activación emocional, para profundizar en el conocimiento acerca de los procedimientos utilizados en la inducción experimental de estrés en sujetos humanos. Se concluye que se requiere el diseño de protocolos más eficaces, para lo cual, el uso de las simulaciones y otras herramientas tecnológicas puede ser de gran utilidad.

Palabras clave: estrés, cortisol, activación emocional, cognición, comportamiento.

Introducción

El estudio de la relación entre las emociones y las variables cognitivas y comportamentales se ha convertido en un área de análisis fundamental para la psicología y las neurociencias, generando aportes de gran valor para el estudio experimental de la conducta (Blasco, Borrás, Rey, Bonillo, & Fernández, 1997). En este contexto, surge el estudio de los efectos del estrés sobre la cognición, especialmente, sobre la memoria como un campo fértil para la investigación, tanto con sujetos humanos como no humanos, que ha construido un cuerpo de conocimiento multidisciplinario de alto potencial para la investigación básica y aplicada.

Los estudios con sujetos no humanos han permitido establecer los mecanismos implicados en la manera en que el estrés afecta a la memoria y hacer una evaluación objetiva de los fenómenos implicados en esta relación de influencia, sin embargo, los estudios con humanos permiten profundizar en procesos cognitivos más complejos, a través del reporte verbal; así, es posible interrogar, directamente, a los sujetos experimentales sobre su experiencia subjetiva en la situación experimental (información autobiográfica) y sobre el auto-monitoreo de sus tareas cognitivas y el control cognitivo que llevan a cabo (metacognición) (Qiu et al., 2018).

Las investigaciones con sujetos humanos requieren el diseño de procedimientos no invasivos, con gran precaución de evitar generar efectos negativos a largo plazo en los individuos, lo que constituye un desafío ante la necesidad de crear protocolos para la inducción de

estrés que cumplan todos los estándares éticos y generen un nivel de estrés suficiente para evaluar los efectos de esta variable sobre la memoria.

Así, el presente artículo comienza ofreciendo una introducción a las teorías explicativas de las emociones, profundizando en el estrés como modalidad de activación emocional, posteriormente, se centra en la relación entre el estrés y la cognición y, finalmente, incluye una revisión de los protocolos experimentales disponibles más utilizados para la inducción de estrés en humanos y un análisis de su utilidad, efectividad y pertinencia, desde el punto de vista metodológico, con el objetivo de garantizar la validez interna de los procedimientos de laboratorio efectuados en esta área del conocimiento.

Fundamentos de las emociones

Las emociones son definidas como fenómenos subjetivos, con múltiples dimensiones, de corta duración, relacionados con las intenciones y las expresiones, que han demostrado ser cruciales en los procesos de adaptación del individuo frente a las demandas ambientales. Incluyen cuatro elementos principales que interactúan de manera dinámica: los sentimientos, la estimulación corporal, el sentido de intención y el social-expresivo (Reeve, 2010). Se ha identificado que las emociones cumplen, principalmente, tres funciones (Gross, 2006; Siemer, Mauss, & Gross, 2007; Rolls, 2011, citados por Feldman, 2017): La preparación para la acción, el moldeamiento del comportamiento futuro y la facilitación de la interacción social.

La teoría de James-Lange (James, 1890; 1894, citado por Reeve, 2010) plantea que la emoción es

* Dirección para correspondencia: scortega@universidadean.edu.co



experimentada a partir de una secuencia que implica la aparición de un estímulo, la emoción y, posteriormente, la reacción corporal, así, la experiencia emocional sería previa a la aparición de cambios fisiológicos. La teoría de Cannon-Bard, por su parte, plantea que la activación emocional y la fisiológica son reacciones simultáneas a un mismo estímulo (Canon, 1929, citado por Feldman, 2017), mientras que la teoría de Schachter-Singer propone que las emociones son producto de la activación fisiológica y el procesamiento cognitivo que se hace de un evento particular (Schachter & Singer, 1962, citado por Feldman, 2017).

Por otra parte, la teoría de las emociones diferenciales plantea que existen diez emociones básicas claramente identificadas que responden a propósitos motivacionales especializados, con una experiencia subjetiva, una expresión facial y una activación fisiológica particulares para cada una de ellas, constituyendo un sistema con la función adaptativa de preparar al individuo para actuar de acuerdo con las demandas del entorno (Izard, 1991; 1993). Según Ekman (1992), las emociones se agrupan de tal manera que de las básicas pueden derivarse otras, por variación o combinación, las cuales amplían la gama de experiencias emocionales posibles, que no deben confundirse con estados de ánimo, actitudes, rasgos de personalidad, ni trastornos mentales. Finalmente, la aproximación cognitiva plantea que las emociones surgen a partir del procesamiento de la información, lo que se explica desde el constructo de la valoración (Scherer, Schorr, & Johnstone, 2001; Smith, Haynes, Lazarus, & Pope, 1993) que consiste en el cálculo de la importancia subjetiva de un proceso, a partir de dos postulados principales: en primer lugar, que la valoración cognitiva antecede a la emoción y, en segundo lugar, que no sería el suceso sino la valoración la que produciría la emoción (Lazarus, 1991).

El estrés como activación emocional

El estrés es un término ampliamente utilizado y es definido de múltiples maneras, dependiendo del área de estudio que lo aborde, ejemplo de ello son las diferentes perspectivas aplicadas que manejan este concepto desde el contexto social (Väänänen, Anttila, Turtiainen, & Varje, 2012), educativo (Fares et al., 2016), la medicina (Cutshalla, Bergstrom, & Kalish, 2016) y la salud ocupacional (Upadyaya, Vartiainen, & Salmela-Aro, 2016), entre otras áreas de estudio, lo cual implica múltiples formas de operacionalizarlo y definirlo como concepto y la necesidad de especificar su abordaje siempre que se utilice este término.

El término estrés fue adoptado por Selye (1936) a partir de su uso en la ingeniería para referirse a un fenómeno inespecífico representado por una serie de síntomas producidos por una amplia variedad de agentes nocivos. Aproximaciones más modernas definen al estrés como una amenaza percibida a la homeóstasis, que puede ser consciente o no (Goldstein & McEwen, 2002) y cuya

respuesta depende del desafío particular que afecta a la homeóstasis, la interpretación del estresor y la habilidad percibida para afrontarlo (Goldstein & Kopin, 2007). Por su parte, el término estresor se refiere a “cualquier demanda del ambiente que crea un estado de tensión o amenaza (estrés) y requiere cambio o una adaptación (ajuste)” (Morris & Maisto, 2014, p. 363).

Desde el punto de vista de las neurociencias, el estrés, visto como un tipo de activación emocional, se define como una reacción fisiológica que afecta a las propiedades de las células cerebrales y puede afectar al sistema nervioso y otros sistemas, así como los procesos conductuales y cognitivos (Pruessner, Pruessner, Hellhammer, Piked, & Lupien, 2007). Esta reacción se produce por el efecto de los estímulos estresores, condiciones que afectan a la homeóstasis y la fisiología de un organismo (Dickerson & Kemeny, 2004). Para que un estímulo ambiental se convierta en un activador emocional debe cumplir con una o más de las siguientes características: novedad (Rose, 1980), impredecibilidad (Mason, 1968), ausencia de control (Sapolsky, 1993) y debe representar una amenaza de daño potencial o pérdida (Blascovich & Tomaka, 1996) que, en el caso de sujetos humanos, puede estar relacionada con la evaluación social (Lupien, Maheu, Than Tu, Fiocco, & Schramek, 2007). El estrés puede ser absoluto, producido por amenazas reales a la integridad del individuo, o relativo, amenazas percibidas por el individuo a partir de la interpretación que se hace de la situación (Pruessner et al., 2007). Los estresores pueden consistir en perturbaciones externas, del entorno del individuo o perturbaciones ambientales internas, como problemas de salud que afecten al sujeto (Oken, Chamine, & Wakeland, 2015).

La percepción de una amenaza absoluta o relativa da lugar a una cascada de eventos hormonales claramente caracterizados: inicialmente, el hipotálamo libera el factor liberador de corticotropina (CRF), que dispara la liberación de hormona adrenocorticotropa (ACTH) de la glándula hipófisis al torrente sanguíneo, estimulando la liberación de glucocorticoides en la corteza suprarrenal (GC, cortisol en el caso de humanos y corticosterona en el caso de roedores) en un proceso conocido como la activación del eje HPA (hipotálamo – hipófisis – suprarrenal, por sus siglas en inglés). La activación del eje corresponde a un mecanismo de adaptación del organismo que le permite incrementar la disponibilidad de energía corporal como preparación para responder a las demandas del entorno (Lupien et al., 2005).

En el cerebro es posible encontrar dos tipos de receptores para los glucocorticoides: los mineralocorticoides (MR o Tipo I) y los glucocorticoides (GR o Tipo II). Existen dos diferencias principales entre estos receptores: en primer lugar, los MR tienen una mayor afinidad con los GC, lo que resulta en una mayor ocupación de estos receptores durante buena parte del día, así que, en una situación de estrés, la mayor parte de los MR están saturados, generando una mayor ocupación

de GRs característica de la activación emocional. La segunda diferencia tiene que ver con la distribución en el cerebro, los MR están ubicados exclusivamente en el sistema límbico, mientras que los GR están tanto en áreas corticales como subcorticales, especialmente en la corteza prefrontal (De Kloet, Oitzl, & Joels, 1999).

Estrés y cognición: el efecto del estrés sobre la memoria

Tanto en el hipocampo como en la región parahipocámpal se encuentra una alta densidad de receptores para glucocorticoides que se liberan en situaciones con alto contenido emocional (De Kloet et al., 1999; Diamond, Fleshner, Ingersoll, & Rose, 1996), razón por la cual es posible esperar una influencia del estrés sobre la memoria.

La relación existente entre el estrés y la memoria ha sido ampliamente estudiada y los resultados contradictorios (efectos facilitadores y deletéreos o perjudiciales del estrés sobre la memoria) demuestran la complejidad de la interacción entre estas variables, que estaría dada por el nivel de estrés generado, la duración del estresor, el tipo de tarea y la fase de la memoria que se esté evaluando (Joëls, Pu, Wiegert, Oitzl, & Krugers, 2006; Pruessner et al., 2007). En este sentido, se sugiere una relación en forma de U invertida entre los glucocorticoides y el desempeño cognitivo, donde habría un efecto facilitador con niveles moderadamente elevados de glucocorticoides (Lupien & McEwen, 1997; De Kloet et al., 1999) y un efecto deletéreo con niveles muy altos o muy bajos (Lupien & Lepage, 2001). Esta interacción, principalmente, involucraría al hipocampo, estructura de gran importancia en la consolidación y recuperación de la memoria, con una alta densidad de receptores para glucocorticoides y un papel principal en la realimentación negativa de la actividad del eje HPA (Pruessner et al., 2007).

Estudios previos muestran que, en roedores, la exposición a breves periodos de estrés después del entrenamiento en tareas de memoria espacial, mejora el desempeño en pruebas de recuperación (Cerón, 2015) y que este efecto está acompañado por incrementos en la actividad de estructuras como el hipocampo, la amígdala y la corteza pre-frontal (Urueña, 2016).

Experimentos con animales han profundizado en estos efectos del estrés sobre la consolidación, confirmando su efecto facilitador (Roosendaal, 2002; Roosendaal & McGaugh, 2011) que, se sugiere, estaría mediado por mecanismos beta-adrenérgicos y glucocorticoides (McGaugh, 2000; Roosendaal, McEwen, & Chattarji, 2009). Específicamente, el estrés lleva a una activación del beta-adrenorreceptor al interior de la amígdala basolateral, que fortalecería la consolidación de la memoria a través de sus eferencias a otras regiones cerebrales como el hipocampo (McGaugh, 2004; Roosendaal & McGaugh, 2011).

Esta vía también ha sido validada en sujetos humanos, a través de la administración exógena de desencadenantes de transmisión beta-adrenérgica después del entrenamiento, donde se ha encontrado que este procedimiento también produce un efecto facilitador del desempeño en tareas de memoria (Cahill & Alkire, 2003; Southwick et al., 2002). Además, existe evidencia de que la inducción de estrés posterior a la adquisición en tareas de memoria de reconocimiento facial tiene un efecto facilitador sobre la recuperación en humanos (Larra et al., 2014).

Inducción de estrés en humanos

El estudio de los efectos del estrés sobre la cognición y el comportamiento implica el diseño y la implementación de protocolos de inducción de estrés que garanticen su manipulación como variable independiente en un contexto de control de variables que permita el establecimiento de relaciones de influencia y causalidad en el marco del alcance explicativo en investigación. El desarrollo de experimentos con sujetos humanos requiere el diseño de procedimientos no invasivos, que garanticen efectos limitados que no trasciendan a largo plazo y que generen niveles moderados de estrés, suficientes para observar sus efectos sin generar perjuicio en los individuos participantes en los estudios, incluyendo los elementos previamente citados de novedad (Rose, 1980), impredecibilidad (Mason, 1968), ausencia de control (Sapolsky, 1993), representar una amenaza de daño potencial o pérdida (Blascovich & Tomaka, 1996) y, en algunos casos, evaluación social (Lupien et al., 2007).

Protocolos tradicionales para la inducción de estrés

En este contexto, protocolos como el Cold Pressor Task (CPT) y el Trier Social Stress Test (TSST) han sido diseñados para inducir estrés en humanos, con una alta aceptación por parte de la comunidad científica y un uso extendido en experimentos de diversa índole, tanto en el área de la psicología como en las neurociencias.

Cold Pressor Task

El CPT es un protocolo suficientemente validado para la manipulación del estrés en humanos, que ha demostrado producir incrementos significativos en la liberación de cortisol, conocida como hormona del estrés, cuya acción, tal como se mencionó previamente, es mediada por la actividad del eje HPA (Goldfarb, Froböse, Cools, & Phelps, 2017; Buser, Dreber, & Mollerstrom, 2017; Raio, Orederu, Palazzolo, Shurick, & Phelps, 2013; McRae et al., 2006).

Esta tarea consiste en la inmersión de la mano no dominante del participante en agua fría (0 °C – 4 °C) durante uno a tres minutos continuos (Buser, Dreber, y

Mollerstrom, 2017; McCullough, Ritchey, Ranganath, & Yonelinas, 2015; McRae et al., 2006); la condición control consiste en aplicar el mismo procedimiento, con una modificación en la temperatura del agua como única variación en el protocolo, utilizando agua tibia con una temperatura alrededor de los 38 °C (Goldfarb et al., 2017). Cabe mencionar que algunos estudios utilizan la mano dominante en este procedimiento (Buser et al., 2017).

Se ha encontrado que esta tarea consistentemente genera activación en el sistema nervioso simpático, produciendo incrementos en la presión sanguínea y la conductancia de la piel, sin embargo, no siempre genera un incremento en los niveles de cortisol, así que no es evidente en todos los casos la activación del eje HPA (Mitchell, MacDonald, & Brodie, 2004; Smeets et al., 2012).

El CPT ha recibido importantes críticas acerca de su verdadero rol en la inducción de estrés, pues no es claro si este procedimiento realmente modela una amenaza o activa un mecanismo homeostático de regulación de temperatura, lo que no correspondería a estrés, además de su utilización como inductor de dolor, lo cual generaría ambigüedad en relación con su verdadero efecto en el organismo (Lazarus, 1963), puesto que esta tarea no ha sido utilizada solamente para estudiar el estrés, sino que constituye un protocolo de gran tradición para el estudio del dolor y desempeña un papel crucial para la comprensión de sus mecanismos, valoración y manejo (Birnle, Parker, & Chambers, 2016), lo que confirmaría los planteamientos de la crítica en relación con la ambigüedad en los efectos que produce esta tarea, dificultando la interpretación de los resultados en los estudios que la incluyen como protocolo para la inducción de estrés.

Trier Social Stress Test

El Trier Social Stress Test (TSST) es un protocolo ampliamente validado para la inducción de estrés psicosocial en condiciones de laboratorio (McRae et al., 2006; Villada, Hidalgo, Almela, & Salvador, 2016; Bershad, Miller, & De Wit, 2017). El TSST incluye un periodo de preparación de una presentación oral, un periodo para la ejecución de dicha presentación y uno para el desempeño en un desafío mental de tipo aritmético (sustracciones sucesivas con nivel intermedio de dificultad), todo esto en presencia de una audiencia o jurado; algunos protocolos incluyen una grabación de la sesión, con el fin de incrementar el nivel de estrés psicosocial producido. Cada una de las fases (la preparación, la exposición y la tarea aritmética) tiene una duración de cinco minutos (Lupien et al., 2007; Lupien et al., 2005; McRae et al., 2006).

Existen múltiples variaciones del protocolo de aplicación del TSST, así, Romero-Martínez, Nunes-Costa, Lila, González-Bono, y Moya-Albiol (2014) diseñaron una versión ajustada del TSST para un estudio con población de perpetradores de violencia íntima contra la pareja. La sesión experimental completa tenía una duración

aproximada de 75 minutos, iniciando con un periodo de 15 minutos de descanso con un registro continuo de electroencefalograma, con el fin de establecer la línea de base; posteriormente, se llevó a cabo la etapa preparatoria de la presentación oral, con una duración de 15 minutos; luego, se implementó la etapa de aplicación del estresor, con cinco minutos para la presentación oral, incluyendo un discurso sobre su punto de vista con respecto a la violencia intrafamiliar y sus opiniones sobre la legislación española aplicada a su caso y en general y cinco minutos más para la tarea aritmética; finalmente, se implementó una etapa de recuperación con una duración de 15 minutos. Los hallazgos del estudio indican patrones particulares de respuesta cardiovascular frente al estrés psicosocial por parte de perpetradores de violencia contra su pareja.

Por su parte, Childs, Vicini, y De Wit (2006) diseñaron una versión grupal del protocolo para contrastarlo con la versión original de tareas individuales, con el fin de encontrar estrategias para disminuir los costos para la aplicación del TSST, que suelen ser elevados debido a los requerimientos para su aplicación en términos de tiempo y personal. Se encontró que los niveles de cortisol en saliva y ansiedad reportada incrementaron en ambas condiciones y los sujetos evaluados en grupo presentaron un aumento más pronunciado en su tasa cardiaca.

Estudios más recientes, han implementado el uso de tecnologías emergentes para el uso del protocolo del TSST, como es el caso del estudio piloto conducido por Wallergård, Jönsson, Österberg, Johansson, y Karlson (2011), en el que se diseñó una versión computarizada del TSST, haciendo uso de un sistema inmersivo de realidad virtual. En este caso, la audiencia constaba de un comité evaluador conformado por tres humanos virtuales. Las mediciones efectuadas fueron fisiológicas (electrocardiograma y frecuencia respiratoria) y subjetivas, en ambas se detectó una respuesta de estrés inducida por la versión del TSST en realidad virtual.

El TSST ha demostrado elicitar incrementos significativos en los niveles de cortisol y ACTH en sujetos humanos, superiores a los producidos por el CPT, lo que permite deducir una relación directa de esta tarea con la actividad del eje HPA, por tanto, con los procesos de estrés, y una efectividad superior en la inducción del estrés, en comparación con el CPT (McRae et al., 2006).

Si bien, el TSST ha sido ampliamente utilizado como inductor de estrés en estudios experimentales, también ha recibido fuertes críticas, pues se cuestiona si realmente genera estrés o si la activación producida en el individuo se debe al esfuerzo cognitivo, que implican las tareas que deben ejecutar los sujetos (Lazarus, 1963). Otros autores reportan dificultades metodológicas para el uso del TSST en su versión tradicional, tales como el costo, en términos de tiempo y personal requerido (Childs et al., 2006), y la dificultad para mantener condiciones

experimentales constantes, debido a que la audiencia está conformada por humanos que podrían cambiar la severidad exhibida frente a los diferentes sujetos experimentales, lo que constituye una variable extraña habitual en este protocolo (Wallergård et al., 2011).

Protocolos alternativos para la inducción de estrés

El estudio de los efectos que tienen los estresores psicológicos sobre la fisiología de los individuos en el nivel experimental ha generado resultados variables y una alta inconsistencia, siendo posible solamente en algunos casos obtener los incrementos esperados en niveles de cortisol, lo que hace evidente la necesidad de establecer y delimitar los elementos esenciales que constituyen los contextos capaces de elicitar el incremento en los niveles de cortisol y la respuesta de estrés (Dickerson & Kemeny, 2004).

Teniendo en cuenta las críticas y las dificultades metodológicas identificadas en estos protocolos, que son los más comunes para la inducción de estrés en sujetos humanos, surge la necesidad de diseñar nuevos procedimientos que garanticen la manipulación de la variable, con el debido control y una mayor precisión, de tal manera que la inducción de estrés sea clara y permita obtener hallazgos más concluyentes, en relación con la influencia del estrés sobre la cognición y el comportamiento.

Como resultado de esta búsqueda de protocolos alternativos para la inducción de estrés en sujetos humanos, se han desarrollado diferentes procedimientos, algunos utilizan imágenes, películas, tareas de interferencia, tareas que los individuos deben ejecutar actividades específicas y los más novedosos, tareas que implican el uso de videojuegos, realidad virtual y realidad aumentada.

Protocolos diseñados a partir de la combinación de los procedimientos tradicionales

Socially Evaluated Cold Pressor Test (SECPT)

Este procedimiento resulta de una combinación entre el CPT y el TSST, diseñada para generar de manera simultánea la activación del sistema nervioso simpático y del eje HPA, que producen estos dos protocolos (Schwabe, Haddad, & Schachinger, 2008). Antes de iniciar el experimento, se informa a los participantes que se hará un registro en video de sus expresiones faciales para análisis posteriores, acto seguido, reciben la instrucción de introducir su mano derecha en agua fría (0-4 °C) mientras miran a la cámara y mantienen su mano en el agua el mayor tiempo posible, con una duración máxima de tres minutos, al mismo tiempo que son observados por el experimentador (del sexo opuesto). Este procedimiento ha demostrado generar

un incremento en la tasa cardiaca similar al que induce el CPT y un aumento significativo en los niveles de cortisol en saliva, que solo se observa cuando el sujeto se expone a agua fría (no tibia), lo que sugiere que el efecto sobre el eje HPA depende de la combinación de los estresores físico y social (Schwabe et al., 2008). Aunque este protocolo ha demostrado consistencia en la activación del eje HPA (Schwabe & Wolf, 2010;2011), sus resultados siguen siendo inferiores a los que han sido generados por el TSST (Smeets, 2011). Además de esto, al ser una combinación del CPT y el TSST, aplican para este procedimiento las mismas críticas que para dichos protocolos, así que no es claro si la reacción fisiológica que genera corresponde a estrés o solo es producto del dolor producido por el agua fría; además de esto, la efectividad del componente de evaluación social depende de la vulnerabilidad del participante frente a este tipo de estresor y de las características del experimentador responsable de dicha evaluación. Finalmente, se plantea que la elección de un evaluador específicamente del sexo opuesto para generar estrés no tendría en cuenta aspectos de diversidad de género.

Maastricht Acute Stress Test (MAST)

Este procedimiento consiste también en la combinación de un estresor físico con evaluación social, a partir de la selección de las características más estresantes del TSST y el CPT (Smeets et al., 2012). El protocolo inicia con una fase de preparación de cinco minutos, donde se presentan las instrucciones, seguida de cinco ensayos de SECPT (a temperatura constante de 2 °C) con una duración variable de 60 a 90 segundos; en los intervalos inter-ensayo, los participantes secan sus manos e, inmediatamente, inician una tarea aritmética similar a la utilizada en el TSST, de sustracciones sucesivas, recibiendo una realimentación negativa cada vez que se equivocan; una vez finalizado el intervalo, inician nuevamente un ensayo de SECPT. Este protocolo ha demostrado generar niveles similares de activación simpática e incrementos más significativos de cortisol en saliva, en comparación con el CPT; al compararlo con el TSST, se encuentran niveles equivalentes de activación simpática y de cortisol, lo que lo convierte en un instrumento de efectividad similar al TSST, mucho más sencillo y de corta duración (Smeets et al., 2012).

Una variación de este protocolo (imaging Maastricht Acute Stress Test - iMAST) fue diseñada para llevar a cabo procedimientos de inducción de estrés en el escáner de resonancia magnética funcional (fMRI) (Quaedflieg, Meyer, & Smeets, 2013). En este caso, dado que no es posible utilizar agua fría en la cámara de fMRI, se utiliza un estimulador térmico y la evaluación negativa se hace a través de un sistema de intercomunicación equipado con micrófono y audífonos para permitir la comunicación del participante con los investigadores. Esta variación del procedimiento también ha demostrado

generar incrementos significativos en los niveles de cortisol en saliva y en escalas subjetivas de estrés, lo que la convierte en una alternativa útil para estudios en neurociencias que impliquen la observación de la actividad cerebral localizada, en tiempo real (Quaedflieg et al., 2013). En este caso, también aplicarían las críticas presentadas previamente, relacionadas con la ambigüedad entre los efectos del estrés y del dolor producido por la baja temperatura en la mano y la subjetividad del componente de evaluación social.

Protocolos que involucran la ejecución de tareas específicas

Sing-a-Song-StressTest (SSST)

La tarea de cantar una canción - (SSST por sus siglas en inglés), es un procedimiento que ha sido diseñado para inducir estrés de una manera ética, que no genere efectos negativos duraderos en los sujetos (Brouwer & Hogervorst, 2014). Este protocolo inicia con la selección de un participante y dos “cómplices” (miembros del equipo de investigación) para ingresar a la sala experimental, donde el líder del experimento presenta las instrucciones: uno a la vez debe permanecer sentado frente a un monitor, leyendo los mensajes que allí aparecen (con intervalos inter-ensayo de 60 segundos, consistentes en un conteo regresivo desde 60 en el mismo monitor) mientras es grabado por una cámara de video. Se indica que uno de los mensajes puede contener una tarea que deben efectuar (los participantes no saben que se trata de un experimento para la inducción de estrés ni que implica una tarea de canto). El participante real es el primero en llevar a cabo la tarea, así se expone a una presentación de mensajes neutros con un mensaje final que indica que debe cantar fuerte una canción una vez que el intervalo haya finalizado. Se ha encontrado que las mediciones de tasa cardíaca y conductancia de la piel presentan un incremento significativo después de la tarea de canto, en comparación con los mensajes neutros (Brouwer & Hogervorst, 2014). Si bien, es evidente que este protocolo genera activación simpática, no es claro su papel en la producción de estrés a través de la activación del eje HPA, para lo cual se requiere la medición de cortisol posterior a la ejecución de la tarea. Además de esto, es posible que la activación producida por este protocolo dependa del desempeño de los participantes, así, es posible que una persona que frecuentemente cante en público, o tenga habilidad para el canto, no se vea afectada de igual manera por este tipo de procedimiento.

Montreal Imaging Stress Task (MIST)

La tarea de estrés por imágenes de Montreal – (MIST por sus siglas en inglés) es un protocolo derivado del segmento de desafío mental del Trier Social Stress Test, diseñado para inducir estrés psicológico moderado

(Dedovic et al., 2005). Este procedimiento consiste en una serie de desafíos aritméticos mentales computarizados (con limitación de tiempo y manipulados para estar al límite de la capacidad mental del individuo, complementados con la presentación del promedio de desempeño del individuo y el desempeño esperado), en combinación con componentes de evaluación social. Este protocolo ha demostrado incrementar los niveles de cortisol en saliva de manera significativa, y ha sido útil en los estudios que requieren el uso de técnicas como la resonancia magnética funcional (fMRI) y la tomografía por emisión de positrones (PET). En este caso, el modelo demuestra ser efectivo en la activación del eje HPA, sin embargo, el componente de evaluación social puede generar resultados diferenciales, dependiendo de las características del participante, por su naturaleza subjetiva. Una ventaja importante de este protocolo es su adaptabilidad a los equipos que requieren que escáner como fMRI y PET.

Mannheim Multicomponent Stress Test (MMST)

Este es un protocolo de cinco minutos que ha sido diseñado para elicitare niveles relativamente altos de estrés, a través del uso simultáneo de cuatro diferentes modalidades de estresores (la cognitiva, la emocional, la acústica y la motivacional), sin incluir el componente de evaluación social (Reinhardt, Schmahl, Wüst, & Bohus, 2012). El procedimiento inicia con una línea de base donde se pide a los sujetos que se relajen en un cuarto vacío, posteriormente inician los cinco minutos de inducción de estrés con la presentación, durante un minuto, de un ruido blanco (estresor de modalidad acústica) y fotografías de valencia afectiva negativa (modalidad emocional), algunas de ellas repetidas, pidiendo a los participantes indicar cuáles son las fotografías que aparecen más de una vez; después de cinco fotografías, se presenta una de valencia positiva para evitar efectos de habituación. Una vez que ha sido finalizado el primer minuto de inducción de estrés, inicia la tarea aritmética (modalidad cognitiva), que consiste en una tarea aritmética en la que se presentan números de manera secuencial en una pantalla, frente a lo cual, los participantes deben sumar el número más reciente con el anterior y repetir esta tarea consecutivamente, mientras que en la pantalla siguen apareciendo de fondo las fotografías de valencia negativa y en los audífonos sigue sonando el ruido blanco. Desde el inicio del estudio, se indica a los participantes que recibirán una suma de dinero por su participación en el estudio, que comienza en 100 € e irá disminuyendo cada vez que se cometa un error en la tarea aritmética, lo cual será informado a través de una señal acústica (modalidad motivacional). Este procedimiento ha demostrado generar cambios significativos en la actividad electródérmica de la piel, así como incremento en los niveles de cortisol en saliva, en la tasa cardíaca y en el reporte subjetivo de estrés dado por los participantes. Teniendo en cuenta estos resultados, se considera este protocolo como una

alternativa económica, de corta duración para estudios que busquen evaluar las reacciones de estrés sin el componente de evaluación social (Reinhardt et al., 2012). Si bien, este procedimiento demuestra efectividad en la activación del eje HPA, es posible que participantes con habilidades diferenciales para el desafío cognitivo, desarrollen niveles diferenciales de estrés.

Test de Stroop

El test de Stroop es una tarea de administración individual con una duración promedio de cinco minutos, que consiste en la presentación de láminas en las que aparecen escritas las palabras “ROJO”, “AZUL”, “VERDE” y “AMARILLO”, en diferentes colores que no corresponden al que se expresa en el texto, de tal manera que se genere una interferencia. El participante debe leer el texto, evitando mencionar el color en el que este está escrito. Esta prueba se aplica en diferentes contextos clínicos y experimentales; en el caso del estudio de los efectos del estrés, ha sido utilizado demostrando que produce incrementos en la reactividad de la presión sanguínea (Gianaros et al., 2005). En este caso, aún es necesario demostrar la activación del eje HPA producto de la ejecución de la tarea, por lo que se requieren estudios que midan los niveles de cortisol para este fin. Este es un procedimiento de fácil y económica aplicación que, de demostrar su efectividad en la activación del eje HPA, podría constituir una alternativa útil, especialmente para los estudios con participación masiva de sujetos experimentales.

Protocolos basados en el uso de material audiovisual

Trauma film paradigm

Los procedimientos para la inducción de estrés a partir de material audiovisual surgen de la reflexión hecha inicialmente por Lazarus (1963), quien puso en tela de juicio la pertinencia de los protocolos existentes hasta ese momento para inducir estrés en humanos y planteó la necesidad de utilizar paradigmas alternativos constituidos por simulaciones que lleven al sujeto a estar en contacto con situaciones potencialmente peligrosas sin correr riesgos reales y sin producir efectos colaterales negativos a largo plazo en los sujetos. Los estudios iniciales que utilizaron esta técnica se hicieron con videos documentales de ablaciones hechas en tribus australianas, generando activación emocional medida a través de conductancia de la piel y tasa cardiaca (Lazarus, 1963). Posteriormente, estos procedimientos derivaron en el Trauma film paradigm, modelo de estrés postraumático a través del uso de videos de accidentes de tránsito reales (Holmes, Brewin, & Hennessy, 2004; James et al., 2016). Usualmente, los experimentos que hacen uso de estos protocolos definen como condición de control la exposición a películas

neutras que incluyen escenas naturales, animales salvajes en su hábitat (Kreibig, Wilhelm, Roth, & Gross, 2007) y vida marina con música relajante (Kunze, Arntz, & Kindt, 2015).

Otra ruta que ha tomado este tipo de paradigma, consiste en la inducción de estrés agudo a través la observación de películas de suspenso o terror, generando elevaciones significativas en los niveles de cortisol en contraste con películas de contenido emocionalmente neutro (Hubert & de Jong-Meyer, 1989, 1992; Kirschbaum & Hellhammer, 1989). El trauma film paradigm constituye una alternativa útil para la inducción de estrés, sin exponer a los sujetos a situaciones potencialmente peligrosas, sin embargo, se discuten sus consecuencias a largo plazo, pues la exposición a material audiovisual tan impactante, podría producir efectos emocionales en los participantes, posteriores al término del experimento.

International Affective Picture System (IAPS)

El sistema internacional de fotos afectivas (IAPS, por sus siglas en inglés) es un protocolo ampliamente validado, compuesto por más de mil fotografías a color de situaciones cotidianas que han sido evaluadas y categorizadas en dimensiones afectivas a partir del nivel de control sobre la imagen, el nivel de activación o calma que provoca y su valencia, o nivel de agrado o desagrado que produce la observación de la imagen (Lang, Bradley, & Cuthbert, 2008). Específicamente, como técnica para la inducción de estrés, se utilizan las imágenes que generan el arousal y valencia que corresponden a este tipo de emoción. Este protocolo ha demostrado producir cambios medibles en los tres canales de respuesta emocional: conductual, fisiológico y verbal (Bradley & Lang, 2000) y ha sido validado en diferentes países y ha sido utilizado en un amplio número de estudios experimentales orientados a explorar diferentes estados emocionales (Moltó et al., 2013). Este protocolo ha demostrado una alta efectividad, sin embargo, es necesario identificar su rol en la activación del eje HPA, a través de la medición de los niveles de cortisol posteriores a la exposición a las fotografías. Además de esto, se trata de un procedimiento bastante general en la exploración de emociones, así que su efectividad en la inducción de estrés podría comprobarse en variaciones más específicas del protocolo, orientadas concretamente a estudiar esta emoción.

Set of Fear Inducing Pictures (SFIP)

El conjunto de fotografías inductoras de miedo (SFIP por sus siglas en inglés), consiste en un grupo de 400 fotografías a color, tomadas de diferentes fuentes, divididas en cinco categorías: sangre o inyección, animales pequeños, exposición social, rostros enojados y neutrales (Michałowski et al., 2017). Este procedimiento fue diseñado para estudiar reacciones de miedo y como instrumento para profundizar en el estudio de las

fobias. La efectividad de este procedimiento ha sido probada a través de escalas de auto-reporte, que evalúan la intensidad y valencia de las emociones elicítadas, sin embargo, es necesario medir los niveles de cortisol posteriores a la exposición a las imágenes del protocolo, a fin de identificar la relación de este procedimiento con la activación del eje HPA.

FilmStim

El FilmStim (Schaefer, Nils, Sanchez, & Philippot, 2010) consiste en un conjunto de videoclips tomados de películas famosas, seleccionados y clasificados durante su validación, para elicitar emociones básicas, entre ellas, el miedo. Este método ha demostrado generar activación emocional en 24 criterios de clasificación, tales como el arousal subjetivo, puntajes significativamente superiores en diferentes escalas de medición emocional y patrones oscilatorios diferenciales en electroencefalograma (Gärtner & Bajbouj, 2014). En este caso, aunque el procedimiento ha demostrado generar incrementos en escalas emocionales subjetivas, es necesario obtener mediciones más objetivas de su efectividad como estresor, específicamente, niveles de cortisol y medidas periféricas de activación emocional, a fin de establecer la influencia del protocolo sobre la activación del eje HPA y del sistema nervioso simpático.

Protocolos basados en el uso de tecnologías emergentes

Videojuegos

Estudios más recientes reportan el uso de videojuegos como un eficaz inductor de estrés, añadiendo interactividad para generar una mayor inmersión en la situación estresante. Un protocolo preliminar fue diseñado por Geslin, Bouchard, y Richir (2011), utilizando realidad virtual; el procedimiento, que tiene una duración de ocho a diez minutos, consiste en un viaje virtual a través de callejones oscuros con total libertad de exploración, aunque solo existe un camino disponible, en el que aparecen sucesivamente diferentes elementos inductores de estrés, como un perro con conductas de ataque, una escalinata estrecha, luces intermitentes, una sala de cirugías abandonada, etc. El protocolo mide la respuesta de miedo a través del auto-reporte en un cuestionario de respuesta emocional, encontrando que no se logra la activación emocional esperada en términos generales, sin embargo, los participantes que no se consideran jugadores experimentados presentan activación superior a la experimentada por los jugadores experimentados (Geslin et al., 2011).

Posteriormente, Madsen (2016) implementó un procedimiento basado en el uso de videojuegos de terror, para inducir miedo. En este protocolo, los participantes se enfrentan al video-juego Konami's, P.T. ("Playable Teaser"), caracterizado por pertenecer al género de terror y por tener una perspectiva de primera persona, en la

consola PlayStation 4, transmitido en una pantalla de televisión; los miembros del grupo experimental juegan en la consola, mientras que los del grupo control, observan el juego en un monitor. Los resultados de este estudio demuestran incrementos estadísticamente significativos en registros de actividad electrodérmica, frecuencia respiratoria y tasa cardíaca, así como en el auto-reporte de miedo de los individuos pertenecientes al grupo experimental (Madsen, 2016). Estos procedimientos son innovadores y plantean propuestas útiles para el desarrollo de estudios futuros, sin embargo, requieren una validación más exhaustiva del protocolo, así como la medición de cortisol para establecer la influencia del procedimiento sobre la activación del eje HPA.

Realidad virtual

Annerstedt et al. (2013) diseñaron un procedimiento para la inducción de estrés a través del uso de una aplicación de realidad virtual que simula el TSST, con las correspondientes actividades cognitivas y evaluación social, apoyada en el uso de voces previamente grabadas que son activadas por los experimentadores desde una sala externa. El entorno virtual se presenta a través del uso del sistema CAVE™ con proyecciones en tres de las paredes y el piso y estereoscopia pasiva para generar visión tridimensional. El procedimiento genera incrementos significativos en los niveles de cortisol y en la tasa cardíaca (Annerstedt et al., 2013).

Posteriormente, Breuninger, Sláma, Krämer, Schmitz, y Tuschen-Caffier (2017) diseñaron un protocolo para la inducción de ansiedad, basado en el uso de tecnologías de realidad virtual. El procedimiento comprende cinco condiciones secuenciales, que inician con una línea de base de cinco minutos, donde se muestra un video neutral; un posterior entrenamiento de cinco minutos para que el participante conozca el uso de los controles del equipo de realidad virtual; una fase posterior de contextualización de uno a tres minutos donde se pide a los participantes que se imaginen una situación que proporciona coherencia y realismo a la situación experimental posterior; una fase de inducción de estrés donde los participantes se enfrentan a una aplicación de realidad virtual con múltiples elementos estresores, entre los que se destacan una explosión y la imposibilidad de rescatar a las víctimas, siendo esta la tarea que supuestamente deben ejecutar; la última fase consiste en una relajación en un cuarto oscuro. Los resultados muestran un incremento en la actividad simpática, reflejado en diferencias significativas en la tasa cardíaca y la conductancia de la piel (Breuninger et al., 2017).

Más recientemente, Sabo, Rajčáni y Ritomský (2018) diseñaron un procedimiento para inducir estrés, con el fin de observar sus efectos sobre diversas características del discurso; el procedimiento consiste en exponer a los participantes (sentados) a una aplicación de realidad virtual denominada "NoLimits Roller Coaster Simulation" en el sistema de realidad virtual HTC VIVE,

que corresponde a un recorrido en montaña rusa con duración de 2 minutos, 50 segundos. Los resultados demuestran incremento significativo en la activación fisiológica, medido a través de la tasa cardíaca y la resistencia de la piel, aunque no se encuentran efectos sobre el discurso (Sabo et al., 2018). Dada la novedad de estos procedimientos, relacionada con el desarrollo reciente de las tecnologías que los hacen posibles, los resultados que presentan aún son preliminares y requieren la validación de los protocolos y mediciones de cortisol (en los que aún no ha sido medido), para evaluar su efectividad en la activación del eje HPA. También es necesaria la recolección de un número superior de datos para consolidar la validez de los resultados obtenidos y tener en cuenta los efectos colaterales que puede tener el uso de dispositivos de realidad virtual en personas que sufren de vértigo o que presentan niveles superiores de sensibilidad a este tipo de tecnologías.

Realidad aumentada

Estudios recientes han permitido diseñar procedimientos para la inducción de ansiedad en el contexto del estudio de la efectividad terapéutica de los procedimientos de realidad aumentada para el tratamiento de fobias, que eventualmente podrían generar estrés; es así como Yeh, Li, Zhou, Chiu, y Chen (2018) diseñaron un procedimiento de realidad aumentada que consiste en enfrentar a los participantes a una situación con múltiples estresores como una situación de terror en primera instancia, supuestas fallas intermitentes de los equipos, ruidos alarmantes y una escena final de incendio. Este procedimiento ha demostrado generar un incremento en el nivel de conductancia de la piel y en la tasa cardíaca de los participantes (Yeh et al., 2018). Otros estudios, que han sido conducidos por el mismo grupo de investigación, presentan una variación de este protocolo, haciendo uso de aplicaciones de realidad aumentada con características

claustrofóbicas, que han generado incrementos en la tasa cardíaca de los participantes (Tsai et al., 2018). Los protocolos de realidad aumentada permiten incluir elementos artificiales diseñados para el experimento, en el entorno real del individuo, lo que constituye una ventaja significativa para estos procedimientos, puesto que permiten inducir estrés en contextos más realistas para el individuo. Dado el desarrollo reciente de estas tecnologías, se requiere replicar los estudios, validar los protocolos y establecer su relación con la actividad del eje HPA.

Conclusiones

El estudio del estrés, su naturaleza, mecanismos y efectos sobre la cognición y el comportamiento, constituye un área de gran interés investigativo, tanto para la psicología como para las neurociencias, pues permite explicar una serie de fenómenos frecuentes en los campos clínico, organizacional, educativo, jurídico, deportivo, etc. El estudio experimental de estos fenómenos ha sido fructífero en la investigación comparada, con sujetos no humanos, sin embargo, algunos elementos cognitivos y meta-cognitivos requieren llevar a cabo estudios con sujetos humanos. En este contexto, y conociendo que los estudios experimentales requieren la manipulación de variables, se hace necesario diseñar procedimientos para la inducción de estrés en sujetos humanos que cumplan con los requisitos éticos necesarios para evitar producir efectos a largo plazo en los participantes y producir un nivel moderado de estrés a través de protocolos no invasivos.

De esta manera, los protocolos recopilados en el presente artículo, muestran los resultados de la búsqueda experimental de procedimientos éticos, lo suficientemente efectivos para la generación de estrés en sujetos humanos, como estado del arte que proporcione el soporte teórico, metodológico y argumentativo, necesario para la construcción a futuro de protocolos éticos y efectivos, probablemente basados en el uso de tecnologías.

Emotional activation in human beings: procedures for experimental stress induction

Abstract: The study about the effects of stress on cognition and behavior is an area of special interest and research development for psychology and neurosciences. Stress induction is an essential element for these studies, because it enables the manipulation of this kind of emotional activation as an independent variable to prove its effect over behavior. Nevertheless, this induction must be enough to produce a significant increase in cortisol levels and, at the same time, to achieve the established ethical standards for experiments with human beings. This article aims to provide a general review about emotional activation in order to deepen the procedures used in the experimental induce stress in human beings. The conclusion is that the elaboration of more efficient protocols is required, and the use of simulation and other technologic tools could be very useful.

Keywords: stress, cortisol, emotional activation, cognition, behavior.

Activation émotionnelle chez l'homme: procédures pour l'induction expérimentale du stress

Résumé: L'étude des effets du stress sur la cognition et le comportement est un domaine d'intérêt particulier et de développement de la recherche tant pour la psychologie que pour les neurosciences. L'induction du stress constitue un élément fondamental

de ces études, car elle permet la manipulation de ce mode d'activation émotionnelle en tant que variable indépendante, afin d'observer son effet sur le comportement; cependant, cette induction devrait être suffisante pour provoquer des augmentations significatives des taux de cortisol tout en respectant les normes éthiques établies pour l'expérimentation humaine. Le but de cet article est d'effectuer une revue générale de l'activation émotionnelle afin d'approfondir les procédures utilisées dans l'induction expérimentale du stress chez l'homme. Cet article conclut que la conception de protocoles plus efficaces est nécessaire; à cette fin, l'utilisation de simulations et d'autres outils technologiques peut être très utile.

Mots-clés: stress, cortisol, activation émotionnelle, cognition, comportement.

Ativação emocional em sujeitos humanos: procedimentos para a indução experimental de estresse

Resumo: O estudo dos efeitos do estresse sobre a cognição e o comportamento é uma área de especial interesse e desenvolvimento investigativo tanto para a psicologia como para as neurociências. A introdução de estresse constitui um elemento fundamental nestes estudos, pois permite a manipulação desta forma de ativação emocional como variável independente, para observar o seu efeito sobre o comportamento; porém, esta indução deve ser suficiente para gerar incrementos significativos nos níveis de cortisol e ao mesmo tempo cumprir os padrões éticos estabelecidos para a experimentação com humanos. O presente artigo tem como propósito aportar uma revisão geral sobre a ativação emocional, para aprofundar nos procedimentos utilizados na indução experimental de estresse em sujeitos humanos. Conclui-se que é requerido a elaboração de protocolos mais eficientes, e para tal, o uso de simulações e outras ferramentas tecnológicas pode ser de grande utilidade.

Palavras-chave: estresse, cortisol, ativação emocional, cognição, comportamento.

Referencias

- Annerstedt, M., Jönsson, P., Wallergård, M., Johansson, G., Karlson, B., Grahn, P., . . . Währborg, P. (2013). Inducing physiological stress recovery with sound of nature in a virtual reality forest: Results from a pilot study. *Physiology & Behavior, 13*(118), 240-250.
- Bershad, A., Miller, M., & De Wit, H. (2017). MDMA does not alter responses to the Trier Social Stress Test in humans. *Psychopharmacology, 234*(14), 2159-2166.
- Birnie, K. A., Parker, J. A., & Chambers, C. T. (2016). Relevance of water temperature, apparatus, and age to children's pain during the cold pressor task. *Pain Practice, 16*(1), 46-56.
- Blasco, T., Borrás, X., Rey, M., Bonillo, A., & Fernández, J. (1997). Efectos de un procedimiento de inducción de estados de ánimo sobre el recuerdo de palabras. *Anales de Psicología, 13*(2), 163-175.
- Blascovich, J., & Tomaka, J. (1996). The biopsychosocial model of arousal regulation. *Advances in Experimental Social Psychology, 28*, 1-51.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Measuring emotion: Behavior, feeling and physiology. In R. Lane, & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 242-276). New York: Oxford University Press.
- Breuninger, C., Sláma, D., Krämer, M., Schmitz, J., & Tuschen-Caffier, B. (2017). Psychophysiological reactivity, interoception and emotion regulation in patients with agoraphobia during virtual reality anxiety induction. *Cognitive Therapy & Research, 41*(2), 193-205. Retrieved from <http://bit.ly/2Xwgaj>
- Brouwer, A., & Hogervorst, M. A. (2014). A new paradigm to induce mental stress: the Sing-a-Song Stress Test (SSST). *Frontiers in Neuroscience, 8*(224), 1-8.
- Buser, T., Dreber, A., & Mollerstrom, J. (2017). The impact of stress on tournament entry. *Experimental Economics, 20*(2), 506-530.
- Cahill, L., & Alkire, M. T. (2003). Epinephrine enhancement of human memory consolidation: Interaction with arousal at encoding. *Neurobiology of Learning and Memory, 79*(2), 194-198.
- Cerón, J. M. (2015). *Efectos de la exposición a un estresor o la administración sistémica de corticosterona en dos momentos post-entrenamiento, sobre la consolidación de la memoria espacial en el laberinto circular de Barnes* (Unpublished master's thesis). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Childs, E., Vicini, L. M., & De Wit, H. (2006). Responses to the Trier Social Stress Test (TSST) in single versus grouped participants. *Psychophysiology, 43*(4), 366-371.
- Cutshalla, S. M., Bergstrom, L. R., & Kalish, D. J. (2016). Evaluation of a functional medicine approach to treating fatigue, stress, and digestive issues in women. *Complementary Therapies in Clinical Practice, 23*, 75-81.
- De Kloet, E. R., Oitzl, M. S., & Joels, M. (1999). Stress and cognition: are corticosteroids good or bad guys? *Trends in Neuroscience, 22*(10), 422-426.
- Dedovic, K., Renwick, R., Mahani, N. K., Engert, V., Lupien, S., & Pruessner, J. C. (2005). The Montreal Imaging Stress Task: using functional imaging to investigate

- the effects of perceiving and processing psychosocial stress in the human brain. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 30(5), 319-325.
- Diamond, D. M., Fleshner, M., Ingersoll, N., & Rose, G. M. (1996). Psychological stress impairs spatial working memory: relevance to electrophysiological studies of hippocampal function. *Behavioural Neuroscience*, 110(4), 661-672.
- Dickerson, S., & Kemeny, M. (2004). Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, 130(3), 355-391.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3-4), 169-200.
- Fares, J., Saadeddin, Z., Tabosh, H. A., Aridi, H., Mouhayyar, C. E., Koleilat, M. K., . . . Asmar, K. E. (2016). Extracurricular activities associated with stress and burnout in preclinical medical students. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 6(3), 177-185.
- Feldman, R. (2017). *Psicología*. Ciudad de México: McGraw Hill.
- Gärtner, M., & Bajbouj, M. (2014). Encoding-related EEG oscillations during memory formation are modulated by mood state. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(12), 1934-1941.
- Geslin, E., Bouchard, S., & Richir, S. (2011). Gamers' versus non-gamers' emotional response in virtual reality. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 4(4), 489-493. Retrieved from <http://bit.ly/2XwjsH9>
- Gianaros, P., Derbyshire, S., May, C., Siegle, G., Gamalo, M., & Jennings, R. (2005). Anterior cingulate activity correlates with blood pressure during stress. *Psychophysiology*, 42(6), 627-635.
- Goldfarb, E. V., Froböse, M. I., Cools, R., & Phelps, E. A. (2017). Stress and cognitive flexibility: Cortisol increases are associated with enhanced updating but impaired switching. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(1), 14-24.
- Goldstein, D. S., & McEwen, B. (2002). Allostasis, homeostats, and the nature of stress. *Stress*, 5, 55-58.
- Goldstein, D. S., & Kopin, I. J. (2007). Evolution of concepts of stress. *Stress*, 10(2), 109-120.
- Holmes, E., Brewin, C., & Hennessy, R. (2004). Trauma films, information processing, and intrusive memory development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 3-22.
- Hubert, W., & de Jong-Meyer, R. (1989). Emotional stress and saliva cortisol response. In *The application of saliva in laboratory medicine. Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 27(4), 221-252.
- Hubert, W., & de Jong-Meyer, R., (1992). Saliva cortisol responses to unpleasant film stimuli differ between high and low trait anxious subjects. *Neuropsychobiology*, 25(2), 115-120.
- Izard, C. E. (1991). *The psychology of emotions*. New York: Plenum Press.
- Izard, C. E. (1993). Four systems for emotion activation: Cognitive and noncognitive development. *Psychological Review*, 100(1), 68-90. Retrieved from <http://bit.ly/2K3cjeo>
- James, E., Lau-Zhu, A., Clark, I., Visser, R., Hagenars, M., & Holmes, E. (2016). The trauma film paradigm as an experimental psychopathology model of psychological trauma: intrusive memories and beyond. *Clinical Psychology Review*, 47, 106-142.
- Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M., & Krugers, H. (2006). Learning under stress: how does it work? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 152-158.
- Kirschbaum, C., & Hellhammer, D.H., (1989). Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. *Neuropsychobiology*, 22(3), 150-169.
- Kreibig, S. D., Wilhelm, F. H., Roth, W. T, & Gross, J. J. (2007). Cardiovascular, electrodermal, and respiratory response patterns to fear- and sadness-inducing films. *Psychophysiology*, 44(5), 787-806.
- Kunze, A. E., Arntz, A., & Kindt, M. (2015). Fear conditioning with film clips: a complex associative learning paradigm. *Journal of Behaviour Therapy & Experimental Psychiatry*, 47, 42-50.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2008). *International Affective Picture System (IAPS): affective ratings of pictures and instruction manual* (Technical Report No. A-7). Gainesville: University of Florida.
- Larra, M., Schulz, A., Schilling, T. M., Ferreira de Sá, D. S., Best, D., Kozik, B., & Schächinger, H. (2014). Heart rate response to post-learning stress predicts memory consolidation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 109, 74-81.
- Lazarus, R. S. (1963). A laboratory approach to the dynamics of psychological stress. *Administrative Science Quarterly*, 8(2), 192-213.
- Lazarus, R. S. (1991). Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. *American Psychologist*, 46(8), 819-834.
- Lupien, S. J., & Lepage, M. (2001). Stress, memory, and the hippocampus: can't live with it, can't live without it. *Behavioral Brain Research*, 127(1-2), 137-158.
- Lupien, S. J., & McEwen, B. S. (1997). The acute effects of corticosteroids on cognition: integration of animal and human model studies. *Brain Research Brain Research Reviews*, 24(1), 1-27.
- Lupien, S., Fiocco, A., Wan, N., Maheu, F., Lord, C., Schramek, T., & Thanh Tu, M. (2005). Stress hormones and human memory function across the lifespan. *Psychoneuroendocrinology*, 30(3), 225-242.
- Lupien, S., Maheu, F., Than Tu, M., Fiocco, A., & Schramek, T. E. (2007). The effects of stress and stress hormones on human cognition: implications for the field of brain and cognition. *Brain and Cognition*, 65(3), 209-237.
- Madsen, K. (2016). The differential effects of agency on fear induction using a horror-themed video game. *Computers in Human Behavior*, 56, 142-146.
- Mason, J. W. (1968). A review of psychoendocrine research on the pituitary-adrenal cortical system. *Psychosomatic Medicine*, 30(5), 576-607.

- McCullough, A., Ritchey, M., Ranganath, C., & Yonelinas, A. (2015). Differential effects of stress-induced cortisol responses on recollection and familiarity-based recognition memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, *123*, 1-10.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory: a century of consolidation. *Science*, *287*(5451), 248-251.
- McGaugh, J. L. (2004). The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. *Annual Review of Neuroscience*, *27*, 1-28.
- McRae, A., Saladin, M., Brady, K., Upadhyaya, H., Back, S., & Timmerman, M. (2006). Stress reactivity: biological and subjective responses to the cold pressor and Trier Social stressors. *Human Psychopharmacology*, *21*(6), 377-385.
- Michałowski, J., Drożdżel, D., Matuszewski, J., Koziejowski, W., Jednoróg, K., & Marchewka, A. (2017). The Set of Fear Inducing Pictures (SFIP): development and validation in fearful and nonfearful individuals. *Behavior Research Methods*, *49*(4), 1407-1419.
- Mitchell, L. A., MacDonald, R. A., & Brodie, E. E. (2004). Temperature and the cold pressor test. *The Journal of Pain*, *5*(4), 233-237.
- Moltó, J., Segarra, P., López, R., Esteller, Á., Fonfría, A., Pastor, M. C., & Poy, R. (2013). Adaptación española del "International Affective Picture System" (IAPS): tercera parte. *Anales de Psicología*, *29*(3), 965-984.
- Morris, C. G., & Maisto, A. A. (2014). *Psicología*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Oken, B., Chamine, I., & Wakeland, W. (2015). A systems approach to stress, stressors and resilience in humans. *Behavioural Brain Research*, *282*, 144-154.
- Pruessner, M., Pruessner, J., Hellhammer, D., Piked, B., & Lupien, S. (2007). The associations among hippocampal volume, cortisol reactivity, and memory performance in healthy young men. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *155*(1), 1-10.
- Quaedflieg, C. W. E. M., Meyer, T., & Smeets, T. (2013). The imaging Maastricht Acute Stress Test (iMAST): a neuroimaging compatible psychophysiological stressor. *Psychophysiology*, *50*(8), 758-766.
- Qiu, L., Su, J., Ni, Y., Bai, Y., Zhang, X., Li, X., & Wan, X. (2018). The neural system of metacognition accompanying decision-making in the prefrontal cortex. *PLoS Biology*, *16*(4), 1-27.
- Raio, C. M., Orederu, T. A., Palazzolo, L., Shurick, A. A., & Phelps, E. A. (2013). Cognitive emotion regulation fails the stress test. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(37), 15139-15144.
- Reeve, J. (2010). *Motivación y emoción*. Ciudad de México: McGraw Hill.
- Reinhardt, T., Schmahl, C., Wüst, S., & Bohus, M. (2012). Salivary cortisol, heart rate, electrodermal activity and subjective stress responses to the Mannheim Multicomponent Stress Test (MMST). *Psychiatry Research*, *198*(1), 106-111.
- Romero-Martínez, A., Nunes-Costa, R., Lila, M., González-Bono, E., & Moya-Albiol, L. (2014). Cardiovascular reactivity to a marital conflict version of the Trier social stress test in intimate partner violence perpetrators. *Stress: the International Journal on the Biology of Stress*, *17*(4), 321-327.
- Roosendaal, B. (2002). Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiology of Learning and Memory*, *78*(3), 578-595.
- Roosendaal, B., McEwen, B. S., & Chattarji, S. (2009). Stress, memory and the amygdala. *Nature Reviews: Neuroscience*, *10*(6), 423-433.
- Roosendaal, B., & McGaugh, J. L. (2011). Memory modulation. *Behavioral Neuroscience*, *125*(6), 797-824.
- Rose, R. M. (1980). Endocrine responses to stressful psychological events. *Psychiatric Clinics of North America*, *3*(2), 251-276.
- Sabo, R., Rajčáni, J., & Ritomský, M. (2018). *Designing database of speech under stress using a simulation in virtual reality*. In J. Paralič, P. Sinčák, L. Kovacs, & X.-f. Wang (Eds.), *2018 World Symposium on Digital Intelligence for Systems and Machines* (pp. 321-326). doi: 10.1109/DISA.2018.8490641
- Sapolsky, R. M. (1993). Endocrinology alfresco: psyoendocrine studies of wild baboons. *Recent Progress in Hormone Research*, *48*, 437-468.
- Schaefer, A., Nils, F., Sanchez, X., & Philippot, P. (2010). Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: a new tool for emotion researchers. *Cognition & Emotion*, *24*(7), 1153-1172.
- Scherer, K. R., Schorr, A., & Johnstone, T. (2001). *Appraisal processes in emotion: theory, methods, research*. New York: Oxford University Press.
- Schwabe, L., Haddad, L., & Schachinger, H. (2008). HPA axis activation by a socially evaluated cold pressor test. *Psychoneuroendocrinology*, *33*(6), 890-895.
- Schwabe, L., & Wolf, O. T. (2010). Stress impairs the reconsolidation of autobiographical memories. *Neurobiology of Learning and Memory*, *94*(2), 153-157.
- Schwabe, L., & Wolf, O. T. (2011). Stress increases behavioral resistance to extinction. *Psychoneuroendocrinology*, *36*(9), 1287-1293.
- Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, *138*, 32.
- Smeets, T. (2011). Acute stress impairs memory retrieval independent of time of day. *Psychoneuroendocrinology*, *36*(4), 495-501.
- Smeets, T., Cornelisse, S., Quaedflieg, C. W. E. M., Meyer, T., Jelicic, M., & Merckelbach, H. (2012). Introducing the Maastricht Acute Stress Test (MAST): a quick and non-invasive approach to elicit robust autonomic and glucocorticoid stress responses. *Psychoneuroendocrinology*, *37*(12), 1998-2008.
- Smith, C. A., Haynes, K. N., Lazarus, R. S., & Pope, L. K. (1993). In search of the "hot" cognitions: attributions,

- appraisals, and their relation to emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65(5), 916-929.
- Southwick, S. M., Davis, M., Horner, B., Cahill, L., Morgan, C. A., Gold, P. E., . . . Charney, D. C. (2002). Relationship of enhanced norepinephrine activity during memory consolidation to enhanced long-term memory in humans. *The American Journal of Psychiatry*, 159(8), 1420-1422.
- Tsai, C., Yeh, S., Huang, Y., Wu, Z., Cui, J., & Zheng, L. (2018). The effect of augmented reality and virtual reality on inducing anxiety for exposure therapy: a comparison using heart rate variability. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018, 1-8.
- Upadyaya, K., Vartiainen, M., & Salmela-Aro, K. (2016). From job demands and resources to work engagement, burnout, life satisfaction, depressive symptoms, and occupational health. *Burnout Research*, 3(4), 101-108.
- Urueña, G. (2016). *Efectos del estrés agudo en la consolidación de la memoria espacial y la acetilación de la histona 3 en el cerebro* (Unpublished master's thesis). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Väänänen, A., Anttila, E., Turtiainen, J., & Varje, P. (2012). Formulation of work stress in 1960-2000: analysis of scientific works from the perspective of historical sociology. *Social Science & Medicine*, 75(5), 784-794.
- Villada, C., Hidalgo, V., Almela, M., & Salvador, A. (2016). Individual differences in the psychobiological response to psychosocial stress (Trier Social Stress Test): the relevance of trait anxiety and coping styles. *Stress & Health*, 32(2), 90-99.
- Wallergård, M., Jönsson, P., Österberg, K., Johansson, G., & Karlson, B. (2011). A virtual reality version of the Trier Social Stress Test: A pilot study. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 20(4), 325-336.
- Yeh, S., Li, Y., Zhou, C., Chiu, P., & Chen, J. (2018). Effects of virtual reality and augmented reality on induced anxiety. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(7), 1345-1351.

Recibido: 08/04/2019

Aprobado: 30/4/2019