

Evaluación de las manifestaciones autonómicas asociadas a la aplicación de una prueba auditivo-visual de memoria emocional en humanos*

Evaluation of Autosomic Displays Associated to the Application of an Auditory-Visual Emotional Memory Test in Humans

Recibido: febrero 14 de 2007 | Revisado: octubre 26 de 2007 | Aceptado: diciembre 10 de 2007

CARLOS ARTURO CONDE COTES**
EDWARD LEONEL PRADA SARMIENTO,
LÍA MARGARITA MARTÍNEZ GARRIDO,
SILVIA BOTELHO DE OLIVEIRA***
CARLOS ALBERTO BECERRA TOMAZ****

Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia.

Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia.

Laboratorio de Neurociencias y Comportamiento. Instituto de Biología, Universidad de Brasilia, DF, Brasil

ABSTRACT

In order to contribute to the characterization of people's arousal state when exposed to an audio-visual emotional memory test, 63 volunteers aged from 18 up to 48 years old were distributed randomly in two groups according to the test stories' narrated versions (Emotional or Neutral). The mnemonic performance, the emotional value, and in parallel to the sessions, the skin's electrical conductance (SCL) and pulse's frequency (FP) were evaluated. Altogether, these results verified an enhancer mnemonic effect induced by the emotional version associated to sympathetic activation and parasympathetic inhibition both in acquisition and recovery. It is therefore concluded that the arousal perception is coherent with the induced physiological state.

Key words authors:

Memory, emotions, stories, autonomic nervous system, conductance skin level, frequency of pulse, physiological manifestations.

Key words plus:

Memory, emotions, neurobehavioral Manifestations, Nervous system, autonomic

RESUMEN

Con el fin de contribuir a la caracterización fisiológica del estado de alerta de personas expuestas a una prueba de memoria emocional auditivo-visual, se estudiaron 63 voluntarios, entre 18 y 48 años de edad, distribuidos aleatoriamente en dos grupos de acuerdo con las versiones narradas de las historias de la prueba (emocional o neutra). Se evaluó el desempeño mnemónico, la atribución del valor emocional y se registraron, en paralelo a las sesiones, la conductancia eléctrica de la piel (SCL) y la frecuencia de pulso (FP). En conjunto, los resultados verificaron el efecto de potenciación mnemónica inducida por la versión emocional asociada a activación simpática e inhibición parasimpática, tanto en adquisición como en evocación. Por lo tanto, se concluye que la percepción de alerta es coherente con el cuadro fisiológico inducido.

Palabras clave autores:

Memoria, emociones, historias, sistema nervioso autónomo, conductancia de la piel, frecuencia de pulso, manifestaciones fisiológicas.

Palabras clave descriptores:

Memoria, emociones, manifestaciones neurocomportamentales, sistema nervioso autónomo

* Los autores agradecen al Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "COLCIENCIAS", proyecto # 1210-04-13002 por el apoyo logístico y el soporte financiero ofrecidos. Igualmente, a las universidades Pontificia Bolivariana e Industrial de Santander, Colombia, y a la Universidad de Brasilia, DF, Brasil, por su apoyo científico, asistencia y conducción del presente proyecto de investigación.

** Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Salud, Laboratorio de Neurociencias y Comportamiento, Universidad Industrial de Santander. A.A. 678, Bucaramanga, Colombia. Correo electrónico: cconde@uis.edu.co

*** Grupo de Neurociencias y Comportamiento UIS-UPB (NYC), Bucaramanga, Colombia.

**** Laboratorio de Neurociencias y Comportamiento, Facultad de Psicología, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia.

La respuesta emocional puede considerarse como un atributo de los procesos mnemónicos (Kesner, 1992), y se dificulta sustancialmente la disociación entre la experiencia cognitiva y la vivencia emocional concomitante. En esta dirección, la memoria emocional ha de considerarse como el resultado de la adquisición, almacenamiento y evocación de la activación emocional producida durante una determinada experiencia (Cahill, 1999; Cahill & McGaugh, 1995, 1998; Santiago de Torres, Tornay & Gómez, 1999).

Particularmente, a las emociones se les ha reconocido como estados perceptivos, manifestados, de placer o displacer, acompañados de valoración cognitiva y respuestas orgánicas funcionales generalmente medibles (Aguado, 2002; Bloch, 1989; Brandão, 2001; Caccioppo & Gardner, 1999; Collet, Vernet-Maury, Delhomme & Dittmar, 1997; Ekman, Levenson & Friesen, 1983; Lang, 1995; Lang & Phoebe, 1994; Levenson, Ekman & Friesen, 1990; Mulder, 1973; Schwartz, Weinberger & Singer, 1984). Las respuestas fisiológicas suelen estar asociadas a un balance de activación de los subsistemas parasimpático y simpático dentro del sistema nervioso autónomo, dando como resultado estados adaptativos, o no, que preparan el organismo para responder a una determinada vivencia (Cahill, 1999; Cahill & McGaugh, 1995, 1998; Collet et al., 1997; Iversen, Iversen & Saper, 2004; LeDoux, 1992, 1993, 1998; Navarro, 2002; Randall, 2004).

En general, situaciones emocionales que implican amenaza real o potencial, inducen manifestaciones autonómicas que pueden ser el resultado del aumento en la activación simpática y/o disminución de la activación parasimpática. Algunas de estas manifestaciones se evidencian en cambios en la frecuencia de pulso, presión arterial, ventilación pulmonar, sudoración, sequedad en la boca y tensión de ciertos grupos musculares entre otras (Cahill & McGaugh, 1995, 1998; Collet et al., 1997; Iversen et al., 2004, LeDoux, 1992, 1993; McGaugh et al., 1993; Navarro, 2002; Randall, 2004). Estudios relacionados con

la evaluación de las respuestas fisiológicas asociadas a la memoria emocional han mostrado evidencias de la influencia de la activación emocional sobre la retención de la información en un sistema de memoria a largo plazo, donde, además de este fenómeno de recuerdo, subyace un cambio del estado de activación fisiológica causado por la experiencia vivida (Bradley, Lang & Cuthbert, 1993; Burke, Heuer & Reisberg, 1992; Cahill, 1999; Cahill & McGaugh, 1995, 1998; Heuer & Reisberg, 1990; Lang, 1995; McGaugh, 1990, 2000; Phelps, LaBar & Spencer, 1997).

Cuando las características de los estímulos han sido catalogadas como "alertadoras" del evento presentado, con frecuencia se asocian a un mejor recuerdo, no sólo con una mayor claridad, sino también con mayor detalle (Bohannon, 1988; Brown & Kulik, 1977; Christianson & Loftus, 1990; Eysenck, 1976; Mehrabian, 1977a, 1977b; Melzter, 1930; Pillemer, 1984; Reisberg, Heuer, McLean & O'Shaughnessy, 1988; Rubin & Kozin, 1984; White, 1989; Yuille & Cutshall, 1986).

Es evidente que tales características pueden generar una respuesta emocional que varía según su valoración (positiva o negativa) y su propiedad (emocional o neutra), produciendo en algunos casos la retención mnemónica (Bartlett, 1932; Belbin, 1950; Blaney, 1986; Clifford & Scott, 1978; Lang, 1995), y en otros casos la disminución u olvido (Clifford & Hollin, 1981; Deffenbacher, 1983; Markowitsch et al., 1998).

Trabajos relativamente recientes han utilizado como estímulos algunas fotos impactantes y neutras (Cahill, 1999; Taylor et al., 1998), expresiones faciales emotivas (Adolphs et al., 1999; Morris et al., 1998) o películas cortas con contenidos emocionales opuestos (Cahill et al., 1996; Lane, Reiman, Ahern, Schwartz & Davidson, 1997). En ese contexto, Cahill & McGaugh (1995), utilizando una prueba auditivo visual, presentaron historias con alertamiento emocional, demostrando un incremento de la memoria declarativa inducida especialmente por los contenidos alertadores presentes en tales historias.

Investigaciones más recientes han implementado adaptaciones de este último protocolo a contextos socioculturales y demográficos diferentes (Brasil, Italia, Colombia) reproduciendo los resultados de potenciación mnemónica inducida por los contenidos emocionales de la prueba (Botelho, Martínez, Conde, Prada & Tomaz, 2004; Burke et al., 1992; Frank & Tomaz, 2000; Heuer & Reisberg, 1990).

Considerando que esta prueba se propone como una herramienta para la evaluación de la memoria emocional y potenciadora de la memoria a través de la inducción de alertamiento emocional, es de interés obtener más evidencias asociadas a las respuestas fisiológicas que den soporte al conocimiento sobre el nivel y las características del llamado alertamiento emocional bajo las condiciones de la prueba. Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio estuvo dirigido a aportar a la caracterización de la respuesta autonómica evidenciada por los cambios en la conductancia eléctrica de la piel y los cambios de la frecuencia de pulso en voluntarios expuestos a cada una de las versiones (emocional o neutra), y durante las sesiones de adquisición y de evocación de la prueba auditivo-visual.

Método

El presente es un estudio experimental con distribución aleatoria simple de participantes a los dos tratamientos de la prueba (versiones emocional y neutra).

Participantes

Cumpliendo con los criterios éticos de experimentación con humanos, según la resolución 008430 de 1993, del Ministerio de Salud de la República de Colombia (1993), se clasificó tal investigación como estudio de riesgo mínimo, y contó con la aprobación del comité de ética para proyectos de investigación de la Universidad Industrial de Santander. De los voluntarios entrevistados se excluyeron quienes presentaran antecedentes de patología neurológica o antece-

denes toxicológicos, mujeres embarazadas, y los participantes con algún tipo de dificultad a nivel auditivo o visual no corregida. También fueron excluidos todos aquellos que, por algún motivo técnico, presentaron defecto en el momento de obtener los registros fisiológicos. Finalmente, no fueron considerados los registros de aquellos que de manera voluntaria decidieron retirarse del estudio. A todos se les informó, 24 horas previas a la evaluación, que no debían consumir ningún tipo de bebida alcohólica, café o té. Los horarios de evaluación estuvieron entre la 8 h y las 18 h. La muestra final estuvo conformada por 63 voluntarios de la comunidad universitaria, procedentes de diferentes programas académicos y de diferentes áreas administrativas, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos: grupo neutro (N) ($n=30$), con edad promedio de 24.38 ± 7.86 años y grupo emocional (E) ($n=33$) con edad promedio de 24.35 ± 7.55 . De los 63 participantes que asistieron a las dos sesiones de la prueba, por defectos técnicos, se descartaron los registros fisiológicos de dos participantes del grupo emocional y uno del grupo neutro.

Materiales

Prueba auditivo-visual

a) Material visual (diapositivas): Material fotográfico, conformado por once diapositivas en color identificadas por su orden de presentación de acuerdo con los protocolos originales de Cahill & McGaugh (1995), Heuer & Reisber (1990) y Frank & Tomaz (2000), con las adaptaciones al contexto colombiano, según los criterios de Botelho et al. (2004). Estas once diapositivas fueron las mismas, tanto para el grupo “neutro” como para el grupo “emocional”. b) Material auditivo (historias narradas): Cada diapositiva estuvo acompañada por un fragmento de narración cuyo contenido estaba relacionado con la imagen presentada, según la versión en español adaptada por Botelho et al. (2004). Se cumplió con los criterios de presentación tenidos en cuenta en trabajos originales, como los de Cahill & McGaugh (1995), Heuer & Reisber (1990)

y Frank & Tomaz (2000), en los que la historia narrada permite dividir la prueba en tres fases, la fase 1 asociada a las diapositivas 1 a 4; la fase 2 asociada a las diapositivas 5 a 8, y que difiere para las versiones “neutra” y “emocional”, siendo estos contenidos los que inducirían un nivel diferente de alertamiento; y la fase 3 asociada a los contenidos de las diapositivas 9 a 11. c) Escala de emocionalidad: En ésta, el participante asigna una calificación entre cero (mínimo) a diez (máximo), de acuerdo con su propia percepción emocional. d) Evaluación de la memoria: Se evaluó mediante dos instrumentos, uno, el recuerdo libre narrado por cada participante a los diez días de haber presentado la historia; otro, un cuestionario con 65 preguntas de selección múltiple. La calificación del recuerdo libre se realizó dividiendo la narración de acuerdo con los criterios de contenido y de estructura formulados en el protocolo de Botelho et al. (2004).

Equipo de registro fisiológico

Fue utilizado un equipo Physio Recorder® (Standard Type) de la empresa Lafayette Instrument, modelo 73000. Dentro de los dispositivos utilizados estuvieron: a) El cable de electrodos bipolar, con un área activa de medición de 0.79 cm² con adhesivos de Ag/AgCl, y aplicando un voltaje de 0.5 V. Los electrodos fueron colocados en la palma de la mano no dominante del participante. Las unidades de medida generadas en los registros estuvieron expresadas en $\mu S/Cm^2$. b) Sensor infrarrojo de pulso, de tipo “pinza”, colocado en el dedo índice de la mano no dominante.

Procedimiento

Los participantes pertenecientes a los grupos “E” ó “N” presenciaron, durante la primera sesión de la prueba, las versiones de las historias correspondientes a su grupo. Las instrucciones siguieron el protocolo presentado por Botelho et al. (2004). Una vez el participante ingresó a la primera sesión, fue conectado al physiorecorder durante 10 minutos en reposo. Los siguientes 30 segundos fueron considerados como registro basal para

luego comenzar la presentación de los contenidos auditivo-visuales. El equipo de proyección se sincronizó con el de registro de manera coincidente con cada cambio de diapositiva (cada 10 segundos). El physiorecorder incluyó automáticamente una marca en los registros fisiológicos, lo cual permitió, posteriormente, el análisis por cada segmento de la prueba.

Para la proyección de las fotografías se utilizó un computador acoplado a un video beam, marca Panasonic®, modelo PT-LC55U, con luminosidad de 1.200 ansilúmenes, ubicado a aproximadamente tres metros del participante.

Una vez finalizada la presentación de la historia y de forma continua, se pidió al participante asignar un puntaje de emocionalidad a la misma y se llevó a cabo una marca manual en el registro en el momento exacto de su valoración. El registro se mantenía por tres minutos más, durante los cuales el participante permanecía conectado a los dispositivos pero en reposo, considerando esta etapa como periodo final de recuperación. Los segmentos en los que se dividió la primera sesión fueron: basal (Bas), presentación de las once diapositivas (D1 a D11), instrucciones sobre la escala de valor emocional (IVE), atribución del valor emocional (VE) y tres minutos de recuperación (M1 a M3).

Diez días después, en la segunda sesión, a cada participante se le pidió recordar libremente el mayor número de detalles de la historia, llevando a cabo un registro fisiológico durante esta evocación. Seguidamente, se pedía responder un cuestionario de reconocimiento de selección múltiple relacionado con la historia en mención. El evaluador encargado del physiorecorder incluyó manualmente marcas en el registro indicando los segmentos de esta segunda sesión. Finalmente, se mantuvo un registro por tres minutos adicionales, considerando un nuevo periodo de recuperación. En consecuencia, los segmentos de registros fisiológicos analizados en la segunda sesión fueron: basal (Bas), instrucciones sobre el recuerdo libre (IRL), recuerdo libre (RL), instrucciones sobre el cuestionario (IC), respuestas a las preguntas

de las fases 1 a 3 de la prueba (F1 a F3) y los tres minutos de recuperación (M1 a M3).

Análisis numérico y definición de variables fisiológicas

Índices de actividad autonómica

Considerando que la conductancia eléctrica de la piel (SCL) es producto de la sudoración y que ésta es resultado de la activación simpática (aunque colinérgica), y no presenta inervación parasimpática importante, se construyó un índice que indicara la evolución de los máximos de la activación simpática durante la prueba, pero con respecto al promedio basal del propio sujeto. Esto es, un cociente entre el máximo valor de SCL (en una fase determinada de la prueba) sobre el promedio de SCL en condiciones basales ($IS = \text{SCL máxima del periodo} / \text{SCL promedio basal}$).

Se construyó un índice de la FP con respecto a la actividad promedio basal semejante al construido con SCL. Esto es, un cociente entre la máxima frecuencia de pulso de un determinado periodo de la prueba sobre la FP promedio basal ($IFP = \text{FP máxima per} / \text{FP prom. bas}$).

Con el fin de estimar la variación de los estados de activación máxima y los estados de activación mínima en cada fase de la prueba, se implementaron los siguientes índices:

Para SCL: $(\text{SCL máxima del periodo} - \text{SCL máxima del basal}) / \text{SCL máxima del basal}$.

Para FP: $(\text{FP máxima del periodo} - \text{FP máxima del basal}) / \text{FP máxima del basal}$.

Para SCL: $(\text{SCL mínima del periodo} - \text{SCL mínima del basal}) / \text{SCL mínima del basal}$.

Para FP: $(\text{FP mínima del periodo} - \text{FP máxima del basal}) / \text{FP mínima del basal}$.

El índice de variabilidad de la frecuencia de pulso (IVFP) involucró el rango en que oscila la FP con relación al promedio de la FP basal ($\text{IVFP} = (\text{FP máxima} - \text{FP mínima}) \times 100 / \text{Promedio de FP basal}$). Uno idéntico se implementó como índice de variabilidad del SCL (IVSCL).

Análisis estadístico

A fin de realizar comparaciones entre dos grupos de una misma variable se utilizó la prueba *t* para muestras independientes. Cuando se involucraron más de dos grupos y se evaluó la influencia de más de un factor sobre una variable, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores. Cuando el ANOVA detectó diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples corregidas con la prueba de Bonferroni. Para el análisis de correlación entre los índices simpático y de frecuencia de pulso, se utilizó una regresión lineal. En todos los casos el nivel de significancia se fijó en 0.05. Para la evaluación de la capacidad de discriminación de una variable fisiológica con respecto a las versiones N y E, se utilizó el análisis ROC (Receiver Operating Characteristic) (Hanley & McNeil, 1982).

Resultados

Desempeño en parámetros psicológicos

En conjunto, los resultados descritos a continuación indican que los participantes expuestos a la versión emocional percibieron un mayor alertamiento emocional y un mejor desempeño en las evaluaciones mnemónicas, reproduciendo resultados anteriores obtenidos con esta misma prueba. Estas afirmaciones se respaldan con los siguientes resultados.

Una prueba *t* para muestras independientes fue utilizada para la comparación de los valores de emocionalidad atribuidos por los participantes de los grupos N y E, encontrando que los del grupo emocional atribuyeron mayor puntaje que los del grupo neutro.

Un ANOVA de dos factores (fase de la prueba y grupo de participantes) sobre el puntaje de aciertos en recuerdo libre mostró diferencias atribuibles a cada uno de los factores y, adicionalmente, interacciones significativas entre ambos. Las comparaciones múltiples indicaron, entre otras cosas, que el grupo E presentó un mayor puntaje que el grupo N, y que dentro de la fase 2,

el grupo emocional presentó una mayor puntuación que el grupo neutro.

El mismo tipo de análisis (ANOVA de dos factores) sobre los porcentajes de aciertos obtenidos en el cuestionario de reconocimiento indicó que: hubo diferencias atribuibles al factor fase de la prueba y al factor grupo. Adicionalmente, hubo interacciones significativas entre los dos. Las comparaciones múltiples indicaron que hubo mayor porcentaje de aciertos en el grupo E que en el N y, de manera general, hubo mayor porcentaje de aciertos en la fase 1 que en la 3; y dentro de la fase 2 hubo mayor porcentaje de aciertos por parte del grupo E que del grupo N. Dentro de las fases 1 y 3 no hubo diferencias entre los grupos emocional y neutro.

Con el fin de evaluar cuál de las variables antes mencionadas permitía una mejor discriminación entre los grupos E y N, se utilizó el análisis derivado de curvas ROC para cada caso, indicando que el mejor parámetro de discriminación fue el obtenido por el porcentaje de aciertos en

el cuestionario de reconocimiento, analizando exclusivamente las respuestas a las preguntas de la fase 2 de la prueba. Con este procedimiento se obtuvo, además, el mejor punto de corte del porcentaje de aciertos que discriminara los dos grupos dando como resultado un valor de 48% en los aciertos (Tabla 1).

Resultados de variables fisiológicas durante la primera sesión

Con el fin de ponderar el impacto de las variaciones de la actividad simpática sobre la FP durante la prueba, se realizó un análisis de regresión con los índices IS e IFP derivados de la presentación de las historias. Se obtuvieron los índices en cada fase de la prueba para cada sujeto y luego un promedio de los mismos para cada fase de presentación de diapositivas y cada grupo (neutro y emocional). Se esperaba que el IS guardara algún tipo de relación monotónica creciente con el equivalente en cambio de la FP (Figura 1).

TABLA 1

Resumen de los resultados del análisis obtenido por la curva Receiver Operating Characteristics

| | |
|--|-------------|
| ROC | 0.771717172 |
| Valor de corte con mejor n de clasificados | 48 |
| Máx. % de sujetos bien clasificados | 73.02 |
| % Correctos positivos | 75.76 |
| % Correctos negativos | 70.00 |
| Mejores valores de predicción | |
| Valor Predictivo Positivo | 0.735294118 |
| Valor Predictivo Negativo | 0.724137931 |
| Sensibilidad | 0.757575758 |
| Especificidad | 0.7 |
| Total casos examinados | 63 |

Notas. * Incluye el índice ROC (0.77), el mejor valor de corte del porcentaje de aciertos, el porcentaje de participantes bien clasificados de acuerdo con el corte, los valores de sensibilidad (S), especificidad (E) y valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) obtenidos con este corte

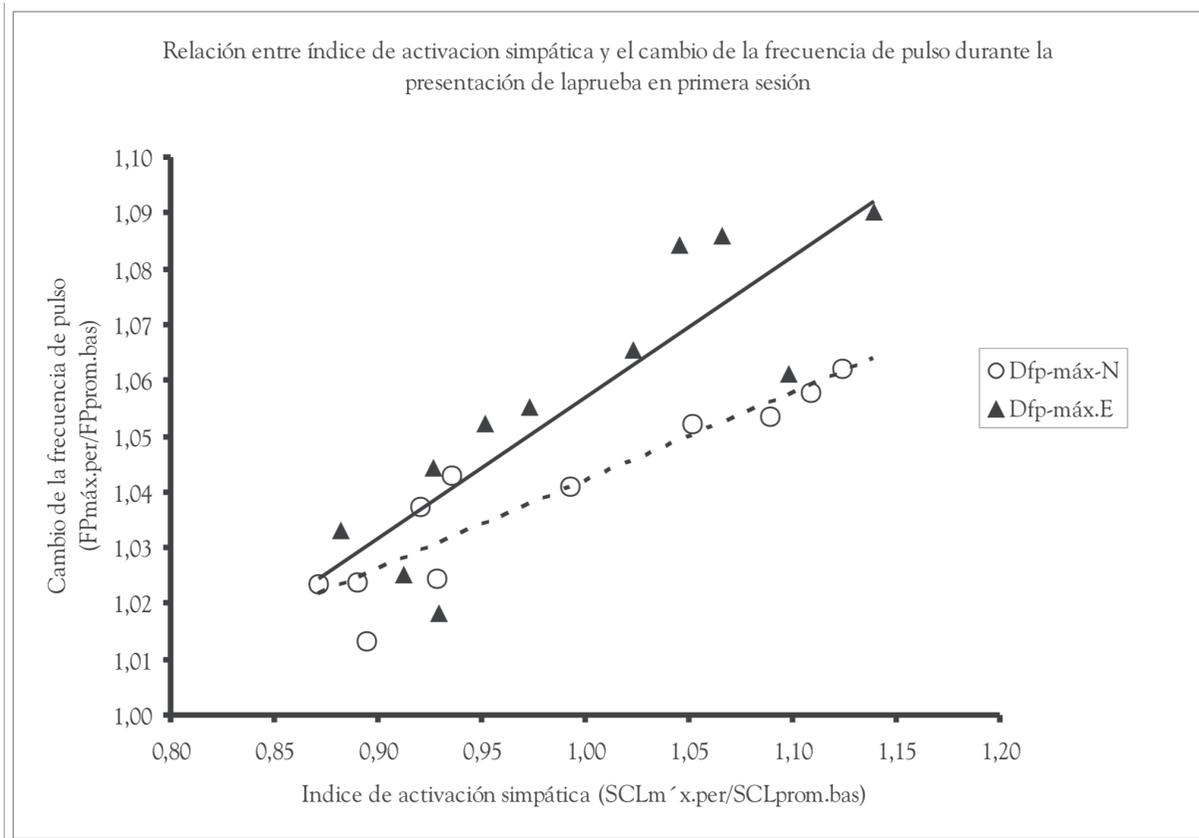


FIGURA 1.

Correlación entre los índices de variación de la actividad simpática y de variación en la frecuencia de pulso, tanto para el grupo expuesto a la versión emocional (línea continua) como para los expuestos a la versión neutra (línea discontinua) durante las fases de exposición a las historias.

Los resultados de la regresión lineal mostraron ajustes significativos para los dos grupos evaluados así: para el grupo neutro, $r = 0.937$, $F = 64.24$, $p < 0.001$; el error del estimado es 0.006, t para la constante = 39.77, $p < 0.001$; t para la pendiente = 8.015, $p < 0.001$. Para el grupo emocional, $r = 0.864$, $F = 26.59$, $p < 0.001$; el error del estimado es 0.014; t para la constante = 17.76, $p < 0.001$, t para la pendiente 5.15, $p < 0.001$.

De acuerdo con los ajustes obtenidos, las ecuaciones para los dos grupos de datos fueron:

$$\text{Neutro: } IFP = 0.863 + 0.176 \times ISCL$$

$$\text{Emocional: } IFP = 0.783 + 0.273 \times ISCL$$

Este tipo de correlación no fue significativa cuando se utilizaron los puntos derivados del periodo basal, los registrados durante la asignación de valor emocional o los derivados de los minutos de recuperación.

Variación de los máximos y mínimos de FP durante la primera sesión

Durante la primera sesión, un ANOVA de dos factores (versión y fase) sobre el cambio de los máximos de la FP mostró diferencias significativas atribuibles al factor "versión" ($F_{1,1081} = 6.533$), y al factor "fase" ($F_{16,1081} = 15.77$). Una prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples indicó que los cambios de los máximos en los participantes expuestos a la versión emocional fueron mayores que los presentados en los expuestos a la versión neutra. Dentro del factor fase, las comparaciones múltiples mostraron que: en general, el cambio de la frecuencia máxima de pulso durante la presentación de todas las diapositivas fue significativamente menor que cero (cambio basal), y menor que las fases de valor emocional y el primer minuto de recuperación. Adicionalmente, en

los minutos 2 y 3 no se difiere significativamente del valor basal.

Utilizando el mismo análisis de varianza de dos factores (versión y fase) sobre el cambio de los mínimos de la frecuencia de pulso, se encontró diferencias significativas atribuibles al factor “fase” ($F_{16,1081} = 9.29$). Las comparaciones múltiples indicaron que todas las fases fueron superiores al periodo basal, esto es, hubo un incremento sistemático de la frecuencia mínima de pulso durante la aplicación de la prueba, la fase de asignación del valor emocional y los tres minutos posteriores de recuperación. Además, durante la asignación del valor emocional, el incremento de la frecuencia mínima de pulso fue superior a los incrementos registrados durante la presentación de las diapositivas (y narración) 6 a 11, igualmente mayores que el aumento evaluado durante los tres minutos de recuperación. Estos cambios en la frecuencia mínima de pulso fueron más estables que los cambios de las frecuencias máximas de pulso. Esto se puede afirmar porque no hubo diferencia significativa entre el cambio de la FP máx., y su respectivo basal a los tres minutos de recuperación, mientras que en ese periodo aún se mantuvieron elevados los valores mínimos de esta variable (Figura 2).

Para todos los casos, hubo una clara tendencia a recuperar los valores basales a los tres minutos de recuperación.

Variación de los máximos y los mínimos de SCL durante la primera sesión

Para la evaluación del cambio de los máximos de SCL, en la primera sesión se realizaron ANOVAS de dos factores semejantes a los utilizados con frecuencia de pulso, esto es, los factores fueron “versión” (emocional o neutra) y “fases” de la primera sesión sobre el cambio de los máximos, por un lado, y luego sobre el cambio de los mínimos.

Cuando se realizó sobre el cambio de los máximos de SCL, se encontró diferencias significativas atribuibles a ambos factores: el factor “versión” ($F_{1,979} = 4.54$) y el factor “fase” ($F_{16,979}$

$= 20.31$); no se encontraron interacciones significativas entre factores. Comparaciones múltiples mostraron que el valor de este índice es significativamente mayor para los participantes expuestos a la versión emocional que el de los expuestos a la versión neutra. Esto es, la magnitud de la disminución de los máximos de SCL es menor para los expuestos a la versión emocional que la magnitud de la disminución de los expuestos a la versión neutra. La disminución de los máximos durante la presentación de la prueba es revertida durante la fase de asignación del valor emocional, fase durante la cual los índices fueron significativamente mayores que los obtenidos durante la presentación. Este relativo incremento se mantuvo hasta el segundo minuto de recuperación y ya no difiere del basal al tercer minuto de recuperación. El mayor descenso de los máximos con relación al basal se apreció durante la presentación de las diapositivas 8 a 11 (Figura 3).

El mismo análisis sobre el cambio de los mínimos de SCL no mostró diferencias atribuibles al factor “versión” ni interacciones significativas entre factor y fase; solamente diferencias atribuibles al factor “fase” ($F_{16,979} = 7.79$, $p < 0.001$). El análisis de Bonferroni ($p < 0.05$) para comparaciones múltiples mostró una clara tendencia a la disminución durante la presentación auditivo-visual con una reversión del proceso durante la fase de asignación del valor emocional. Este incremento es significativo comparado con los niveles basales y con los índices obtenidos desde la diapositiva 4 a la 11. Este incremento se mantiene hasta el segundo minuto de recuperación, y estos valores son superiores a los presentados durante la exposición de las diapositivas 6 a 11.

El mismo análisis sobre el cambio de los mínimos de SCL solamente mostró diferencias atribuibles al factor “fase” ($F_{16,979} = 7.79$). El análisis de comparaciones múltiples mostró una clara tendencia a la disminución durante la presentación auditivo-visual, con una reversión del proceso durante la fase de asignación del valor emocional. Este incremento es significativo com-

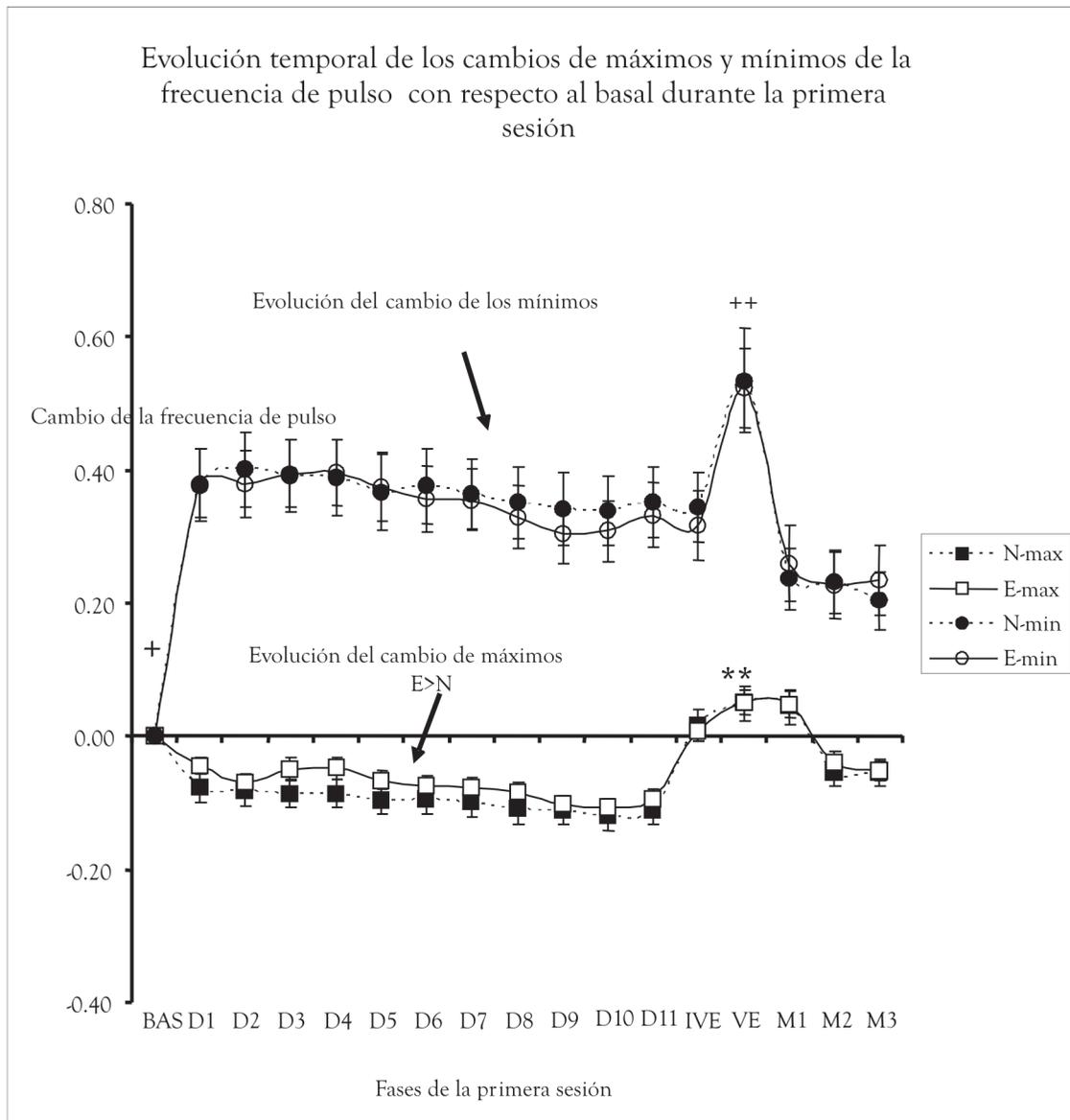


FIGURA 2. Promedios \pm EE del cambio en los valores mínimos de frecuencia de pulso (círculos abiertos para versión emocional y círculos cerrados para versión neutra) y del cambio de las frecuencias máximas de pulso (cuadrados abiertos para versión emocional y cerrados para versión neutra) en cada fase con respecto a los mínimos y máximos del periodo basal. Un ANOVA de dos factores (versión y fase de primera sesión) seguido por Bonferroni indicó que la versión de los valores del cambio de los máximos de pulso para la versión emocional son significativamente mayores que los obtenidos en los participantes de la versión neutra. * Todos los valores de las fases de presentación de diapositivas (D2 a D11) son menores ($p < 0.05$) que cero (cambio basal), menores que la fase del valor emocional y menores que los obtenidos en el primer minuto de recuperación. ** Mayor que las fases M1 a M3. + Basal (cero) menor que todos los valores de los mínimos en todas las fases de la prueba. ++ Mínimos de valor emocional mayor que fases D6 a D11 y M1 a M3.

parado con los niveles basales y con los índices obtenidos desde la diapositiva 4 a la 11, incremento que se mantuvo hasta el segundo minuto de recuperación, siendo estos valores superiores a los presentados durante la exposición de las diapositivas 6 a 11.

Resultados de la variabilidad de FP y SCL durante la primera sesión

Con base en los resultados anteriores y considerando que la variabilidad de parámetros como la frecuencia cardíaca son buenos índices de actividad autonómica, se evaluó este componente para las dos variables SCL y FP en todos los participantes del estudio.

Un ANOVA de dos factores (versión y fase) sobre la variabilidad de la FP indicó diferencias atribuibles al factor “versión” ($F_{1,1081} = 13.8$) y “fase” ($F_{16,1081} = 103.22$). Comparaciones múltiples indicaron que la variabilidad de los participantes expuestos a la versión emocional fue mayor que la obtenida en los expuestos a la versión neutra. Adicionalmente, la variabilidad durante el periodo basal fue significativamente mayor que la obtenida en todas las demás fases de la primera sesión, lo que indica que inclusive el efecto de asistir a los contenidos auditivo-visuales tuvo un impacto duradero sobre esta variabilidad (mayor a tres minutos, que fue el periodo de recuperación evaluado). La disminución de la variabilidad de la FP fue más marcada durante la presentación de los contenidos auditivo-visuales y durante la asignación del valor emocional, no habiendo diferencias significativas entre estos últimos.

El mismo tipo de análisis sobre la variabilidad de SCL indicó diferencias atribuibles al factor “fase” y no identificó diferencias significativas atribuibles al factor “versión”, ni interacciones entre los factores. Las comparaciones múltiples dentro del factor “fase” señalaron que la variabilidad basal fue mayor que la obtenida durante la presentación de los contenidos auditivo-visuales, excepto en las diapositivas 1, 2 y 4, y que fue menor que la obtenida durante las instrucciones para la asignación del valor emocional (IVE) y

el primer minuto de recuperación. La variabilidad durante la asignación del valor emocional fue mayor que la evidenciada durante la mayoría de las fases de presentación auditivo-visual, pero menor que la obtenida durante IVE y los dos primeros minutos de recuperación.

Resultados de variables fisiológicas durante la segunda sesión

Para la evaluación del curso temporal de las variables (FP y CP) se utilizó un ANOVA de dos factores, donde un factor fue la fase de la sesión (B, IRL, RL, IC, F1-3, M1-3) y el otro la versión de la prueba (emocional o neutra). En los casos en que se encontraron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples corregidas.

El análisis de dos factores sobre la variable máxima de FP mostró diferencias significativas atribuibles a la “versión” ($F_{1,529} = 15.04$) y a “fases” ($F_{9,529} = 14.3$). Las comparaciones múltiples indicaron que dentro del factor “versión” los participantes expuestos a la versión emocional presentaron frecuencias de pulso máximas, superiores a los expuestos a la versión neutra. Dentro del factor “fase” se destacó que durante el recuerdo libre (RL), la máxima frecuencia de pulso fue mayor que la máxima obtenida en las demás fases.

La evaluación del cambio de la frecuencia máxima de cada periodo con respecto al máximo de la frecuencia del periodo basal permitió identificar que sólo hubo diferencias atribuibles al factor “fase” ($F_{9,529} = 16.65$). Las comparaciones múltiples indicaron que la fase de recuerdo libre fue mayor que todas las otras fases de la prueba en la segunda sesión. El mismo análisis sobre el cambio de los mínimos de pulso reveló efectos también atribuibles al factor “fase”, donde las comparaciones múltiples mostraron que el basal es menor que todas las otras fases, las fases F1 a F3 son mayores que los tres minutos de recuperación y la de recuerdo libre mayor que los tres minutos de recuperación.

El análisis sobre el cambio de los máximos de SCL indicó diferencias atribuibles tanto al factor

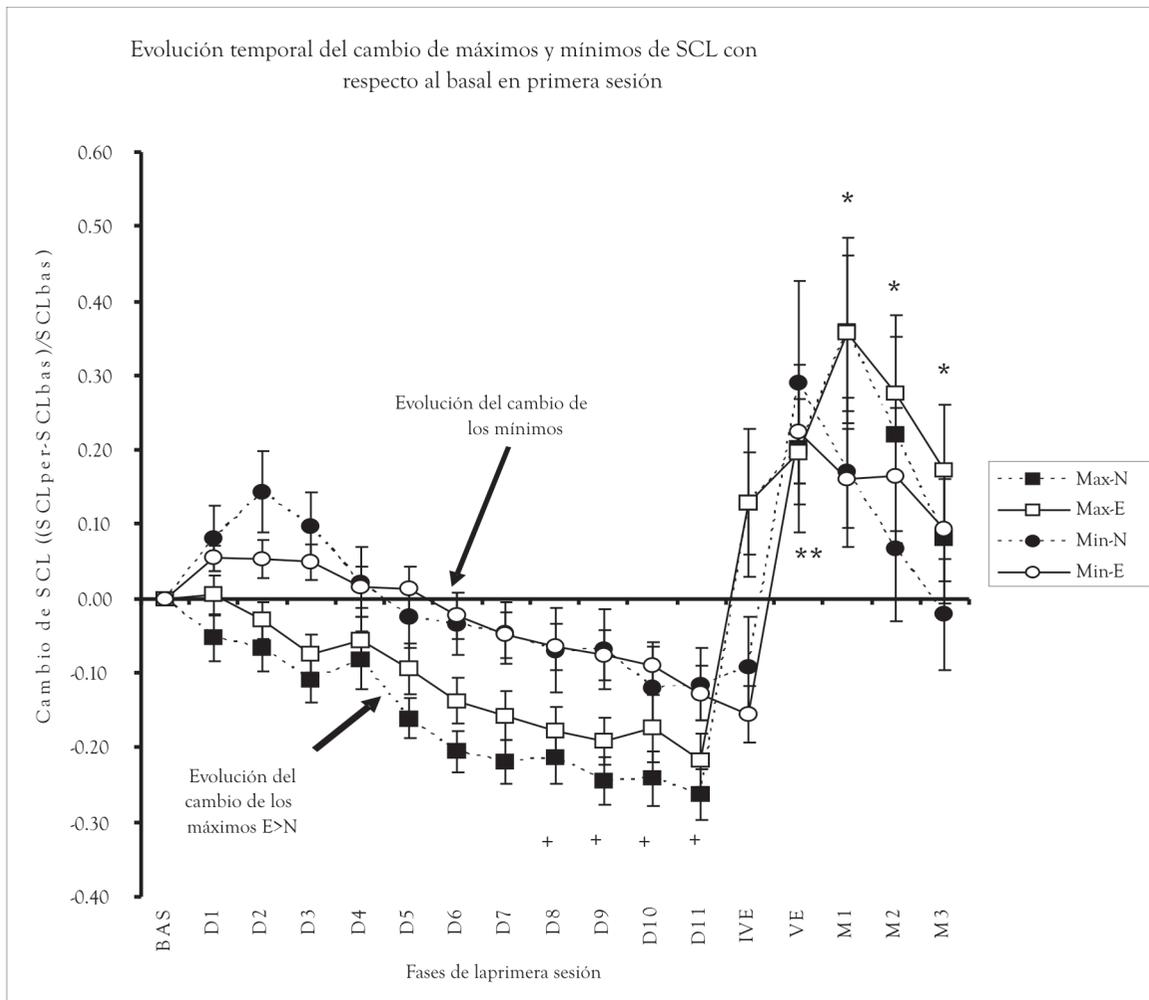


FIGURA 3
 Figura 3. Promedio \pm EE de los cambios de los máximos (cuadrados cerrados para neutros y abiertos para emocional) y de los mínimos (círculos abiertos para emocional y cerrados para neutro) de SCL con respecto a los correspondientes máximos y mínimos del periodo basal. En conjunto y con ANOVA de dos factores (versión y fase de la primera sesión), los valores del cambio de SCL máximo durante la prueba fueron significativamente mayores para los expuestos a la versión emocional que los expuestos a la versión neutra. * Mayor que todas las fases de presentación de diapositivas. ** Valor emocional mayor que D1 a D11. + Menores que el basal.

“versión” ($F_{1,539} = 17.97$) como al factor “fase” ($F_{9,529} = 8.93$). Las comparaciones múltiples indicaron que los cambios en los participantes del grupo emocional fueron mayores que los del grupo neutro y la fase basal fue menor que IC, RL, F3, M1 a M3. $F1 < M1$ y $M3$ y $RL > IRL$.

El mismo análisis sobre el cambio de los mínimos de SCL también reveló diferencias atribuibles al factor “versión” ($F_{1,539} = 14.59$) y “fase”

($F_{9,539} = 8.24$). Las comparaciones múltiples mostraron que los cambios en los expuestos a la versión emocional fue mayor que el de los neutros; la fase basal fue menor que F1 a F3, M1 a M3 y a IC.

La evaluación de la variabilidad del pulso no mostró diferencias significativas atribuibles a la “versión”, y sí diferencias atribuibles a la “fase” de la prueba ($F_{9,529} = 65.85$), donde las compa-

raciones múltiples permitieron destacar que, en todas las fases, la variabilidad de la FP fue menor que la variabilidad durante el periodo basal. Adicionalmente, la variabilidad durante el recuerdo libre fue mayor a las fases de aplicación del cuestionario de reconocimiento, y la variabilidad de estas fases del cuestionario, a su vez, fueron menores que la variabilidad registrada durante todas las otras fases de la sesión.

Discusión

Los resultados del desempeño mnemónico obtenidos en este trabajo reproducen los ya reportados en la literatura en lo que se utilizó esta prueba auditivo-visual (Botelho et al., 2004; Burke et al., 1992; Cahill & McGaugh 1995; Frank & Tomaz, 2000; Heuer & Reisberg, 1990); esto es, el alertamiento emocional inducido por la versión emocional de la prueba mejora el desempeño mnemónico de los participantes. Esto fue evidenciado tanto por el porcentaje de aciertos ante las preguntas relacionadas con la fase 2 de la prueba (fase en la que se presentan las diferencias de contenido de las historias), como por el mayor puntaje dado al valor emocional de la versión alertadora. Como aporte novedoso, el presente trabajo incluyó el análisis ROC, el cual permitió determinar que el mejor parámetro indicador de potenciación mnemónica fue el porcentaje de aciertos de la fase 2; aquí, adicionalmente, un punto de corte en 48% pudo clasificar correctamente el 73% de los participantes. Este parámetro podría ser utilizado como punto de referencia para establecer comparaciones en casos de patologías con defectos neurológicos y/o afectivos cuando se trate de poblaciones con características semejantes a la aquí evaluada. Tal es el caso de alteraciones de conducta asociadas a las enfermedades neurológicas que involucran el sistema neuroendocrino, la amígdala, el hipocampo, o la corteza frontal y temporal, que modulan la emoción y la conducta.

Las evaluaciones fisiológicas apuntaron sistemáticamente a que la versión emocional produce cambios en las manifestaciones autonómicas de

mayor magnitud, pero cualitativamente semejantes a los producidos por la versión neutra. Estos hallazgos ya permiten afirmar que dicha versión de la prueba induce un mayor impacto global que la versión neutra sin cambiar la tendencia cualitativa que podría estar determinada por los procesos de atención, como en el caso de los resultados de variabilidad de los parámetros, y a los contextos de los procedimientos.

Como se puede esperar, las respuestas fisiológicas alertadoras en humanos, como las dadas por las situaciones de estrés, no son exclusivas del sistema simpático sino que también involucran diferentes niveles de interacción parasimpática (Appenzeller, 1990; Lader, 1980; Waters, Bernard & Bucu, 1989), y en algunos casos sólo son antagonizadas por la sección del vago (Bonnanni & Cardinale, 1991; Cardinali, 1991). Con esto en mente, el presente trabajo destaca la relación funcional entre la actividad simpática y parasimpática mediante la correlación lineal de los índices del cambio de SCL y de la FP. Se resalta, además, que esta relación sólo fue significativa cuando los participantes estuvieron presenciando las diapositivas en la primera sesión, lo cual apunta a la caracterización de un estado de activación durante la prueba.

La correlación antes anotada fue lineal para los participantes de ambas versiones (N y E) de la prueba. La diferencia estuvo en la magnitud de la pendiente, siendo mayor para los expuestos a la versión emocional; esto es, para un determinado nivel de cambio de la actividad simpática (evaluada por SCL), la repercusión sobre la frecuencia de pulso fue mayor en los participantes expuestos a la versión emocional, sugiriendo que en éstos el tono inhibitorio parasimpático sería menor que en los expuestos a la versión neutra. En otras palabras, la magnitud de la pendiente de dicha correlación podría ser un buen indicador de la actividad parasimpática. Finalmente, de esta correlación se puede percibir que la respuesta simpática no siempre fue de activación. Nótese que los índices simpáticos oscilaron entre 0.88 y 1.14, donde los valores menores que 1 correspon-

derían a niveles de atenuación del tono simpático (Figura 1). Sin embargo, en los expuestos a la versión emocional, la respuesta global se asoció a una disminución del tono parasimpático dando una repercusión cardiovascular de activación o de aumento de susceptibilidad simpática (índices mayores que 1: valores entre 1.01 y 1.09).

Con base en esto último, cabe contemplar la posibilidad de que el estado de alertamiento dado por la versión emocional bien podría llegar a ser utilizado como herramienta para evaluar disautonomías o función parasimpática, probablemente con menor riesgo que otras pruebas que incluyan la manipulación farmacológica.

En conjunto, con estos parámetros se destaca que los efectos de la exposición a la versión emocional fueron más claramente visibles cuando se examina una posible interacción fisiológica entre los sistemas simpático y el parasimpático. Tales manifestaciones pueden ser el resultado de un proceso de redistribución del flujo sanguíneo como probable consecuencia del proceso de atención. Es bien sabido que durante el incremento de la demanda metabólica cerebral y de otros órganos esenciales (riñón y corazón) pueda ocurrir tal redistribución del flujo a expensas de una vasoconstricción periférica (predominantemente simpática). Esto explicaría, al menos en parte, un menor aporte líquido a las glándulas sudoríparas y también una respuesta cronotrópica positiva compensatoria (Appenzeller, 1990; Bonanni & Cardinali, 1991).

La diferencia entre las respuestas de los participantes expuestos a ambas versiones es de tipo cuantitativo, donde los expuestos a una versión emocional presentaron una menor disminución de los máximos de ambos parámetros antes descritos (SCL Y FP). Si adicionalmente se consideran los resultados de la correlación lineal antes discutida, se puede apreciar una coherencia sistemática en la que los expuestos a la versión emocional no sólo tuvieron una menor disminución de los máximos de los índices autonómicos, sino que presentaron una mayor susceptibilidad al tono simpático explicable por la disminución

del tono parasimpático. Esto indica, además, que el cambio (la disminución) de los máximos en la FP y de SCL son parámetros sensibles a la versión de la prueba, pero no lo es el incremento de los mínimos.

Los estudios más recientes acerca de las respuestas autonómicas evaluadas por la actividad cardiaca se orientan a los análisis de la variabilidad R-R del electrocardiograma mediante diferentes algoritmos matemáticos (Sakuragi & Sugiyama, 2004; Seely & Macklem, 2004). Algunos de ellos son relativamente sencillos, como los análisis del dominio del tiempo, y otros más complejos, como los del dominio de la frecuencia. Sin embargo, las estrategias de evaluación de la variabilidad utilizadas en este trabajo permitieron evidenciar que la presentación de los contenidos auditivo-visuales de la prueba disminuyen la variabilidad, tanto de SCL como la FP en los participantes expuestos a ambas versiones. Esto ocurrió por un incremento de los valores mínimos y una disminución de los valores máximos para ambas variables, lo que indica que los estados inducidos por la prueba son susceptibles de ser detectados por estrategias relativamente simples de implementar.

Durante la segunda sesión de la prueba, el estado de activación fisiológica no fue igual en todos los aspectos al encontrado en la primera sesión. Sin embargo, se pudo evidenciar claramente que los participantes expuestos a la versión emocional volvieron a presentar una mayor respuesta cronotrópica positiva, y una mayor respuesta mediada por la sudoración que los expuestos a la versión neutra. Esto indica que el proceso mnemónico de recuperación cognitiva estuvo acompañado de la evocación de las manifestaciones autonómicas.

Las diferencias entre los estados fisiológicos de las dos sesiones, probablemente, estén asociadas a que el procedimiento de la segunda sesión incluye una situación nueva y mucho más extensa en el tiempo para los participantes, y a que el procedimiento incluye otras variables como la narración del recuerdo libre y la atención orientada

a la comprensión de la lectura del cuestionario de prueba. Estos aspectos necesariamente incluyen nuevos procesos fisiológicos que pueden enmascarar los detalles observados en la sesión de aprendizaje, pero que, aún así, no ocultaron de manera global la respuesta fisiológica emocional.

Tomando en conjunto todos los resultados, con el presente trabajo se concluye que esta prueba reproduce el papel potenciador de la memoria explícita dado por el alertamiento emocional, y se sugiere que, bajo estas condiciones experimentales, dicho alertamiento emocional puede estar asociado a manifestaciones mixtas, tanto simpáticas como parasimpáticas, donde el incremento del tono simpático puede ir acompañado de una disminución del tono inhibitor parasimpático. Adicionalmente, la recuperación mnemónica incluye la recuperación de estados de activación fisiológica de una manera global, confirmando que la versión emocional induce manifestaciones fisiológicas asociadas a estados de alertamiento.

Este trabajo muestra perspectivas interesantes hacia estudios posteriores de los mecanismos fisiológicos involucrados en los procesos de memoria emocional utilizando herramientas farmacológicas que interfieran sobre las respuestas autonómicas alertadoras, buscando ponderar el impacto de tales manipulaciones sobre el proceso mnemónico. Por ejemplo, utilizando β -bloqueadores durante las sesiones de aprendizaje y/o evocación.

Referencias

- Adolphs, R., Tranel, D., Hamann, S., Young, A. W., Calder, A. J., Phelps, E. A., et al. (1999). Recognition of Facial Emotion in Nine Individuals with Bilateral Amygdala Damage. *Neuropsychologia*, 37, 1111-1117.
- Aguado, L. (2002). Cognitive Processes and Emotional Brain Systems. *Revista de Neurología*, 34, 1161-1170.
- Appenzeller O. (1990). *The Autonomic Nervous System* (3ra Ed). Amsterdam: Elsevier,
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Belbin, E. (1950). The Influence of Interpolate Recall upon Recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2, 163-169.
- Blaney, P.H. (1986). Affect and Memory: A review. *Psychological Bulletin*, 99, 229-246.
- Bloch, S. (1989). Effector Patterns of Basic Human Emotions: An Experimental Model for Emotional Induction. *Behavioural and Brain Research*, 33, 317.
- Bohannon, J. N. (1988). Flashbulb Memories of the Space Shuttle Disaster: A Tale of Two Theories. *Cognition*, 29, 179-196.
- Bonanni, R. A. & Cardinali, D. P. (1991). *Evaluación clínica de la función autonómica*. Prensa Médica Argentina, 78, 67-73.
- Botelho, S., Martínez, L. M., Conde, C. A., Prada, E. L. & Tomaz, C. A. (2004). Evaluación de la memoria declarativa asociada con contenido emocional en una muestra colombiana. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 36, 229-242.
- Bradley, M. M., Lang P. J. & Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, Novelty, and the Startle Reflex: Habituation in Humans. *Behavioral Neuroscience*, 107, 970-980.
- Brandão, M. L. (2001). Comportamento emocional. En M. L. Brandão (Ed), *Psicofisiología. As bases fisiológicas do comportamento* (pp. 126-149). São Paulo: Atheneu.
- Brown, R. & Kulik, J. (1977). Flashbulb Memories. *Cognition*, 5, 73-99.
- Burke, A., Heuer, F. & Reisberg, D. (1992). Remembering Emotional Events. *Memory and Cognition*, 20, 277-290.
- Caccioppo, J. T., Gardner, W. L. (1999). Emotion. *Annual Review of Psychology*, 50, 191-214.
- Cahill, L. (1999). A Neurobiological Perspective on Emotional Influence on Long-term Memory. *Seminars in Clinical Neuropsychiatry*, 4, 266-273.
- Cahill, L., Haier, R. J., Fallons, J., Alkire, M. T., Tang, C., Keator, D., Wull, J. & McGaugh, J. L. (1996). Amygdala Activity at Encoding Correlated with Long-term, Free recall of Emotional Information. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 93, 8016-8021.
- Cahill, L. & McGaugh, J. L. (1995). A Novel Demonstration of Enhanced Memory Associated with Emotional Arousal. *Consciousness and Cognition*, 4, 410-421.
- Cahill, L. & McGaugh, J. L. (1998). Mechanisms of Emotional Arousal and Lasting Declarative Memory. *Trends in Neurosciences*, 21, 294-299.

- Cardinali D. P. (1991). *Manual de neurofisiología* (4ta Ed). Buenos Aires: Díaz de Santos.
- Christianson, S.-A. & Loftus, E. (1990). Some Characteristics of People's Traumatic Memories. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 28, 195-198.
- Clifford, B. & Hollin, C. (1981). Effects of the Type of Incident and the Number of Perpetrators on Eyewitness Memory. *Journal of Psychology*, 25, 237-248.
- Clifford, B. & Scott, J. (1978). Individual and Situational Factors in Eyewitness Testimony. *Journal of Applied Psychology*, 63, 352-359.
- Collet, C., Vernet-Maury, E., Delhomme, G. & Dittmar, A. (1997). Autonomic Nervous System Response Patterns Specificity to Basic Emotions. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 62, 45-57.
- Deffenbacher, K. (1983). The Influence of Arousal on Reliability of Testimony. En S. Lloyd-Bostock & B. Clifford (Eds.), *Evaluating witness Evidence* (pp. 235-252). New York: Wiley.
- Ekman, P., Levenson, R. W. & Friesen, W. V. (1983). Autonomic Nervous System Activity Distinguishes among Emotions, *Science*, 221, 1208-1210.
- Eysenck, M. (1976). Arousal, Learning and Memory. *Psychological Bulletin*, 83, 389-404.
- Frank, J. E. & Tomaz, C. A. (2000). Enhancement of Declarative Memory Associated with Emotional Content in a Brazilian Sample. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33, 1483-1489.
- Hanley, J. A. & McNeil, B. J. (1982). The Meaning of the Area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve. *Radiology*, 143, 29-36.
- Heuer, F. & Reisberg, D. (1990). Vivid Memories of Emotional Events: The Accuracy of Remembered Minutiae. *Memory and Cognition*, 18, 496-506.
- Iversen, S., Iversen, L. & Saper, C. B. (2004). O sistema nervoso autônomico e o hipotálamo. En E. R. Kandel, J. H. Schwartz, & T.M. Jessell (Eds.), *Princípios da neurociência* (4ta Ed., pp. 460-481). Tamboré, SP: Manole.
- Kesner, R. P. (1992). Learning and Memory in Rats with an Emphasis on the Role of Amygdala. En J. P. Aggleton (Ed.), *The Amygdala: Neurobiological Aspects of Emotion, Memory and Mental Dysfunction* (pp. 379-399) New York: Wiley-Liss.
- Lader, M. H. (1980). The Psychophysiology of Anxiety. En H. M. van Praag, M. H. Lader, U. J. Ra-faelson & E. J. Sachard (Eds.), *Handbook of Biological Psychiatry* (tomo II, pp. 225-248). New York: Marcel Dekker
- Lane, R. D., Reiman, E. M., Ahern, G. L., Schwartz, G.E. & Davidson, R. J. (1997). Neuroanatomical Correlates of Happiness, Sadness, and Disgust. *American Journal of Psychiatry*, 154, 926-933.
- Lang, P. (1995). The Emotion Probe: Studies of Motivation and Attention. *American Psychologist*, 50, 372-385.
- Lang, P. J. & Phoebe, C. (1994). The Physical of Emotion: William James. *Psychological Review*, 101, 205-210.
- LeDoux, J. E. (1992). Brain Mechanisms of Emotion and Emotional Learning. *Current Opinion in Neurology*, 2, 191-197.
- LeDoux, J. E. (1993). Emotion Memory Systems in the Brain. *Behavioural and Brain Research*, 58, 69-79.
- LeDoux, J. E. (1998). *The Emotional Brain: The Mysterious underpinning of Emotional Life*. New York: Simon & Schuster.
- Levenson, R. W., Ekman, P. & Friesen, W. V. (1990). Voluntary Facial Action Generates Emotion Specific Autonomic Nervous System Activity. *Psychophysiology*, 27, 363-384.
- Markowitsch, H. J., Kessler, J., Van Der Ven, C., Weber-Luxemburger, G., Albers, M. & Heiss, W. D. (1998). Psychic Trauma Causing Grossly Reduced Brain Metabolism and Cognitive Deterioration. *Neuropsychologia*, 36, 77-82.
- McGaugh, J. L. (1990). Significance and Remembrance: The Role of Neuromodulatory Systems. *Psychological Science*, 1, 15-25.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory: A Century of Consolidation. *Science*, 287, 248-251.
- McGaugh, J. L., Introini-Collison, L. B., Cahill, L. F., Castellano, C., Dalmaz, C., Parent, M.B. & Williams, C. L. (1993). Neuromodulatory Systems and Memory Storage: Role of the Amygdala. *Behavioral Brain Research*, 58, 81-89.
- Mehrabian, A. (1977a). Individual Differences in Stimulus Screening and Associated Differences in Arousability. *Journal of Personality*, 45, 237-250.
- Mehrabian, A. (1977b). A Questionnaire Measure of Individual Differences in Stimulus Screening and Associated Differences in Arousability. *Environmental Psychology and Non-Verbal Behavior*, 1, 89-103.

- Meltzer, H. (1930). Individual Differences in Forgetting of Pleasant and Unpleasant Experiences. *The Journal of Educational Psychology*, 21, 399-409.
- Ministerio de Salud de la República de Colombia. (1993). Resolución # 008430: políticas y normas científico- administrativas, de obligatorio cumplimiento para el desarrollo de investigación con seres humanos. *Boletín del Ministerio de Salud*, 1-13.
- Morris, J. S., Friston, K. J., Buchel, C. D., Frith, C. D., Young, A. J., Calder, A. J. & Dolan, R. J. (1998). A Neuromodulatory Role for the Human Amygdala in Processing Emotional Facial Expressions. *Brain*, 121, 47-57.
- Mulder, G. (1973). Methods and Limits of Psychophysiology. *Psychiatria, Neurologia, Neurochirurgia*, 76, 175-197.
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revista Neurológica*, 35, 553-562.
- Phelps, E., LaBar, K. & Spencer, D. (1997). Memory for Emotional Words Following Unilateral Temporal Lobectomy. *Brain and Cognition*, 35, 85-109.
- Pillemer, D. B. (1984). Flashbulb Memories of the Assassination Attempt on President Reagan. *Cognition*, 16, 63-80.
- Randall, D. C. (2004). Discovering the Role of the Adrenal Gland in the Control of Body Function. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287, 1007-1008.
- Reisberg, D., Heuer, F., McLean, J. & O'Shaughnessy, M. (1988). The Quality, not the Quantity, of Affect Predicts Memory Vividness. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 26, 100-103.
- Rubin, D. C. & Kozin, M. (1984). Vivid Memories. *Cognition*, 16, 81-95.
- Sakuragi, S. & Sugiyama, Y. (2004) Interactive Effects of Task Difficulty and Personality on Mood and Heart Rate Variability. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 23, 81-91.
- Santiago de Torres, J., Tornay, M. F. & Gómez M. E. (1999). Emoción. En J. Santiago de Torres, M. F. Tornay & M. E. Gómez (Eds.), *Procesos psicológicos básicos* (pp. 215-229). Madrid: McGraw Hill.
- Schwartz, G. E., Weinberger, D. A. & Singer, J. A. (1984). Cardiovascular Differentiation of Happiness, Sadness, Anger and Fear Following Imagery and Exercise. *Psychosomatic Medicine*, 43, 343-364.
- Seely, A. J. E. & Macklem, P. T. (2004). Complex Systems and the Technology of Variability Analysis. *Critical Care*, 8 (6), 367-384.
- Taylor, S. F., Liberzon, I., Fig, L. M., Decker, L. R., Minoshima, S. & Koeppe, R. (1998). The Effect of Emotional Content on Visual Recognition Memory: A PET Activation Study. *Neuroimage*, 8, 188-197.
- Waters, W. F., Bernard, B. A. & Bucu, S. M. (1989). The Autonomic Nervous System Response Inventory (ANSRI): Prediction of Psychophysiological Response. *Journal of Psychosomatic Research*, 33, 347-361.
- White, R. T. (1989). Recall of Autobiographical Events. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 127-136.
- Yuille, J. C. & Cutshal, J. L. (1986). A Case Study of Eyewitness Memory of a Crime, *Journal of Applied Psychology*, 71, 291-301.