



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN PSICOLOGIA
(NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA)

EFFECTOS DE LA EMOCIÓN SOBRE LA NEUROFISIOLOGÍA DE LA MEMORIA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTORA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA
JOYCE GRACIELA MARTÍNEZ GALINDO

TUTOR PRINCIPAL
DRA. SELENE CANSINO ORTIZ
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTORAL

DRA. MARÍA ASUNCIÓN CORSI CABRERA
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

DRA. GUILLERMINA YAÑÉZ TÉLLEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DRA. MARÍA DOLORES RODRÍGUEZ ORTIZ
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

DR. ENRIQUE FLORES GUTIERRÉZ
INSTITUTO NACIONAL DE PSIQUIATRÍA

MÉXICO, D.F., NOVIEMBRE DE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

Resumen	4
Agradecimientos	5
Dedicatoria.....	6
Antecedentes.....	8
1. Memoria.....	8
1.1. Memoria Episódica	9
1.1.2. Neurofisiología de la Memoria Episódica	10
1.1.3. Estudio de la memoria episódica	12
1.1.3.1. Potenciales relacionados a eventos	12
1.1.3.2. Paradigma viejo/nuevo	13
1.1.3.3. Efecto Subsecuente de memoria	14
1.2. Emoción y Memoria	17
1.2.1. Teorías del efecto de la emoción sobre la memoria	20
1.2.2. Valencia y Nivel de activación	24
1.2.3. Contexto emocional y memoria	25
1.2.4.2. Reconocimiento.....	31
2. Método.....	38
2.1. Planteamiento del problema	38
2.2. Preguntas de Investigación.....	41
2.3. Objetivos	41
2.4. Hipótesis	42
2.4.1 Hipótesis Conductuales.....	42
2.4.2. Hipótesis Fisiológicas	42
2.5. Participantes	43
2.6. Aparatos	44
2.7. Registro electrofisiológico	44
2.8. Estímulos	45
2.9. Procedimiento	46
2.9.1. Fase de Codificación	48
2.9.2. Fase de Reconocimiento.....	50
2.10. Análisis de los Datos.....	53
2.10.1 Datos Conductuales	53
2.10.2. Análisis Fisiológicos	54
2.10.2.1 Codificación	54
2.10.2.2. Reconocimiento.....	56
2.10.2.3. Análisis Topográficos	59
2.10.2.4. Medidas Autonómicas	59
2.11. Análisis Estadísticos	59

3. Resultados.....	61
3.1. Datos conductuales.....	61
3.2. Respuestas autonómicas.....	65
3.3. Resultados de los PRE	68
3.3.1. Codificación	68
3.3.1.1. Análisis topográficos	76
3.3.2. Reconocimiento	79
3.3.2.1. Análisis Topográficos.....	84
4. Discusión	86
4.1. Resultados Conductuales	86
4.2. Resultados Fisiológicos	88
4.2.1. Codificación	88
4.2.1.1. Primera presentación de la cara.	90
4.2.1.2. Segunda presentación de la cara	91
4.2.1.2.1. Efectos de memoria subsecuente modulados por valencia.....	92
4.2.1.2.2. Efectos de memoria subsecuente modulada por la emoción.	94
4.2.1.2.3. Análisis topográficos	95
4.2.2. Reconocimiento.....	96
4.2.2.1. Componentes del efecto viejo/nuevo modulados por ambas valencias	97
4.2.2.2. Componentes del efecto viejo/nuevo modulados por el contexto positivo	100
4.3. Conclusiones.....	104
5. Referencias	108
Anexo.....	115

Resumen

Los eventos experimentados en un contexto emocional se recuerdan más que los experimentados en un contexto neutro. Sin embargo, aún no existe consenso sobre qué valencia emocional produce un mejor recuerdo. El objetivo del presente estudio fue determinar si las valencias positiva y negativa afectan de manera diferente el reconocimiento de rostros neutros, y determinar si los Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) se modulaban por la valencia del contexto en que los eventos fueron codificados. Se registraron los PRE en 28 individuos mientras realizaban una tarea de apuestas, en la cuál podían ganar o perder una determinada cantidad monetaria, lo cual funcionó como contexto positivo y negativo respectivamente. Los participantes también realizaron una tarea sin apuesta que sirvió como condición control. Al inicio y final de cada ensayo se presentó un rostro (sin expresión emocional) que representaba al contrincante virtual. Posterior a esta tarea, los participantes realizaron una tarea de reconocimiento de rostros. Durante la realización de las tareas se midieron la Frecuencia Cardíaca (FC) y la Respuesta Galvánica de la Piel (RGP).

Los resultados conductuales mostraron que el reconocimiento fue superior para los rostros codificados en el contexto positivo, y equivalente para los rostros codificados en los contextos negativo y no emocional. La RGP presentó mayor amplitud para las condiciones de apuesta en comparación con la condición control, lo cual sugiere que sólo las condiciones de apuesta generaron emoción. Los resultados electrofisiológicos mostraron que durante la fase de codificación los componentes N170, P300 y la Onda Lenta (OL) frontal y occipital presentaron Efectos de Memoria Subsecuente (EMS) modulados por emoción positiva. Durante la fase de reconocimiento, el efecto viejo/nuevo parietal fue modulado por el contexto emocional positivo, mientras que los componentes FN400 y el efecto viejo/nuevo frontal tardío fueron regulados por ambas valencias emocionales.

En conclusión, los resultados sugieren que la valencia emocional positiva favorece más el recuerdo de un evento neutro y esto se manifiesta en la actividad eléctrica cerebral.

Agradecimientos

Esta tesis se desarrolló teórica y experimentalmente en el Laboratorio de NeuroCognición de la Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la supervisión de la Dra. Selene Cansino.

La presente investigación se llevó a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT 238826, 263128) y de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT ID300312, IG300115).

Dedicatoria

A mi amada familia; papá, mamá y hermano por alentarme siempre a continuar luchando por lo que deseo. Les agradezco infinitamente su confianza, comprensión y apoyo. Con todo mi cariño y respeto dedico este trabajo a ustedes.

A mi Rodrigo, por apoyarme siempre. Agradezco su ayuda infinita, su amor y su paciencia. Siempre le estaré agradecida por el apoyo que me brindó en la realización de este trabajo. Con amor también le dedico este trabajo a él.

A mi querido Laboratorio de NeuroCognición, por ser haber sido mi hogar por tantos años y por haberme ayudado a crecer profesional, académica y personalmente.

A Selene por todo lo que me enseñó y compartió conmigo durante mi estancia en su laboratorio.

A mis sinodales, la Dra. Mari, la Dra. Guillermina; la Dra. Lolita y el Dr. Enrique por sus valiosas enseñanzas y su colaboración en la elaboración de este trabajo.

A mis amigas del LNC, Paty, Eve, Cin y Frine por formar parte importante de mi vida académica y personal.

A mi *alma mater* la Universidad Nacional Autónoma de México y a su Facultad de Psicología, por ser el lugar que me permitió convertirme en estudiante, profesional y ahora

Doctora. Es un orgullo para mí egresar de una de las mejores universidades de América Latina.

A todos ustedes, Gracias.

Antecedentes

1. Memoria

La memoria es una de las capacidades fundamentales del cerebro, resulta difícil imaginar la existencia humana sin ella. Es un proceso mediante el cual el conocimiento es codificado, almacenado y posteriormente evocado (Squire & Kandel, 1999). La memoria incluye al menos tres procesos: 1) Codificación, que es la asimilación de información del ambiente (Baddeley, 1999); 2) Consolidación, que es la estabilización de la memoria en memoria a largo plazo (Dudai, 2004); y 3) Evocación, que es la recuperación posterior de la información aprendida y codificada. El proceso general de evocación puede darse de diversas maneras. En el presente trabajo haremos referencia a algunas de estas diversas formas, principalmente al reconocimiento, que se refiere a la identificación de objetos, eventos o personas basándose en experiencias previas (Vilberg & Rugg, 2007).

La memoria puede ser clasificada en declarativa y no declarativa (Squire & Zola-Morgan, 1991). La no declarativa también es llamada memoria de procedimiento, se refiere al tipo de memoria que no requiere del recuerdo consciente, y puede expresarse en la mejora en el rendimiento de algunas tareas, incluyendo habilidades, condicionamiento clásico, *priming*, y aprendizaje no asociativo (habitación y sensibilización). La memoria declarativa se refiere a recuerdos explícitos y conscientes que pueden expresarse verbalmente. Este tipo de memoria a su vez puede dividirse en semántica y episódica. La primera se refiere al recuerdo de hechos y al conocimiento universal, mientras que la segunda se refiere a eventos

específicos, tales como acontecimientos y experiencias concretas de la propia vida. En el presente trabajo se abordará la relación entre emoción y memoria episódica.

1.1. Memoria Episódica

En 1972, Tulving propuso el término Memoria Episódica para referirse al recuerdo de nuestras propias experiencias, es decir, al recuerdo autobiográfico, el cual involucra la recuperación de sucesos que ocurrieron en un contexto específico.

La memoria episódica es el único sistema de memoria que permite a las personas re-experimentar experiencias pasadas de forma consciente (Tulving, 2002), incluye hechos que ocurrieron en un lugar y tiempo específico, es decir, información sobre dónde y cuándo los episodios fueron experimentados (Nyberg, Cabeza & Tulving, 1996).

La memoria episódica es un sistema hipotético de memoria, no una tarea o un test particular (Tulving, 2002). Este tipo de memoria incluye al evento (*ítem* o contenido) y al contexto en que ocurre el evento (Johnson, Hashtroudi & Lindsay, 1993). El primero se refiere al *qué*, mientras que el segundo se refiere a cuándo, dónde y cómo sucedieron los eventos (Cabeza, 1999)

A pesar de que este tipo de memoria comparte algunas de sus características con la memoria semántica, posee algunos rasgos que la semántica no tiene (Tulving y

Markowitsch, 1998). La teoría de la memoria episódica postula que la gente puede tener acceso a su pasado en términos de recuerdo autoconsciente, es decir, existe un sentido del yo en un tiempo subjetivo. Lo anterior no contradice la ley de unidireccionalidad del tiempo; simplemente postula que un evento ocurre, una persona lo experimenta, un trazo de memoria surge para representar este evento, el pasado se desvanece y es remplazado por el presente, pero el trazo de memoria continúa existiendo en el presente, el cual es recuperado y la persona recuerda el evento (Tulving, 2002).

1.1.2. Neurofisiología de la Memoria Episódica

Existe evidencia que apoya la existencia de la memoria episódica en términos biológicos. Estudios de pacientes neurológicos, que como resultado de un daño cerebral sufren problemas de memoria, proporcionan información útil respecto al tema de la realidad biológica de la memoria episódica (Tulving, 2002). Tal es el caso del paciente K.C, quien tenía una inteligencia y capacidad de aprendizaje cerca de lo normal, pero carecía de la capacidad para recolectar cualquier tipo de experiencia personal. El caso de este paciente señala la existencia de la separación entre memoria episódica y semántica.

Si bien los casos de pacientes neurológicos han sido de gran utilidad para el entendimiento de ciertas funciones cognitivas, el estudio con personas sanas también es importante para el entender estas funciones. Existen diversas técnicas que hacen posible examinar la actividad cerebral asociada con determinada actividad

mental, por ejemplo, la Resonancia Magnética Funcional (*RMf*), la Tomografía por Emisión de Positrones (*Positron Emission Tomography*, PET), y el Registro Electroencefalográfico. Con estas técnicas y el uso de diferentes paradigma se han propuesto distintos modelos de procesamiento de la memoria episódica.

Los modelos del procesamiento dual de la evocación en la memoria episódica proponen que este proceso se da mediante dos subprocesos independientes: la recolección y la familiaridad. La recolección se refiere al recuerdo de detalles específicos del evento, mientras que la familiaridad está relacionada con la sensación de haber experimentado el evento previamente, aun cuando no se recuerde nada en específico (Wais, Wixted, Hopkins & Squire, 2006; Vilberg & Rugg, 2007). En los paradigmas que miden memoria episódica se suele pedir a los participantes que recuperen información, lo que implica que deben recordar algún aspecto del contenido o del contexto, o bien que la reconozcan, en cuyo caso no se evalúa el recuerdo explícito del evento pero no quiere decir que no exista. En este caso, pueden estar involucrados tanto el proceso de familiaridad como el de recolección pero no es posible separarlos empíricamente. Se pueden diferenciar la recolección de la familiaridad pidiendo a los participantes que ellos mismos indiquen si recuerdan el estímulo o sólo les parece familiar (Fenker, Schott, Richardson-Klavenh, Heinze, & Düzel, 2005; Gardiner & Java, 1993), pero este método está basado en la subjetividad de los participantes.

Regiones parietales superiores han sido asociadas al reconocimiento pero no a la recolección (Vilberg & Rugg, 2007), por ejemplo, se ha observado que el grado de

actividad en la corteza parietal superior se relaciona con el grado de reconocimiento reportado, pero no con la recolección de elementos específicos del evento (Yonelinas, Otten, Shaw & Rugg, 2005). Maratos, Dolan, Henson, Morris & Rugg (2001), encontraron que el reconocimiento se asocia con mayor activación de la corteza parietal lateral izquierda, el precuneus, la corteza cingulada posterior y anterior y la corteza prefrontal bilateral. Otras regiones asociadas con el reconocimiento son el núcleo caudado bilateral, la corteza medial occipital/parietal, corteza temporal medial anterior izquierda y corteza prefrontal anterior dorso lateral izquierda (Vilberg & Rugg, 2007). Por otro lado, las regiones asociadas a la recolección son la corteza izquierda parietal/occipital, la corteza temporal medial izquierda anterior y la corteza prefrontal izquierda (Vilberg & Rugg, 2007).

1.1.3. Estudio de la memoria episódica

1.1.3.1. Potenciales relacionados a eventos

Para investigar la actividad neurofisiológica asociada a los procesos cognoscitivos, como lo es la memoria episódica, existen diferentes técnicas que pueden ser utilizadas. Una de las más usadas es el electroencefalograma (EEG), que consiste en el registro de la actividad eléctrica cerebral, la cual se registra por medio de electrodos colocados en el cuero cabelludo. El EEG refleja la suma de sucesos eléctricos ocurridos en el cerebro, los cuales incluyen principalmente potenciales postsinápticos y, en menor medida, potenciales presinápticos (Luck, 2005). El EEG

registra la actividad de amplias poblaciones neuronales que se activan de manera simultánea. Para registrar esta actividad es necesario amplificar la señal, dado que ésta es muy pequeña. Cuando se promedia la actividad del EEG relacionada a un evento en específico, como puede ser la respuesta de un sujeto a un estímulo particular, se obtienen los Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) (Luck, 2005).

Esta técnica permite estudiar la actividad cerebral en el momento mismo en que ocurren los procesos cognoscitivos, tales como la memoria. Los PRE se definen como cambios en la actividad eléctrica cerebral que ocurren antes, durante o después de un cambio en el medio físico y/o en relación a un proceso psicológico (Picton, 1988). Con los PRE se examina el curso temporal de la activación neuronal (Hillyard, 1985), registrada en el cuero cabelludo o intracranealmente. Esta técnica, a pesar de tener poca resolución espacial, tiene la ventaja de proporcionar una alta resolución temporal (Smith, Dolan & Rugg, 2004a), lo que permite conocer el momento en el que ocurre un proceso cognoscitivo asociado a un determinado evento.

1.1.3.2. Paradigma viejo/nuevo

En cuanto a paradigmas, uno de los que se ha usado con mayor frecuencia para estudiar a la memoria episódica es el paradigma viejo/nuevo. Éste consiste en dos fases, una de codificación, en la que se presentan al participante una serie de estímulos, y una fase de reconocimiento en la que se debe indicar si un estímulo fue presentado con anterioridad (viejo) o no (nuevo) (p.ej. Duzel & Heinze, 2002; Johnson, Barnhardt, & Zhu, 2004; Nessler, Friedman, & Bersick, 2004).

1.1.3.3. Efecto Subsecuente de memoria

Una forma de investigar los substratos neurales asociados al proceso de codificación de eventos episódicos es mediante el estudio de los Efectos de Memoria Subsecuente (EMS), que consisten en una mayor activación cerebral durante la codificación para aquellos estímulos que son subsecuentemente recordados, en comparación con aquellos que son subsecuentemente olvidados. (Ver revisión de Rugg, 1995).

Usando RMf se ha visto que la actividad cerebral es diferente dependiendo de si el estímulo es posteriormente recordado o no. Por ejemplo, Erk, Kiefer, Grothe, Wunderlich, Spitzer & Walter (2003) encontraron que la activación de la corteza prefrontal inferior está asociada al recuerdo posterior de los estímulos.

Por otra parte, con la técnica de PRE se ha observado una mayor amplitud positiva en los PRE para los estímulos que son subsecuentemente recordados, esta diferencia puede ocurrir en derivaciones frontales y parietales, con un inicio desde los 300 o 400 ms y se ha observado que puede persistir hasta los 1500ms (Ver revisión de Rugg, 1995). Esta diferencia de memoria ha sido interpretada como el correlato fisiológico de una codificación exitosa.

1.1.3.4. Efecto viejo/nuevo

Por otro lado, durante el reconocimiento se ha identificado un efecto característico de la memoria episódica, el efecto viejo/nuevo, el cuál consiste en una diferencia en la amplitud de los potenciales para aquellos estímulos correctamente identificados como viejos en comparación con aquellos correctamente identificados como nuevos (Ver revisión de Rugg & Allan, 2000).

Un componente del efecto viejo/nuevo es el **FN400**, el cual se caracteriza por una mayor amplitud negativa para los estímulos correctamente identificados como viejos en comparación con los nuevos, en regiones frontales alrededor de los 400 ms. Este componente ha sido asociado con la familiaridad (Friedman & Johnson, 2000; Wilding & Sharpe, 2003).

Otro componente es el **Componente viejo/nuevo parietal** que consiste en un cambio de voltaje positivo alrededor de 600 milisegundos después de la presentación del estímulo. Se ha propuesto que este componente es un correlato fisiológico de la recuperación de la memoria episódica (Smith, 1993; Smith, 2004a; Curran, 2004). Por ejemplo, se ha observado que la amplitud de este componente varía de acuerdo al grado de información recuperada (Vilberg & Rugg, 2006).

Un componente más registrado en este tipo de tareas es el **Componente viejo/nuevo frontal tardío**, localizado principalmente en electrodos del área frontal. Este componente comienza alrededor de los 500 o 600 milisegundos después de la aparición del estímulo y persiste aproximadamente un segundo. Se ha sugerido que

este componente es un correlato neuronal del monitoreo de la información después de que ésta ha sido recuperada (Rugg, Mark, Walla, Schloerscheidt, Birch & Allan, 1998; Smith *et al.*, 2004a).

Por lo tanto, el estudio electrofisiológico de la memoria episódica ha revelado que cuando se presenta un estímulo que ya se ha experimentado previamente se da primero un proceso de reconocimiento, después se recupera información específica del evento y finalmente, se da un proceso de automonitoreo. Es interesante notar que este tipo estudios, debido a que han permitido caracterizar la actividad cerebral relacionada a la memoria episódica, también permiten explorar la influencia de otros factores sobre esta memoria episódica.

1.2. Emoción y Memoria

La memoria episódica puede verse influida por diversos factores, tales como la emoción experimentada en el momento en que se viven los eventos (Adolphs, Cahill, Schul, Babinsky, 1997; Cahill *et al.*, 1996, Smith *et al.*, 2004a; Smith, Henson, Dolan & Rugg, 2004b; Gray, Braver, Raichle, 2005; Nielson & Bryant, 2005; *et al.*, 2005; LaBar & Cabeza, 2006; Schaefer, Braver, Reynolds, Burgess, Yarkoni & Gray, 2006; Smith, Stephan, Rugg & Dolan, 2006; Erk, Kleczar & Walter, 2007; Liu, Graham & Zorawsky 2008).

Nuestras propias experiencias pueden consistir en experiencias emocionales, las cuales son recordadas más vívidamente y toma más tiempo olvidarlas que aquellos eventos que son neutros (Buchanan, 2008).

La emoción es definida por Scherer (2000) como reacciones cortas somáticas y cognoscitivas al ambiente o a antecedentes específicos, es una reacción subjetiva al ambiente que va acompañada de cambios orgánicos fisiológicos y endócrinos. Una vez que las emociones ocurren se vuelven poderosos motivadores de la conducta futura (LeDoux, 1996).

La emoción es tanto corporal como cognoscitiva, pues involucra tanto la activación del sistema nervioso y toda la serie de reacciones corporales a las que conlleva esta

activación, como la evaluación cognoscitiva que se hace tanto del estímulo que provoca la emoción como de las reacciones corporales (LeDoux, 1996; Scherer, 2000).

Las emociones involucran respuestas corporales, las cuales son parte integral del proceso emocional, dado que son adaptativas y permiten al organismo luchar por la supervivencia (LeDoux, 1996).

Dentro de las respuestas corporales se encuentra la inervación autonómica, la cual se puede reflejar en cambios tales como la conductancia de la piel, a lo que se le denomina respuesta galvánica de la piel, la cual refleja la actividad del sistema simpático (Critchley, 2002).

La actividad simpática está altamente relacionada con la emoción, y tanto la respuesta galvánica en la piel (RGP) como la temperatura periférica de la piel (TPP) y la frecuencia cardíaca (FC) son altamente utilizadas como un índice sensible de la actividad simpática relacionada a la emoción.

Una amplia red neuroanatómica se ha descrito en la participación de la respuesta autonómica, incluyendo el núcleo amigdaloides central, el hipotálamo paraventricular y lateral y el locus coeruleus. Estas regiones proyectan directamente a núcleos autonómicos tales como el núcleo parabraquial, el núcleo del tracto solitario y el núcleo dorsal vagal, los cuales controlan respuestas autonómicas (Critchley 2002).

El complejo amigdaloides, la corteza prefrontal ventromedial y la corteza cingulada son regiones cerebrales que están implicadas en la emoción y que contribuyen a generar la RGP. La amígdala es un componente neuroanatómico crucial involucrado en el efecto de la emoción sobre la memoria (Cahill & McGaugh, 1998; McGaugh, 2006). La amígdala contribuye a la generación de la respuesta electrodérmica ante estímulos que se han relacionado con algún significado emocional a través de la experiencia (Critchley, et al, 2002).

Se ha propuesto que la mejora que produce la emoción sobre la memoria es mediada por la activación simpática, vía la acción de hormonas en la amígdala, la cual modula la consolidación de la memoria declarativa (McGaugh, 2006).

La emoción asociada a un evento o episodio puede constituir parte del contexto en la memoria episódica. La memoria del evento puede verse modulada por la emoción experimentada durante el aprendizaje o la experiencia inicial con el evento. Se ha postulado que la memoria emocional está ligada a la emoción experimentada durante la experiencia original (Christianson, 1992; LeDoux 1996; Philippe, Lecours & Beaulieu-Pelletier, 2009; ver revisión de Buchanan, 2008). Las reacciones emocionales, tales como la activación autonómica y la liberación de hormonas de estrés, se dan posteriores e inmediatas a un evento emocional. Debido a que estas reacciones son importantes para la supervivencia, los eventos que se experimentan cuando ellas ocurren tienen mayor probabilidad de recordarse (Phelps, 2004).

1.2.1. Teorías del efecto de la emoción sobre la memoria

La experiencia que se ve acompañada de activación nerviosa periférica causada por la emoción es mejor recordada (McGaugh, 2006). La investigación del porqué esta activación periférica mejora la memoria se ha focalizado en tres posibles causas: la primera asume que la emoción incrementa la atención que se presta a la experiencia durante su codificación (Anderson, 2005), la segunda postula que la memoria de experiencias que provocaron activación periférica puede ser fortalecida por una subsiguiente re-experimentación (Guy y Cahill, 1999), y la tercera posible causa es la hipótesis de perseveración-consolidación (McGaugh, 2006), la cual asume que los procesos neuronales iniciados por una experiencia se perseveran y se consolidan a través del tiempo; la activación emocional puede activar procesos neurobiológicos que modulan la consolidación en la memoria de las experiencias.

Atención

Los estímulos emocionales capturan la atención de manera única y diferente a como ocurre con los estímulos neutros. Esto puede deberse a una necesidad evolutiva, es decir, aquellos estímulos que provocan emoción se atienden más, dadas las consecuencias (positivas o negativas) que pueden traer consigo para el organismo que los percibe (Anderson, 2005).

Se ha estudiado el efecto de la emoción en la atención por medio de la ceguera atencional (*Attentional blink*), que se refiere a que cuando un estímulo *target* es identificado, el que le precede es menos atendido. El efecto de la emoción sobre la

atención se ha observado por el hecho de que cuando el segundo estímulo es emocional, no se produce la ceguera atencional. Lo anterior implica que los estímulos que tienen contenido emocional capturan más la atención que los neutros (Anderson, 2005).

El daño en la amígdala afecta la facilitación atencional que se da para los estímulos emocionales en los paradigmas de ceguera atencional, lo que sugiere que esta estructura juega un papel crucial en la facilitación de la atención por la emoción (Anderson & Phelps, 2001).

Re-experimentación

También se ha propuesto que los eventos emocionales se recuerdan más que los no emocionales porque las personas que los experimentan lo vuelven a re-experimentar o hablan más de ellos que de otros eventos. Se ha sugerido que esta re-experimentación puede explicar la mayor precisión en el recuerdo de estos eventos (Neisser, Winograd, Shreiber, Palmer & Weldon, 1996). Finkenauer, Liminet, Gisle, El-Ahmadi, Van der Linden & Philippot (1998) proponen que la activación del Sistema Nervioso asociada a la emoción influye en la memoria, principalmente porque influye en la re-experimentación.

Sin embargo, en diversos estudios en los que debido a la naturaleza del diseño experimental no es posible que los participantes hablen de los eventos emocionales (Adolphs *et al.*, 1997; Cahill *et al.*, 1996, Smith *et al.*, 2004a; 2004b; Gray *et al.*, 2005; Nielson & Bryant, 2005; Smith, Henson, Rugg & Dolan, 2005; LaBar &

Cabeza, 2006; Schaefer, Pottage & Rickart, 2006; Smith et al., 2006; Erk et al., 2007; Liu et al., 2008), se ha encontrado que estos eventos se recuerdan más que los no emocionales, lo cual no apoya la hipótesis de la re-experimentación como la causa del efecto de la emoción sobre la memoria.

Guy y Cahill (1999) investigaron si la re-experimentación es suficiente para potenciar la memoria de los eventos emocionales. Para ello, los autores manipularon que los participantes hablaran o no sobre ciertos eventos emocionales y no emocionales, y encontraron que aun cuando los participantes no hablaban en lo absoluto de ninguno de los eventos, los emocionales se recordaron más que los neutros y ocurría lo mismo cuando hablaban de los eventos emocionales. Esto sugiere que la re-experimentación no es suficiente para explicar los efectos de la emoción en la memoria.

Perseveración-consolidación

Por otra parte, existe evidencia que apoya la hipótesis de perseveración-consolidación. Por ejemplo, hormonas tales como la adrenalina y el cortisol se ven involucradas en la mejora de la memoria asociada a una emoción (McGaugh, 2006).

Dentro de los procesos neurobiológicos que se han identificado como posibles responsables de que la emoción influya sobre la memoria, se encuentra la activación de la amígdala (Cahill & McGaugh, 1996; Kilpatrick & Cahill, 2003; Dolcos, LaBar & Cabeza, 2004; Phelps, 2004; LaBar & Cabeza, 2006; McGaugh, 2006). La amígdala

se activa ante experiencias emocionales que causan activación del sistema nervioso autónomo (Kilpatrick & Cahill, 2003; Phelps, 2004). Del mismo modo, el incremento en la actividad de la amígdala durante la experiencia emocional conlleva un incremento en la actividad parahipocámpal y en la corteza prefrontal dorsolateral.

Esto apoya la hipótesis de que la actividad de la amígdala asociada a la experiencia emocional modula la memoria, ya que la región parahipocámpal y la corteza prefrontal dorsolateral están estrechamente relacionadas con la memoria episódica. Esto probablemente ocurre en el momento en el que se da la activación durante la situación de aprendizaje.

Dolcos, La Bar & Cabeza (2004) encontraron con la técnica de IRMf en humanos que la información se recuerda más cuando hay contenido emocional. También observaron mayor activación en la amígdala y el lóbulo temporal medial para estímulos emocionales que cuando éstos eran neutros. Además, encontraron que la actividad en las regiones anteriores durante la codificación predijo mejor la memoria para estímulos emocionales, mientras que la actividad en regiones posteriores predijo mejor la memoria para estímulos neutros. Estos resultados proporcionan evidencia de que la interacción entre la amígdala y el lóbulo temporal medial mejoran la memoria.

También se ha observado que pacientes neurológicos con daño en la amígdala no recuerdan los eventos con contenido emocional más que los neutros, contrario a lo que ocurre en personas sin este tipo de daño (Phelps, 2004).

Probablemente, el recuerdo de las experiencias emocionales se basa en la recapitulación de la actividad cerebral involucrada en la experiencia original del estado emocional. Durante el recuerdo de memorias emocionales, estructuras neuronales típicamente asociadas con la emoción son activadas junto con estructuras neuronales involucradas en procesos más generales de recuperación y reconocimiento. Para probar esto es necesario comparar la actividad durante la codificación y la recuperación (o reconocimiento) de los eventos emocionales. Smith, et al. (2004b) encontraron actividad de áreas comunes durante la codificación y recuperación de contextos emocionales, estas áreas incluyen la amígdala izquierda y el giro angular izquierdo. Al estudiar la influencia de la memoria y la emoción hay aspectos que resulta útil abordar para tener un panorama más completo del problema. Estos aspectos son la valencia y el nivel de activación.

1.2.2. Valencia y Nivel de activación

Las memorias emocionales pueden ser estudiadas de acuerdo a tres dimensiones ortogonales: 1) Nivel de intensidad o activación: la emoción puede provocar una respuesta fisiológica intensa o leve (Philippe, Lecours & Beaulieu-Pelletier 2009; Van Strien, Langeslag, Strekalova, Gootjes & Franken, 2009); 2) Valencia: las emociones pueden ser positivas o negativas (Philippe et al., 2009; Van serien et al., 2009); y 3) Estructura Asociativa: las memorias emocionales suelen vincularse entre sí (Philippe et al., 2009). Tanto el nivel de activación como la valencia pueden tener efectos sobre la memoria (Van Serien et al., 2009). Por otra parte, la estructura asociativa se refiere a que las memorias emocionales se dan dentro de redes asociativas, los

eventos tienden a ligarse cuando el contenido emocional es parecido. Estas redes de contextos emocionales son, relativamente, dependientes del contexto y sensibles a claves externas, por lo que una clave puede activar diversas memorias relacionadas con un mismo contexto (Conway & Playdell-Pearce, 2000; Philippe et al., 2009).

Kesinger y Corkin (2004) proponen que la información se asocia a la activación del sistema nervioso autónomo de manera automática y es mediada por el complejo amigdalario-hipocámpico, mientras que el fortalecimiento de la memoria provocado por la valencia emocional ocurre a través del proceso de codificación mediado por la comunicación entre la corteza prefrontal y el hipocampo.

1.2.3. Contexto emocional y memoria

La mayoría de los estudios han investigado la codificación y recuperación de material con contenido emocional (Adolphs et al., 1997; Cahill et al., 1996, LaBar & Cabeza, 2006), lo cual tiene la desventaja de que los efectos de diferentes estados emocionales y los efectos del material en sí, no pueden ser distinguidos (Erk et al., 2003).

Cuando se ha estudiado por separado la influencia del contexto emocional sobre el recuerdo de material neutro, algunos autores (Ashby, Isen & Turken, 1999; Fiedler, 1988; Erk et al., 2003; Erk Martin & Walter, 2005; Smith et al., 2004a; 2004b) han encontrado diferencias en el recuerdo en función de la valencia del contexto; mientras que otros (Nielson & Bryant, 2005; Liu et al., 2008) han observado que el

recuerdo de los estímulos es mejor cuando el contexto es emocional que cuando es neutro, independientemente de si la valencia emocional es negativa o positiva.

Asimismo, se ha observado que la actividad cerebral varía en función de si el contexto en que se codificó la información fue positivo, negativo o neutro (Erk *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2004a; 2004b). Un método para estudiar el efecto de recordar estímulos en contextos emocionales con valencia positiva o negativa, consiste en inducir un estado emocional antes de la recuperación de los estímulos.

Por ejemplo, Liu *et al.* (2008) presentaron imágenes positivas, negativas y neutras en la fase de aprendizaje, y después dividieron la muestra en tres grupos. A un grupo le presentaron videos que inducían emociones positivas, a otro grupo le presentaron videos que provocaban emociones negativas y el tercer grupo observó videos emocionalmente neutros. La prueba de recuerdo libre aplicada una semana después demostró que los estímulos positivos y negativos que se vieron acompañados de un contexto post- aprendizaje positivo o negativo se recordaron más que los estímulos neutros acompañados de un contexto post-aprendizaje neutro.

Por otra parte, Neilson y Bryant (2005) estudiaron el efecto de presentar estímulos neutros seguidos de tres tipos de contextos emocionales. En este estudio se dividió a la muestra en tres grupos y cada uno estuvo expuesto a un tipo diferente de contexto: neutro, recompensa monetaria y recompensa social (expresiones de

aprobación, por ejemplo, *Bien hecho*). Los resultados mostraron que el grupo que recibió recompensa monetaria presentó mejor ejecución que los otros dos grupos.

Los estudios de Liu *et al.*, (2008) y de Neilson y Bryant (2007) muestran que la memoria se ve favorecida ante la presencia de contextos emocionales. Sin embargo, en estos estudios no se presentan todos los contextos a un mismo participante.

Gray *et al.*, (2002) estudiaron los efectos de inducir determinado humor en una tarea de memoria de trabajo (*3-back*) que consistía en el recuerdo de caras. Antes de la presentación de los estímulos a recordar se presentó una imagen con valencia positiva, negativa o neutra. Los autores encontraron que los sujetos tuvieron mejor ejecución cuando el contexto era negativo en comparación con los otros dos contextos. En cambio, cuando emplearon palabras como estímulos, el desempeño de los sujetos fue mejor si el humor inducido era positivo en comparación con el negativo o neutro. Con esta misma tarea de memoria de trabajo, Schaefer *et al.* (2006) encontraron que los sujetos recordaron más caras cuando se inducía un estado emocional positivo que cuando se provocaba uno negativo. Por medio de la técnica de IRMf, los autores encontraron que independientemente de la tarea y de la valencia, la activación de la amígdala se correlacionó negativamente con la velocidad de respuesta.

En otra tarea de memoria de trabajo, Erk *et al.* (2007) encontraron una mejor ejecución cuando los estímulos fueron presentados en un contexto emocional que

cuando fueron presentados en uno neutro; sin embargo, esto sólo se observó cuando la carga de trabajo en la tarea de memoria era alta.

Los estudios de memoria episódica han reportado que existen diferencias conductuales (Smith *et al.*, 2004a; 2004b; Smith et al, 2005; Smith et al., 2006) y neurofisiológicas (Maratos & Rugg, 2001; Maratos et al, 2001; Smith *et al.*, 2004a; 2004b; Erk *et al.*, 2005; Fenker et al., 2005; Smith et al, 2005; Smith et al., 2006) entre estímulos neutros codificados en contextos emocionales.

1.2.4. Estudios neurofisiológicos de emoción y memoria episódica

La evidencia empírica demuestra que la emoción modula la actividad cerebral en el momento en que un evento episódico es codificado (p.e. Erk et al., 2003; Dolcos & Cabeza, 2002; Kiefer, Schuch, Schenck & Fiedler, 2007) o recuperado (p.e Maratos & Rugg, 2001; Smith et al., 2004a; 2004b)

1.2.4.1. Codificación

La emoción modula la actividad cerebral desde el momento en que la información es aprendida. Por ejemplo, Palomba, Angrilli y Mini (1997) midieron los PRE durante la codificación de imágenes emocionales y neutras, y encontraron que la amplitud para los PRE registrados en una derivación parietal de los 600 a 900 ms (Pz) se correlacionó positivamente con el número de imágenes subsecuentemente

recordadas. . Lo anterior indica que la facilitación del recuerdo por la emoción puede estar asociada a una mayor actividad cerebral desde el aprendizaje de eventos emocionales.

También se ha observado que el experimentar un evento emocional modula la actividad cerebral dependiendo de si los estímulos son subsecuentemente recordados u olvidados. Es decir, la emoción influye en los EMS.

Por medio de la técnica de PRE, Dolcos y Cabeza (2002) investigaron si el codificar imágenes emocionales positivas, negativas y no emocionales tenía influencia en los EMS. Los autores observaron que, independientemente de la valencia, las imágenes emocionales provocaron mayor amplitud en una serie de componentes identificados como N200, N300, P300 y Onda Lenta. Los EMS fueron observados entre los 400 y 600ms, latencia correspondiente a la P300; este componente no fue sensible a la valencia, pero ambas condiciones emocionales causaron mayor amplitud que la condición neutra.

El efecto de la valencia en los EMS también ha sido estudiado usando caras como estímulos (Righi, Marzi, Toscani, Baldssi, Ottonello & Viggiano, 2012). En el estudio de Righi *et al.*(2012), la N100, N170 y el Potencial Positivo Tardío (PPT) fueron medidos durante la codificación; sin embargo, sólo el PPT observado en derivaciones parietales de los 350 a los 600ms mostró EMS. En contraste a lo observado por Dolcos & Cabeza (2002), este componente PPT sí fue modulado por la valencia, dado que caras con expresión negativa (miedo) provocaron

mayores EMS positivos que las caras neutras, mientras que aquellos rostros con expresión positiva no difirieron de los otros tipos de expresión facial.

Los estudios de Dolcos y Cabeza (2002) y de Righi et al. (2012) brindan información acerca de la actividad cerebral asociada a la codificación de estímulos con contenido emocional. Sin embargo, la actividad cerebral que ocurre durante la codificación de eventos neutros presentados bajo contextos emocionales ha sido poco estudiada. Un trabajo (Erk et al., 2003) ha abordado esta pregunta mediante la técnica de RMf. Los resultados de este estudio mostraron que la amígdala presentó mayor activación para aquellos eventos codificados en contextos negativos, mientras que la corteza prefrontal se activó más para los eventos codificados en un contexto positivo.

Por otra parte, Kiefer et al. (2007) examinaron los EMS usando la técnica de PRE. Sin embargo, en vez de investigar los efectos de codificar estímulos bajo diferentes contextos emocionales, los autores examinaron estos efectos en participantes en quienes se había inducido un humor positivo o negativo. Con este método, demostraron que un estado emocional puede influir en las respuestas neurofisiológicas que predicen la memoria ulterior. Los EMS entre los 500 y 650 ms después del estímulo presentaron mayor amplitud positiva en derivaciones centro-parietales y mayor amplitud negativa en derivaciones fronto-temporales para aquellos individuos en los que se había inducido humor positivo. No obstante, este estudio no permite conocer cómo varían los EMS cuando la valencia emocional del contexto varía entre ensayos, el cuál fue el objetivo del presente trabajo.

1.2.4.2. Reconocimiento

La emoción puede modular la actividad cerebral no sólo durante el proceso de aprendizaje, sino también durante la fase de evocación, ya sea para procesos de recuperación o de reconocimiento (p.e. Maratos & Rugg, 2001; Smith et al., 2004a; 2004b).

Maratos y Rugg (2001) realizaron dos experimentos con la técnica de PRE para estudiar si el recuerdo de palabras emocionalmente neutras era mejor cuando éstas eran codificadas en un contexto con valencia negativa, positiva o neutra. En los dos experimentos, la fase de codificación consistió en presentar las palabras en una oración con valencia negativa o positiva. En el primer experimento, durante la fase de reconocimiento, los sujetos tenían que indicar si las palabras se habían presentado con anterioridad o no. En el segundo experimento, además de indicar si la palabra era vieja o nueva, los sujetos tenían que indicar en el caso de que la palabra fuera vieja, si ésta se había presentado en un contexto positivo o negativo. Los autores no encontraron diferencias significativas a nivel conductual. Sin embargo, sí se encontraron diferencias a nivel fisiológico: el componente viejo/nuevo parietal izquierdo fue mayor y más duradero para los estímulos codificados en un contexto negativo. Por otro lado, el componente viejo/nuevo frontal derecho sólo se observó ante la presencia de *hits* (estímulos presentados en la fase de codificación y clasificados correctamente como viejos) codificados en alguno de los contextos emocionales. Los autores interpretaron el efecto viejo/nuevo parietal izquierdo como evidencia de que la recuperación estuvo asociada a mayor información cuando el

contexto era negativo que cuando era no emocional. El componente viejo/nuevo frontal derecho fue interpretado por los autores como indicador de los procesos de evaluación y de monitoreo de la corteza prefrontal que ocurren en mayor proporción cuando la recuperación de información incluye un contexto emocional que cuando no lo incluye.

En el segundo experimento sí se encontraron diferencias conductuales, se presentaron más respuestas correctas para los estímulos codificados en un contexto negativo. Sin embargo, a nivel fisiológico no se encontraron diferencias significativas en los componentes viejo/nuevo frontal derecho ni parietal izquierdo en función del contexto. Aunque se observó un componente positivo bilateral en la región posterior. De acuerdo con los autores, este componente podría representar un correlato neuronal de la recuperación específica del contexto emocional. Maratos y Rugg (2001) proponen que sus resultados no sugieren que los componentes asociados a los estímulos codificados en un contexto negativo sean exclusivos de la recuperación de información emocional, sino que la emoción modula ambos componentes.

Smith *et al.* (2004a) también investigaron con PRE el efecto de variar el contexto emocional en la codificación de estímulos neutros. Sin embargo, estos autores utilizaron imágenes como estímulos y contextos con el argumento de que las imágenes son más efectivas para inducir un determinado estado emocional que las oraciones.

En la fase de estudio presentaron imágenes neutras, positivas o negativas, e inmediatamente después se presentaron superpuestas a las imágenes emocionales imágenes de objetos neutros delimitadas por un recuadro. En la fase de reconocimiento se presentaron las imágenes de los mismos objetos neutros con las de objetos neutros nuevos, los sujetos debían indicar si los objetos eran viejos o nuevos. Los resultados conductuales mostraron que los estímulos presentados en un contexto emocional positivo se recordaron mejor que aquellos presentados en un contexto neutro o negativo. Para el análisis fisiológico, dado que no hubo diferencias significativas en los PRE entre los estímulos codificados en un contexto positivo y los codificados en uno negativo, estos fueron colapsados en una misma condición emocional. De manera opuesta al estudio de Maratos y Rugg (2001), los resultados mostraron que el componente viejo/nuevo parietal izquierdo se presentó independientemente del contexto en que fueron codificados los estímulos; es decir, no hubo diferencias en este componente entre los estímulos codificados en un contexto emocional y los codificados en uno neutro.

En cambio, el componente viejo/nuevo frontal tardío presentó menor amplitud cuando los estímulos habían sido codificados en un contexto neutro que en uno emocional. Estos resultados coinciden con los de Maratos y Rugg (2001). Asimismo, Smith et al. (2004a) encontraron un efecto adicional modulado por la emoción, el cual se presentó alrededor de los 800 milisegundos post-estímulo en la región izquierda anterior. Los autores interpretaron este efecto como un correlato del procesamiento específico de la emoción que se da después de la recuperación del estímulo.

También, Smith *et al.* (2004a) realizaron un segundo experimento con un diseño similar al anteriormente descrito, la única diferencia fue que para las imágenes viejas los participantes tenían que indicar el contexto en que éstas habían sido codificadas: positivo, negativo o neutro. Los datos fisiológicos revelaron que el componente viejo/nuevo parietal izquierdo se presentó por igual ante todos los estímulos, independientemente del contexto en que fueron previamente presentados. Se presentaron dos componentes adicionales ante los estímulos codificados en contextos emocionales, uno positivo al rededor a los 250 ms en la región temporal posterior lateral derecha, y otro también positivo alrededor de los 800 ms en la región izquierda temporal y central.

Los resultados de estos experimentos sugieren que existe una diferencia cuantitativa en los procesos de reconocimiento y recuperación de estímulos codificados en contextos neutros comparados con aquellos codificados en contextos emocionales. No obstante, no se encontraron diferencias neurofisiológicas en función de la valencia emocional.

Los estudios de Maratos y Rugg (2001) y de Smith *et al.* (2004a) demostraron que existen diferencias neurofisiológicas en función de si los estímulos se codificaron o no en un contexto emocional; en particular, en el efecto viejo/nuevo y en el componente tardío que se encontró asociado al procesamiento de la emoción. Los datos de estos autores sugieren que aun cuando la conducta de los sujetos no refleja diferencias en función del contexto en que se procesaron los estímulos, a nivel

fisiológico sí ocurren diferencias. El hecho de que el efecto viejo/nuevo presentó mayor amplitud ante los estímulos presentados en contextos emocionales, podría estar relacionado con un mayor grado de reconocimiento de los estímulos e incluso con un mayor grado de recuperación de detalles asociados al evento. Esto podría apoyar la hipótesis de la perseveración-consolidación (McGaugh, 2006) dado que implica que la actividad cerebral asociada a la codificación de eventos con componentes emocionales repercute en la consolidación y recuperación de estos eventos.

De acuerdo con Smith et al. (2004a), la diferencia entre sus resultados conductuales y los de Maratos y Rugg (2001), quizá se deba a que las imágenes son más susceptibles de causar emoción que las oraciones. Sin embargo, más que el tipo de estímulo, lo que podría explicar estas diferencias es el nivel de activación provocado en los sujetos, ya que es una dimensión de la emoción que debe ser considerada, puesto que se ha observado que influye en la memoria (Philippe et al., 2009; Van Strien et al., 2009).

En otro estudio de Maratos et al. (2001), en el que usaron palabras neutras como estímulos y oraciones neutras, positivas y negativas como contextos, no se encontraron diferencias en el porcentaje de respuestas correctas en función del contexto en que se codificaron los estímulos. Sin embargo, sí se encontraron diferencias en la actividad cerebral en función de los contextos. Se observó mayor activación de la corteza prefrontal dorsolateral derecha, el cuneus, la corteza temporal superior bilateral, el hipocampo, la amígdala y la corteza auditiva primaria,

durante el reconocimiento de los estímulos codificados en un contexto negativo en comparación con aquellos estímulos codificados en un contexto neutro. En cambio, durante el reconocimiento de palabras codificadas en un contexto positivo, se encontró mayor activación de la corteza prefrontal derecha anterior, la corteza orbitofrontal bilateral y la región anterior temporal medial, en comparación con los estímulos codificados en contextos neutros. Estos datos sugieren que la información contextual es procesada por diferentes sistemas de memoria dependiendo de la valencia emocional de los contextos, lo cual coincide con estudios posteriores (Erk et al., 2005; Smith et al., 2005; Smith et al., 2006) en los que se comparó la actividad cerebral asociada al recuerdo de estímulos codificados en contextos neutros o con valencia emocional positiva o negativa; en ellos se encontró diferente actividad cerebral en función de la valencia del contexto emocional.

En un estudio de Smith et al. (2004b), parecido al experimento 1 del estudio de Smith et al. (2004a), pero con la técnica de RMf, se encontró que aquellos estímulos codificados en un contexto positivo se recordaron más que aquellos previamente presentados en un contexto negativo o neutro, no encontraron diferencias entre estos dos últimos tipos de estímulos. A nivel fisiológico, los autores encontraron durante el reconocimiento que los estímulos codificados en algún contexto emocional generaron mayor activación en áreas relacionadas con la memoria episódica, tales como la corteza parahipocampal, el hipocampo y la corteza prefrontal, que los estímulos codificados en un contexto neutro. Los autores interpretaron que el reconocimiento de los estímulos codificados en un contexto emocional *versus* los codificados en un contexto neutro está asociado a la recuperación de una mayor cantidad de

información. Además, los autores encontraron que los estímulos presentados en un contexto emocional se relacionaron con mayor actividad de áreas relacionadas con el procesamiento de la emoción, incluyendo la amígdala, la corteza prefrontal orbitofrontal y la corteza cingulada anterior. Esto puede implicar que las áreas relacionadas con el procesamiento de la emoción son las mismas implicadas en el recuerdo de eventos emocionales.

Los estudios descritos demuestran que la emoción influye en la memoria.

Experimentar un evento en un contexto emocional tiene efectos en el recuerdo de ese evento. En ocasiones estos efectos no se ven reflejados en la conducta aunque sí en la actividad cerebral, ya que ésta es diferente cuando se codifica la información en un contexto emocional que cuando se realiza en uno neutro.

Los hallazgos de los estudios citados demuestran que diversos circuitos cerebrales están involucrados en el procesamiento del contexto, dependiendo si éste es de valencia emocional positiva o negativa.

Por otra parte, dado que la memoria emocional no sólo depende de la valencia del contenido emocional, sino también del nivel de activación que ésta provoca en las personas, es necesario llevar a cabo investigación que cuente con medidas objetivas de la activación fisiológica que presentan los sujetos al momento de experimentar una situación emocional.

2. Método

2.1. Planteamiento del problema

Existe evidencia de que la emoción favorece a la memoria (Cahill & McGaugh, 1998; Maratos & Rugg, 2001; Erk *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2004a; Erk *et al.*, 2005; LaBar & Cabeza, 2006), pero pocos estudios (Maratos & Rugg, 2001; Smith *et al.*, 2004a; Erk *et al.*, 2005) han investigado el efecto de manipular el contexto emocional de los estímulos sobre la memoria. Aunque varios estudios han demostrado que el contexto positivo favorece la memoria en mayor medida (Erk *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2004a; Smith *et al.*, 2004b), aun existe inconsistencia en los hallazgos fisiológicos, Maratos *et al.* (2001) reportaron que el contexto emocional modula los efectos viejo/nuevo parietal izquierdo y frontal derecho, pero Smith *et al.* (2004a) encontraron que la emoción sólo modula el efecto viejo/nuevo frontal derecho y reportaron nuevos efectos que posiblemente sean provocados por la emoción. Por otra parte, con la técnica de ERP sólo Kiefer *et al.* (2007) investigaron la actividad eléctrica cerebral durante la codificación bajo emoción positiva y negativa, pero no se manipuló directamente la valencia del contexto. Del mismo modo, sobresale el hecho de que en ninguno de estos estudios se llevó a cabo el registro de alguna respuesta autonómica con el fin de garantizar que efectivamente los contextos emocionales provocaban una experiencia emocional en los sujetos. Esta información es valiosa puesto que existe gran variabilidad entre las personas y no es posible asumir que un contexto emocional determinado provoca el mismo grado de emoción en todos los sujetos. De hecho, esta variabilidad podría explicar la inconsistencia entre los hallazgos.

En el presente estudio se propuso investigar mediante la técnica de PRE el efecto de codificar estímulos neutros en tres contextos emocionales: positivo, negativo y no emocional sobre la memoria episódica, tanto en la codificación como en el reconocimiento de la información. Se empleó la técnica de PRE debido a su gran resolución temporal y se llevaron a cabo registros de RGP y FC para determinar si los contextos se asocian o no a cambios en el sistema nervioso autónomo. La emoción se ve acompañada por respuestas autonómicas (Scherer, 2000) y entre las medidas más frecuentes que se emplean para estudiar este tipo de respuestas se encuentran la RGP y la FC.

El presente estudio permitió establecer los correlatos neurofisiológicos a través de los PRE y autonómicos a través de la RGP y la FC, de la codificación y el reconocimiento de información neutra codificada en contextos emocionales positivos, negativos y no emocionales. Los hallazgos contribuyen a esclarecer las inconsistencias en los resultados reportados por los dos estudios previos que han manipulado el contexto emocional en que se presenta la información (Maratos *et al.*, 2001; Erk *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2004a; Smith *et al.*, 2004b), debido a que se contó con el registro de tres respuestas autonómicas, que permitieron establecer si los sujetos efectivamente experimentaron emoción o no ante los distintos contextos emocionales, lo cual ha estado ausente en los estudios previos. Asimismo, proporciona información sobre los correlatos neurofisiológicos que ocurren en la codificación de información en los distintos contextos emocionales y que tampoco fue abordado previamente en estos estudios. El conocer el efecto conductual,

autonómico y neurofuncional de los distintos contextos emocionales sobre la memoria puede ser de gran utilidad para planear o proponer estrategias que favorezcan la memoria de las personas.

El procedimiento utilizado en este estudio tuvo la ventaja de integrar el estímulo a ser recordado con los contextos. Diversos estudios (p.ej., Maratos et al, 2001; Erk et al, 2003; Smith et al, 2004a; 2004b) han usado escenas del *International Affective Picture System* (IAPS) (Lang, Bradley & Cuthberth, 1999) como contextos emocionales, las cuales no están relacionadas con el estímulo, además de que existe la posibilidad de que no produzcan emoción de la misma manera entre los individuos, ya que están altamente influenciadas por género y cultura (Brown & Macefield, 2014; Proverbio, Adorni, Zani & Trestianu). Adicionalmente, se seleccionó el uso de rostros dado que son estímulos socialmente relevantes y difíciles de recordar. Por lo tanto, el paradigma usado en esta investigación trató de aproximarse a una situación de la vida real.

2.2. Preguntas de Investigación

¿Influirán distintos contextos emocionales (positivo, negativo y no emocional) presentados durante la codificación de estímulos neutros en el reconocimiento ulterior de estos?

¿Influirán distintos contextos emocionales (positivo, negativo y no emocional) presentados durante la codificación en la actividad electrofisiológica durante esta fase?

¿Influirán distintos contextos emocionales (positivo, negativo y no emocional) presentados durante la codificación en la actividad electrofisiológica durante la fase de reconocimiento?

2.3. Objetivos

- Determinar si el contexto positivo, negativo o no emocional en el que se codifican estímulos neutros influye en su reconocimiento ulterior.
- Determinar si el contexto positivo, negativo o no emocional en el que se codifican estímulos neutros influye en la actividad eléctrica cerebral durante la fase de codificación.
- Determinar si el contexto positivo, negativo o no emocional en el que se codifican estímulos neutros influye en la actividad eléctrica cerebral durante la fase de reconocimiento.

- Determinar si la RGP y la FC varían en función del contexto emocional en el que se muestren los estímulos neutros durante la codificación.

2.4. Hipótesis

2.4.1 Hipótesis Conductuales

- El reconocimiento será mayor para aquellos estímulos neutros codificados en un contexto emocional positivo.
- Los tiempos de reacción durante el reconocimiento serán menores para aquellos estímulos neutros codificados en un contexto emocional positivo.

2.4.2. Hipótesis Fisiológicas

- En la fase de codificación, para la primera presentación de la cara, se presentará el EMS parietal para todas las condiciones.
- En la fase de codificación, para la primera presentación de la cara, se presentará el EMS frontal para todas las condiciones.
- En la fase de codificación, los EMS serán de mayor amplitud en derivaciones frontales y parietales de los 200 a 500 ms para aquellos estímulos codificados en los contextos emocionales, en comparación con el contexto neutro.

- En la fase de codificación, los EMS para la N170 será mayor para los estímulos codificados en los contextos emocionales, en comparación con los codificados en el contexto neutro.
- En la fase de codificación se presentará mayor magnitud de la RGP y la FC durante la codificación de estímulos presentados en contextos emocionalmente positivos y negativos, pero no ante estímulos codificados en el contexto no emocional.
- En la fase de reconocimiento, el componente FN400 presentará mayor amplitud para aquellos estímulos codificados en un contexto emocional.
- En la fase de reconocimiento, el efecto Viejo/Nuevo Parietal Izquierdo presentará mayor amplitud para aquellos estímulos codificados en un contexto emocional.
- En la fase de reconocimiento, el efecto Viejo/Nuevo Frontal Derecho presentará mayor amplitud para aquellos estímulos codificados en un contexto emocional.

2.5. Participantes

Participaron 28 adultos, cuya edad fue 25.4 ± 3.87 años (Media \pm DE), la mitad fueron hombres y tuvieron 16.9 ± 3.11 años de educación formal. Todos los

participantes fueron diestros, con visión normal o corregida a lo normal, no consumían medicamentos que alteren al sistema nervioso central, ni presentaron trastornos psiquiátricos y/o neurológicos, o eran adictos a drogas y/o alcohol. Los sujetos debieron presentar la cantidad de \$ 200.00 para participar en el estudio (ver sesión de Procedimiento), participaron voluntariamente y firmaron una carta de consentimiento informado. Adicionalmente, se les otorgaron \$100.00 por su participación. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la UNAM.

2.6. Aparatos

Se utilizaron los amplificadores QuickAmp de 126 canales AC y cinco canales DC de *Brain Products* para registrar los PRE, la RGP y la FC. Se empleó el programa *E-Prime* versión 2.0 para mostrar los estímulos y captar las respuestas de los sujetos, y el sistema Patriot de Polhemus para digitalizar la posición de los electrodos.

2.7. Registro electrofisiológico

Para el registro electroencefalográfico (EEG) se colocó una gorra elástica ActiCap con 126 electrodos. El registro de las derivaciones fue monopolar y se empleó como referencia el promedio de todos los electrodos. Se colocó un electrodo en la frente como tierra. El electrooculograma (EOG) se realizó por medio de dos electrodos que se colocaron en la porción lateral del ojo derecho para medir los movimientos horizontales y otros dos en la región supraorbital del ojo izquierdo para medir los

movimientos verticales; este registro fue bipolar y se empleó como referencia el promedio de todos los electrodos. La impedancia de los electrodos se mantuvo menor a los 10 K Ω . Para los registros de EEG y EOG se utilizó una banda de 0.1 a 100 Hz y una tasa de muestreo de 526 Hz. El registro de la RGP se realizó mediante la colocación de dos electrodos, uno en el dedo índice y otro en el dedo medio y se transmitió a través de ellos un voltaje constante de 0.5 v. El registro de la FC se realizó mediante un sensor que se colocó en el lóbulo de la oreja. En el 50% de los sujetos la RGP se midió en la mano derecha. Todos los registros se realizaron de manera continua durante toda la sesión experimental.

2.8. Estímulos

Para la tarea de memoria, un total de 540 fotografías a color de caras neutras fueron usadas. Todas las caras correspondían a personas desconocidas de entre 20 y 80 años. Se usaron caras de individuos de diferentes edades para producir variabilidad entre los estímulos y mejorar el reconocimiento. El 60% de las caras se obtuvo de tres diferentes bases estandarizadas (Martínez & Benavente, 1998; García et al., 2004; Minear & Park, 2004), el resto pertenecían a individuos que fueron fotografiados para el estudio. Todos los rostros fueron sometidos a un análisis en el cual 20 jueces independientes indicaron si las caras tenían expresión neutra. La mitad de los rostros pertenecían a mujeres, y todos los rostros fueron editados para evitar la presencia de accesorios o ropa. Los rostros tuvieron un ángulo visual horizontal de 2.5° y vertical de 3.5°, y el recuadro tuvo un ángulo visual vertical y horizontal de 4.0°

Se emplearon dígitos del 0 al 9 dentro de un recuadro. Los dígitos tuvieron un ángulo visual horizontal de 1° y vertical de 1.5° , y los recuadros tuvieron un ángulo visual horizontal y vertical de 2° . Los dígitos se presentaron en negro, rojo o verde y el recuadro se presentó en color negro, el interior del recuadro fue blanco y el resto de la pantalla se mantuvo en un color gris claro para evitar contrastes. El resto de la pantalla se mantuvo en un color gris claro. Todos los estímulos se presentaron al centro de la pantalla.

2.9. Procedimiento

El estudio consistió en dos sesiones, en la primera de ellas se midió la agudeza visual y se verificó que los participantes cumplieran con los criterios de inclusión. La segunda sesión se llevó a cabo en una cámara sonoamortiguada. Al invitar a los sujetos a participar se les indicó que durante él realizarían dos tareas: una tarea en la que podrían ganar o perder dinero (Paradigma del Desafío) y una tarea de memoria episódica (Paradigma de Reconocimiento Viejo/Nuevo). Por ello, para participar se les pidió que presentaran la cantidad de \$200.00. Se les explicó, que la cantidad máxima que podían perder era de \$ 300.00 y como recibirían \$100.00 de compensación por participar en el estudio, sólo requerían presentar \$ 200.00 para contar con el saldo total en caso de que perdieran en todos los ensayos. Sin embargo, en caso de que durante la tarea los sujetos perdieran dinero, éste se les regresaba posteriormente. Al final del estudio, se les explicó el propósito de la investigación y que desde un inicio el estudio había sido

planeado para evitar que pierdan cantidad alguna. De esta forma se provocaron en el estudio los distintos contextos emocionales que se asociaron a los estímulos neutros cuando estos fueron codificados. El contexto emocional positivo consistió en una recompensa monetaria, el negativo en una pérdida monetaria, y el no emocional en ensayos sin pérdida ni ganancia monetaria.

Antes de realizar la tarea se colocó en la cabeza de los sujetos una gorra elástica con 126 canales para el registro de los PRE; así como los electrodos para medir la RGP y la FC. En seguida, se realizó una digitalización de la posición de cada uno de los electrodos de la gorra. Posteriormente, los sujetos se sentaron en un sillón con respaldo alto a 100 cm de distancia de la pantalla del monitor. En cada uno de los brazos del sillón se colocaron dos cajas de respuesta con un botón al alcance de las manos de los sujetos. Los sujetos realizaron 18 bloques, cada uno consistió en una fase de codificación de 15 ensayos y una fase de reconocimiento de 30 ensayos. Seis bloques se diseñaron para que existiera mayor probabilidad de ganar cada ensayo ($p=.70$), y seis para que hubiera mayor probabilidad de perder ($p=.70$) y los otros seis bloques correspondieron a la tarea control, en la cual no hubo oportunidad de ganar o perder. El orden de los bloques se contrabalanceó entre sujetos. Se le indicó al participante los bloques en los que no había apuesta, pero en aquellos en los que sí había, no se le indicaba si es un bloque diseñado para que gane o pierda. El resultado final varió entre sujetos; la cantidad de dinero que ganaba o perdía cada uno de ellos dependió de su estrategia y del azar.

Se le explicó al sujeto que el objetivo de la tarea que le permitiría ganar o perder dinero consistía en conseguir una suma de 10 a través de los dígitos que se le

presentaran en cada ensayo. El sujeto ganaba el ensayo si su suma era más cercana a 10 que la suma que también realizaba un contrincante virtual en cada ensayo, y perdía el ensayo si su suma era mayor a 10 o si el contrincante obtenía un puntaje más cercano que el participante. Se le indicó al participante que el rostro de la persona que veía era su contrincante.

En la tarea control, el participante debía tratar de acercarse a 10 sin pasarse, en esta condición no ganaba ni perdía dinero, además no se presentaban los dígitos correspondientes al contrincante, sino que se presentaban líneas horizontales.

Una vez terminada la tarea, los participantes tuvieron que contestar un cuestionario en el que indicaran si creían haber ganado o perdido dinero, explicaban la estrategia que utilizaron durante el paradigma de juego e indicaron el grado en que experimentaron ciertas emociones cuando perdían, ganaban o no había apuesta (Ver Anexo 1). Para aquellos participantes que perdieron dinero, éste les fue regresado una vez que abandonaban el laboratorio.

2.9.1. Fase de Codificación

Durante esta fase se llevó a cabo el Paradigma de Desafío y una tarea de codificación de los rostros. (Figura 1) En esta fase los participantes debían emitir tres juicios. El participante podía perder o ganar \$10 en cada ensayo, pero esto no ocurría en la condición control. Cada ensayo comenzó con la presentación de un círculo negro (diámetro de 0.5°) por 200 ms como punto de fijación, después la

pantalla se mantuvo en blanco durante 200 ms. Al término de este periodo se presentó un rostro durante 1000 ms, en seguida permaneció la pantalla en blanco por 1000 ms, el participante debía presionar un botón si el rostro que estaba viendo le parecía de una persona atractiva u otro botón si no (Primer juicio), teniendo en total 2000 ms para emitir su respuesta, posteriormente, se presentaba un cuadrado dividido en cuatro recuadros, aparecía un dígito del 0 al 9 en el recuadro izquierdo superior y otro en el recuadro izquierdo inferior durante 2000 ms, el dígito del recuadro superior correspondía al contrincante y el del recuadro inferior al sujeto. Se le pidió al participante que presionara uno de los botones si deseaba otro dígito o el otro botón si ya no deseaba otro dígito (Segundo juicio). El participante tenía 2000 ms para proporcionar su respuesta a partir de la presentación del primer dígito. Si el participante solicitaba otro dígito, éste aparecía en el recuadro derecho inferior y permanecía durante 2000 ms, si indicaba que ya no quería otra carta, aparecía una línea horizontal. En el recuadro derecho superior aparecía el segundo dígito del contrincante o una línea horizontal indicando que el contrincante no pidió una segunda carta. El dígito del segundo recuadro o línea de quien ganaba (sujeto o contrincante) aparecía en color verde y de quien perdiera en color rojo. Doscientos milisegundos (periodo empleado como línea base) después del segundo dígito ó línea ó signo de interrogación, se proyectó el rostro por segunda vez durante 1000 ms. Posteriormente, la pantalla permanecía en blanco durante 1500 ms. El participante tenía que indicar si le ganó al contrincante o no (Tercer juicio), tuvo 2500 ms para proporcionar su respuesta desde la aparición del rostro. Posteriormente se presentó durante 300 ms, la cantidad de dinero acumulada por el sujeto hasta el momento, en caso de que se

tratara de una pérdida, la cantidad aparecía con signo negativo. El ensayo concluía con la presentación de un círculo verde durante 1000 ms que indicaba al sujeto que podía parpadear.

La fase de codificación de la tarea control fue prácticamente igual a la descrita anteriormente con la diferencia de que en los recuadros superiores (correspondientes al contrincante) siempre se presentaron líneas horizontales en lugar de dígitos, además el color de la segunda línea del contrincante y el segundo dígito del participante o línea, se presentaron en color rojo o verde al azar. La segunda vez que se presentó el rostro del contrincante, el participante debía presionar un botón si la línea de su contrincante apareció en rojo u otro botón si apareció en verde. Dado que en esta condición no ganaban ni perdían dinero, en lugar de presentar la cantidad acumulada se presentaron dos "X".

2.9.2. Fase de Reconocimiento

En esta fase se llevó a cabo el paradigma de reconocimiento Viejo/Nuevo (Figura 1). Cada ensayo comenzó con la presentación de un círculo negro durante 200 ms, después la pantalla permaneció en blanco durante 200 ms. Al término de este periodo se presentó un rostro durante 1000 ms, después la pantalla permaneció en blanco durante 1500 ms. La tarea del sujeto consistía en indicar si el rostro fue presentado previamente en la fase de codificación de ese bloque (viejo) o no (nuevo). El sujeto tenía 2500 ms para emitir su respuesta después de la aparición

del rostro. Al término de este periodo aparecía un círculo verde durante 1000 ms que indicaba al sujeto que podía parpadear. La fase de reconocimiento no cambiaba para la tarea control.

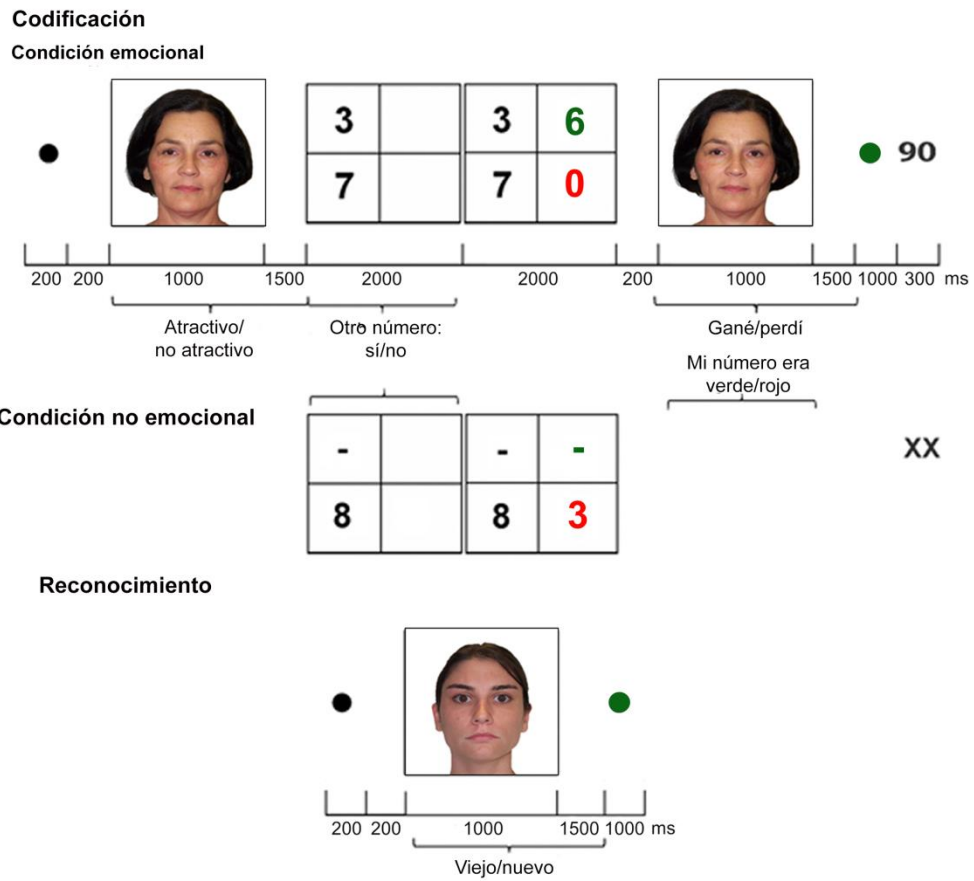


Figura 1. Ejemplo de un ensayo de codificación y un ensayo de reconocimiento.

2.10. Análisis de los Datos

Todos los análisis estuvieron basados en el desempeño de los sujetos en cada ensayo, independientemente del tipo de bloque en el cual cada ensayo apareció. Aquellos ensayos en los que los participantes fallaron en dar respuesta, o se equivocaron durante la codificación, fueron excluidos de los análisis (exclusiones totales = 6.2%: 1.2% para el primer juicio, 2.1% para el segundo juicio y 2.9% para el tercer juicio). De igual manera, aquellos rostros en los que no se dio una respuesta durante la fase de reconocimiento fueron excluidos (2.1%).

2.10.1 Datos Conductuales

Se obtuvieron la media y desviación estándar del porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción.

En este paradigma de reconocimiento, se obtuvieron cuatro diferentes tipos de respuesta: 1) Hits, que se refiere a aquellos estímulos correctamente identificados como viejos, 2) Falsas alarmas, que son aquellos estímulos nuevos y que el participante clasifica como viejos, 3) Nuevas Correctas, que se refiere a los estímulos que no fueron presentados en la fase de codificación y el participante identifica como nuevos y 4) Olvidos, que son aquellos estímulos viejos que el participante identifica como nuevos. Los análisis se hicieron en función de estos tipos de respuesta.

2.10.2. Análisis Fisiológicos

Tanto para la fase de codificación, como para la de reconocimiento, se crearon épocas de 1300ms para el análisis, 200ms fueron registrados antes de la presentación del estímulo y fueron usados como línea base. La señal fue corregida usando el algoritmo del Gratton, Coles & Donchin (1983) para reducir los artefactos originados por movimientos oculares. Los artefactos que quedaron aún después de esta corrección fueron removidos manualmente.

2.10.2.1 Codificación

Para la fase de codificación, se analizó el rostro tanto para la primera como para la segunda vez que se presentó. La amplitud de tres electrodos fue promediada en tres regiones de interés: frontal, parietal y occipital en cada hemisferio (Ver figura 2). La amplitud media de las épocas fue analizada en cuatro ventanas de medición. La primera de estas ventanas se midió entre los 140-200ms con el objetivo de medir la N170 que es un componente ampliamente analizado en estudios con caras (p.e., Lucas, Chiao & Paller, 2011). Los componentes N300 y P300 fueron medidos de los 200-500ms, y son componentes que han sido observados en estudios de emoción (p.e., Shutter, de Hann & Von Honk, 2004; Codispoti, Ferrari & Bradley, 2007). En la siguiente latencia (500-1100ms) se midió

la Onda Lenta, la cual se ha medido en estudios de codificación y emoción (p.e., Dolcos & Cabeza, 2002).

Las caras subsecuentemente reconocidas fueron promediadas dependiendo del contexto en que se habían codificado inicialmente: Emocional positivo, negativo o no emocional. Las caras presentadas durante la codificación que fueron subsecuentemente catalogadas como nuevas (olvidos) fueron promediadas en una sola condición independientemente del contexto en que fueron inicialmente codificadas, esto debido a que el número de ensayos de esta condición no fue suficiente para analizarlas de manera independiente. El número de épocas fue equivalente para cada contexto y para los olvidos [primera cara: $F(3,81)=2.14$, $p=.22$: positivo 59 ± 5.6 , negativo 58 ± 5.1 , no emocional 57 ± 4.8 , olvidos 50 ± 5.0 ; segunda cara: $F(,26)=.11$, $p=.22$: positivo 59 ± 5.6 , negativo 58 ± 5.1 , no emocional 57 ± 4.8 , olvidos 50 ± 5.0].

Se realizaron tres análisis adicionales para excluir la posibilidad de que las respuestas a los tres juicios otorgados durante la codificación influyeran en los efectos de la emoción en la memoria. Para el primer análisis se usaron los mismos factores que en el análisis principal, excepto que fue agregado el factor distinción (Estímulos distintivos: ensayos ganados en bloques de perder y ensayos perdidos en bloques de ganar/ Estímulos no distintivos: ensayos ganados en bloques de ganar y ensayos perdidos en bloques de perder), y el factor tipo de ensayo no incluyó estímulos no emocionales, dado que no hubo ensayos distintivos para este contexto. El segundo análisis, realizado para los PRE y para

la RGP incluyó el factor requerir otro número (si/no) y se mantuvieron los mismos factores que en el análisis principal. El tercer análisis fue idéntico al principal, excepto que todas aquellas caras que habían sido catalogadas como atractivas fueron eliminadas.

2.10.2.2. Reconocimiento

La amplitud de tres electrodos fue promediada en tres regiones de interés: frontal, parietal y occipital en el hemisferio izquierdo, derecho y línea media (Figura 2). La amplitud media de las épocas fue analizada en cuatro ventanas de medición. La primera ventana fue medida entre los 140-200ms con el objetivo de medir la N170, también analizada en la fase de codificación. En las siguientes tres ventanas de medición se buscó medir el efecto viejo/nuevo. De los 200 a los 500ms se midió el componente FN400, el cual se ha visto modulado por la emoción (Maratos & Rugg, 2001). El componente Viejo/nuevo parietal se midió entre los 500-1100ms, así como el componente frontal tardío. Se seleccionó esta latencia para estos componentes con base en estudios de emoción en los que se ha observado el efecto viejo/nuevo (Maratos & Rugg, 2001; Smith et al., 2004a; 2004b).

Para esta fase, las caras fueron promediadas dependiendo del contexto en que se habían codificado inicialmente: Emocional positivo, negativo o no emocional. Por la misma razón que en la fase de codificación, los olvidos fueron colapsados en una sola condición, y se agregó una nueva condición correspondiente a aquellos rostros correctamente identificados como nuevos. El número de épocas fue equivalente para cada contexto, los olvidos y las nuevas [primera cara:

$F(4,108)=3.06$, $p=.09$: positivo 55 ± 6.2 , negativo 54 ± 5.7 , no emocional 56 ± 5.5 , olvidos 52 ± 5.2 ; segunda cara: $F(4,108)=2.94$, $p=.18$: positivo 57 ± 5.9 , negativo 56 ± 4.9 , no emocional 57 ± 5.2 , olvidos 55 ± 5.3].

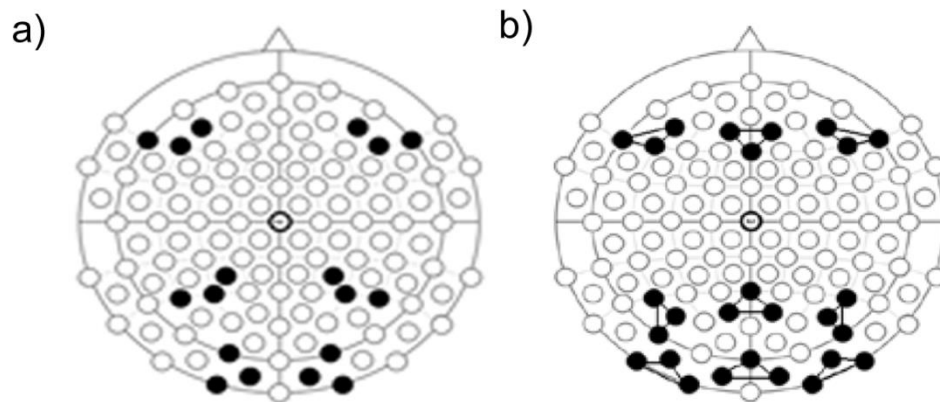


Figura 2. Electrodo utilizados para los análisis fisiológicos en la fase de codificación (a) y de reconocimiento (b).

2.10.2.3. Análisis Topográficos

Se realizaron análisis topográficos para ambas presentaciones de la cara durante la codificación y para el reconocimiento, para las mismas ventanas de medición que para los PRE. Los datos fueron normalizados de acuerdo al método propuesto por McCarthy y Wood (1985).

2.10.2.4. Medidas Autonómicas

Ambas medidas autonómicas, RGP y FC fueron analizadas por un período de 4700 ms a partir de la presentación del segundo número, con el cuál se indicaba si el participante había perdido o ganado el ensayo. Antes del inicio del primer bloque se registró la RGP por 20 segundos como línea base. La RGP fue normalizada de acuerdo al método de Lykken y Venables (1971).

2.11. Análisis Estadísticos

Los datos conductuales y las respuestas autonómicas fueron analizados usando ANOVAs de medidas repetidas, con el factor Tipo de ensayo (positivo, negativo y no emocional).

Los datos del cuestionario (el punto en que la línea de 10cm para cada pictograma era tachada) fueron analizados con un ANOVA de medidas repetidas usando los

siguientes factores: Emoción (los cinco pictogramas) y Contexto (positivo, negativo y no emocional).

Los datos fisiológicos fueron analizados mediante ANOVAs de medidas repetidas para las tres ventanas de medición. En codificación se usaron los siguientes factores: Tipo de ensayo (positivo, negativo, no emocional y olvidos), Posición (frontal, parietal y occipital) y Hemisferio (izquierdo y derecho). Mientras que en reconocimiento, los factores fueron los siguientes: Tipo de ensayo (positivo, negativo, no emocional, olvidos y nuevas), Posición (frontal, parietal y occipital) y Hemisferio (izquierdo, línea media y derecho).

Para los análisis topográficos, los ANOVAs incluyeron los factores tipo de ensayo (Codificación: contexto positivo, contexto negativo, contexto no emocional y olvidos; Reconocimiento: contexto positivo, contexto negativo, contexto no emocional, olvidos y nuevos) y electrodo.

En todos los casos, las interacciones que resultaron significativas fueron analizadas usando la prueba de Tukey. Los grados de libertad fueron corregidos usando el método Greenhouse-Geisser. Se reportan los grados de libertad originales, el coeficiente Greenhouse-Geisser (ϵ) y la probabilidad corregida. El nivel de significancia fue $p < 0.05$.

3. RESULTADOS

3.1. Datos conductuales

Durante la codificación, se presentaron diferencias significativas $t(26) = 66.8, p < .001, d = 20.95, r = .99$, al juzgar si las caras eran no atractivas ($83.7\% \pm 3.6$) o atractivas ($15.2\% \pm 2.9$). Con respecto al segundo juicio, requirieron otro número ($49.8\% \pm 5.6$) en igual medida que decidieron no pedir un segundo número (48.1 ± 5.1) $t(26) = 0.46, p = .65$. Los participantes respondieron $97.1\% \pm 2.3$ correctamente al tercer juicio (gané/perdí, rojo/verde). Los tiempos de reacción fueron equivalentes para el primer juicio $t(26) = 1.2, p = .58$ (atractiva: 810 ± 148 , no atractiva: 821 ± 113) y el segundo juicio $t(26) = 1.6, p = .54$ (requerir otro número: 801 ± 148 no requerir otro número: 797 ± 200). Los tiempos de reacción para las respuestas correctas (521 ± 129) en el tercer juicio fueron más rápidos $t(26) = 8.5, p = .03, d = .52, r = .25$, que para las respuestas incorrectas (592 ± 142).

Los análisis realizados para determinar si el reconocimiento estaba influido por el primer juicio (Atractivo: $F(2, 54) = 4.2, p = .06$ (sí: 70.3 ± 8.1 , no: 73.2 ± 8.6); Atractivo y Contexto: $F(2, 54) = 2.1, p = 0.49$) o el segundo juicio (Requerir un segundo número $F(2, 54) = 2.7, p = 0.45$; Requerir un segundo número y Contexto: $F(2, 54) = 1.39, p = 0.58$) no resultaron significativos. La media de respuestas correctas y los tiempos de reacción para el primer y segundo juicios se muestran para cada contexto en la tabla 1. El efecto de los contextos emocionales en el reconocimiento se analizó de manera independiente.






Tabla 1. Porcentaje de reconocimiento correcto y sus tiempos de reacción (ms) para los dos primeros juicios en los tres diferentes contextos durante la codificación. Desviación estándar entre paréntesis.

	Positivo	Negativo	No emocional
Atractivo	75.1 (9.2) 810 (148)	70.2 (9.3) 821 (113)	69.8 (8.1) 815 (104)
No Atractivo	76.2 (8.5) 784 (146)	72.1 (10.3) 800 (148)	68.21 (7.1) 797 (200)
Requerir otro número	76.2 (10) 821 (129)	72.1 (8.1) 842 (142)	68.6 (8.3) 833 (210)
No requerir otro número	77.8 (9.5) 812 (115)	71.5 (7.1) 805 (140)	68.1 (10.1) 826 (110)

Los hits difirieron significativamente entre contextos $F(2, 54) = 8.30, p = 0.001, \varepsilon = .92, \eta_p^2 = 0.24$, los resultados del análisis post hoc revelaron que el reconocimiento para aquellos estímulos codificados en un contexto emocional positivo ($75.8 \% \pm 12.5$) fue mayor que para aquellos codificados en un contexto emocional negativo ($71.12 \% \pm 10.1$) y en uno no emocional ($69.8 \% \pm 11.5$), estos dos últimos no difirieron entre sí. Los tiempos de reacción fueron mayores para los olvidos ($826 \text{ ms} \pm 131$) $F(3, 81) = 18.16, p < 0.001, \varepsilon = .46, \eta_p^2 = 0.39$ pero fueron equivalentes entre contextos (positivo: 772 ± 64 , negativo: 762 ± 70 , no emocional: 766 ± 70) de acuerdo a los resultados del análisis post hoc. La media del porcentaje de falsas alarmas fue 13.0 ± 8.1 , y la media de los tiempos de sus tiempos de reacción fue $934 \text{ ms} \pm 124$.

El ANOVA para el cuestionario fue significativo $F(2, 54) = 8.30, p = 0.001, \varepsilon = .41, \eta_p^2 = 0.24$. Los análisis post hoc revelaron que los participantes experimentaron más de los primeros dos pictogramas (Tabla 2) en el contexto positivo que en los otros dos, más del tercer pictograma en el contexto no emocional que en los otros dos y más de los dos últimos pictogramas en el contexto negativo que en los otros dos.

Tabla 2. Resultados del cuestionario en el cual los participantes indicaron en una línea de 10 cm el grado en que experimentaban los sentimientos expresados por los pictogramas cuando ganaban (contexto positivo), perdían (contexto negativo) o no había apuesta (contexto no emocional). Se muestra la media (en cm) para cada ícono en cada condición y la desviación estándar entre paréntesis. Números más grandes indican que se experimentó en mayor medida ese sentimiento.

	Positivo	Negativo	No emocional
	9.7 (.41)	1.6 (1.2)	2.3 (.50)
	8.7 (.31)	1.0 (1.0)	3.5 (1.1)
	1.7 (1.3)	4.8 (2.1)	8.2 (1.2)
	1.2 (1)	9.1 (.30)	2.0 (1.7)
	0.8 (.90)	6.6 (2.1)	2.9 (3.1)

3.2. Respuestas autonómicas

El ANOVA para la RGP fue significativo $F(3, 81) = 13.39, p = 0.001, \varepsilon = .87, \eta_p^2 = 0.80$. Los resultados del análisis post hoc mostró que la amplitud no difirió significativamente entre el contexto positivo (valores normalizados: $.34 \pm .07$) y negativo ($.34 \pm .07$), pero ambas respuestas tuvieron mayor amplitud que para el contexto no emocional ($.19 \pm .06$). La amplitud de la RGP para los olvidos ($.21 \pm .11$) no difirió de las otras condiciones (Figura 3). Dado que la amplitud para la RGP parecía diferir al principio de la época (0 ms), se realizó un ANOVA adicional para determinar si esta diferencia era significativa. El análisis resultó significativo $F(3, 81) = 11.9, p = 0.002, \varepsilon = .64, \eta_p^2 = 0.72$; la amplitud para los contextos positivos ($.19 \pm .05$), negativos ($.17 \pm .06$) y olvidos ($.19 \pm .05$) difirió de los contextos no emocionales ($.01 \pm .02$), pero no hubo diferencias entre los tres primeros.

Para confirmar que no había diferencias entre los contextos emocionales positivo y negativo, se midió y analizó el área debajo de la curva mediante un ANOVA de medidas repetidas, el cual resultó significativo $F(3, 81) = 10.84, p = 0.002, \varepsilon = .76, \eta_p^2 = 0.75$. El análisis post hoc mostró que la amplitud para los contextos emocionales positivo ($.48 \pm .12$) y negativo ($.45 \pm .1$) fue equivalente, y ambos difirieron del contexto no emocional ($.19 \pm .08$) y olvidos ($.25 \pm .1$); no hubo diferencias significativas entre estos dos últimos. La latencia para la RGP fue equivalente para todos los tipos de ensayo $F(3, 81) = 0.74, p = .52$ (positivo: 1858 ± 331 ms, negativo: 2218 ± 234 ms, no emocional: 2143 ± 370 , olvidos: 2426 ± 325 ms).

Por otra parte, la FC fue equivalente para todos los tipos de ensayo $F(3, 81) = 2.60, p = .57$ (positivo: 5.5 ± 1.2 ; negativo: 5.4 ± 1.4 ; no emocional: 5.4 ± 1.2 ; olvidos: 5.4 ± 1.3). Dado que estas medidas fueron tomadas por un período de 4.7 segundos, corresponden a $71 \pm 16, 69 \pm 18, 69 \pm 16,$ y 69 ± 17 latidos por minuto, respectivamente.

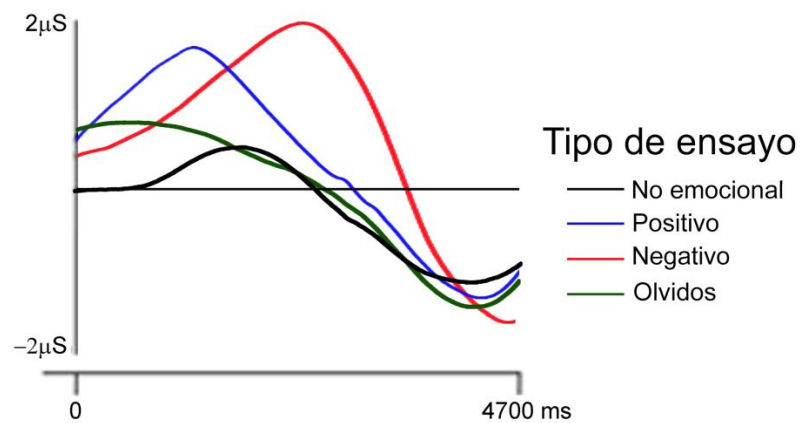


Figura 3. Respuesta galvánica de la piel (RGP) medida en micro siemens (μS) durante la codificación. La RGP fue medida desde la aparición del segundo número hasta la aparición del círculo verde (Duración de la época 4700 ms).

3.3. Resultados de los PRE

3.3.1. Codificación

Los resultados de los ANOVAs para las amplitudes de los PRE se muestran en la Tabla 3. En todas las ventanas de medición a excepción de la ventana de los 200 a 500 ms, todos los componentes mostraron una polaridad inversa que fue positiva en las derivaciones frontales, y negativa en las parietales y occipitales, tanto para la primera presentación de la cara (Figura 4), como para la segunda (Figura 5).

Los ANOVAs para la primera presentación de la cara no fueron significativos para el factor tipo de ensayo, ni para sus interacciones con los factores posición y hemisferio en la primera ventana de medición (140-200 ms). Entre los 200 y 500 ms, la interacción tipo de ensayo, posición y hemisferio fue significativa, los análisis post hoc indicaron que todos los hits presentaron mayor amplitud que los olvidos en derivaciones frontales derechas, mientras que en derivaciones parietales derechas, los olvidos presentaron mayor positividad comparados con el resto de los hits. No se encontraron diferencias significativas entre los hits para los diferentes contextos. Los resultados de los análisis post hoc se muestran en la figura 6. En la última ventana de medición (500-1100 ms), la interacción tipo de ensayo, posición y hemisferio fue significativa, el análisis post hoc reveló que los olvidos tuvieron mayor amplitud negativa en derivaciones occipitales derechas y mayor amplitud positiva en derivaciones frontales derechas que todos los hits, no hubo diferencias significativas entre estos últimos.

Tabla 3. ANOVAs de las amplitudes medias en cada ventana de medición analizada durante la codificación

		<i>F</i>	<i>gl</i>	ε	<i>p</i>	η_p^2
Primera presentación de la cara						
140-200 ms	T	1.04	3.81	.83	.32	.51
	T x P	0.64	6.162	.49	.53	.53
	T x H	1.39	3.81	.70	.55	.10
	T x P x H	0.86	6.162	.44	.51	.21
200-500 ms	T	0.95	3.81	.64	.05	.05
	T x P	1.77	6.162	.42	.16	.20
	T x H	0.70	3.81	.61	.48	.13
	T x P x H	2.35	6.162	.68	.04	.37
500-1100 ms	T	0.95	3.81	.69	.07	.47
	T x P	2.10	6.162	.52	.04	.49
	T x H	0.70	3.81	.66	.23	.19
	T x P x H	3.35	6.162	.54	.03	.21
Segunda presentación de la cara						
140-200 ms	T	3.09	3.81	0.66	0.03	0.14
	T x P	5.88	6.162	0.33	0.01	0.29
	T x H	2.04	3.81	0.77	0.04	0.26
	T x P x H	2.08	6.162	0.52	0.05	0.28
200-500 ms	T	3.80	3.81	0.64	0.12	0.20
	T x P	8.81	6.162	0.50	<.01	0.53
	T x H	1.1	3.81	0.79	0.18	0.17
	T x P x H	.80	6.162	0.68	0.69	0.14
500-1100 ms	T	3.13	3.81	0.73	0.17	0.17
	T x P	10.21	6.162	0.53	0.01	0.49
	T x H	.62	3.81	0.55	0.32	0.12
	T x P x H	1.37	6.162	0.74	0.19	0.30

T = Tipo de ensayo (Positivo, Negativo, No emocional, Olvidos); P = Posición (Frontal, Parietal, Occipital); H = Hemisferio

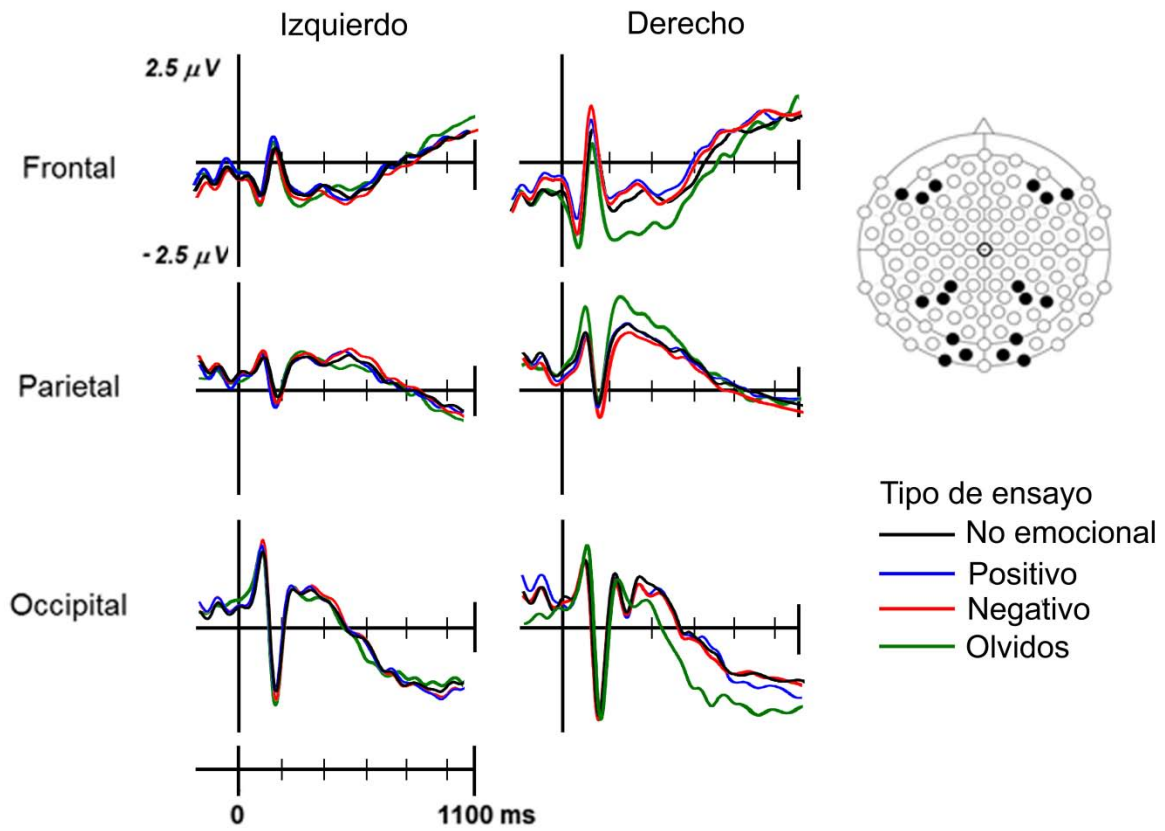


Figura 4. Gran promedio de los PRE durante la codificación de la primera presentación de la cara.

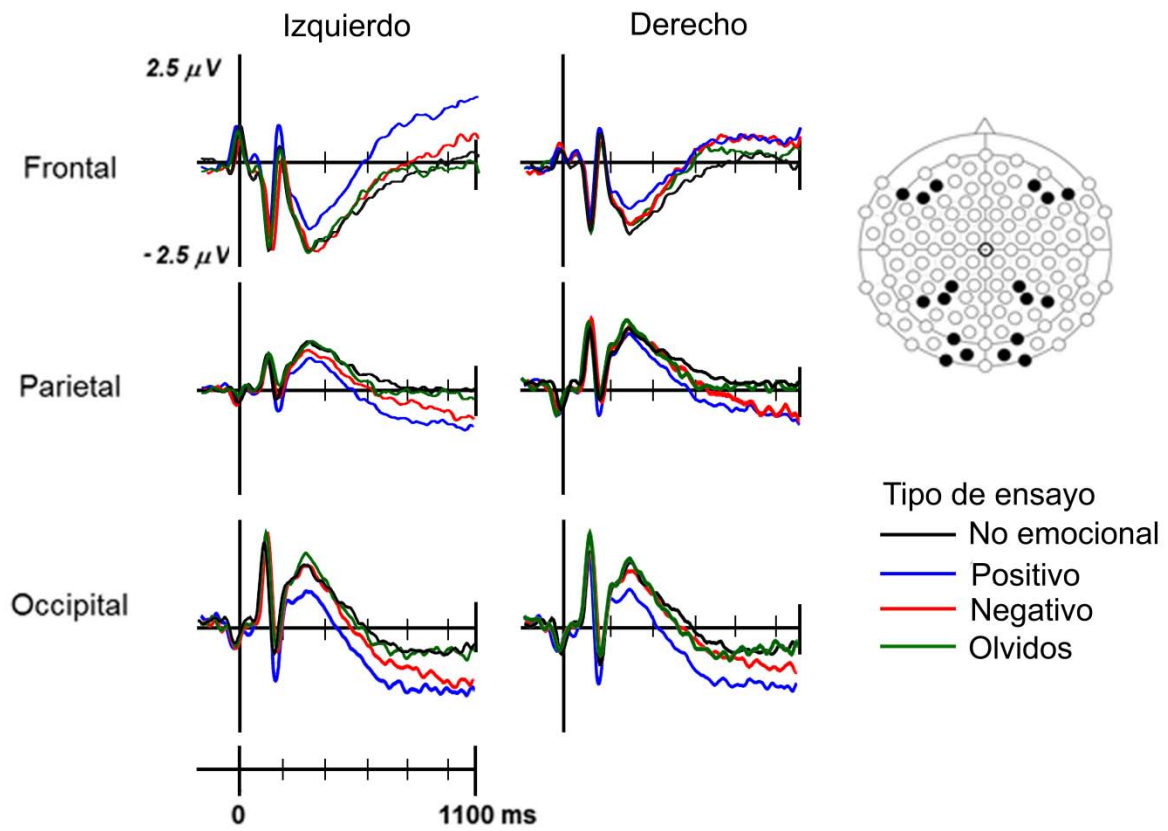


Figura 5. Gran promedio de los PRE durante la codificación de la segunda presentación de la cara.

Para la segunda presentación de la cara, los resultados de los análisis post hoc para la primera ventana de medición (140-200 ms), mostraron que la amplitud del componente N170 fue más negativa para aquellas caras codificadas en un contexto emocional positivo que para aquellas codificadas en un contexto emocional negativo y que para los olvidos, sólo en la región occipital (Figura 7).

Adicionalmente, en esta latencia, en derivaciones frontales izquierdas se observó mayor amplitud positiva para aquellas caras codificadas en contextos positivos en comparación con el resto de los tipos de ensayo, no se presentaron diferencias significativas en derivaciones derechas.

Para la segunda latencia analizada (200-500 ms), los análisis post hoc mostraron que en derivaciones frontales, los estímulos previamente codificados en contextos positivos presentaron mayor amplitud positiva que aquellos previamente codificados en contextos no emocionales y que los olvidos.

Sin embargo, en esta misma latencia en derivaciones occipitales, la amplitud para los estímulos codificados en contextos positivos fue más negativa que para el resto de los tipos de ensayo.

Entre los 500 y 1100 ms, en derivaciones frontales, las caras codificadas en contextos positivos generaron mayores amplitudes positivas que el resto de los tipos de ensayo. En derivaciones parietales, se observó que la amplitud fue más negativa para los rostros codificados en contextos emocionales positivos que para aquellos codificados en contextos no emocionales, este mismo patrón se observó

en derivaciones occipitales, con una diferencia adicional entre olvidos y estímulos codificados en contextos emocionales positivos.

Con respecto a los análisis adicionales que se realizaron para investigar si los juicios realizados por los participantes durante la codificación influían en los PRE se encontró que en la segunda latencia (200-500 ms), la interacción distinción y posición fue significativa $F(2, 54) = 5.96, p = 0.02, \varepsilon = .51, \eta_p^2 = 0.25$, el análisis post hoc indicó que los ensayos distintivos generaron mayor amplitud positiva que los no distintivos. Sin embargo ni el factor distinción (140 – 200 ms: $F < 2.12, p > .10$; 200 -500 ms; $F < 1.14, p > .21$; 500 – 1100: $F < 2.15, p > .09$), ni sus interacciones con el factor tipo de ensayo (140 – 200 ms: $F < 2.1, p > .08$; 200 -500 ms; $F < 1.9, p > .19$; 500 – 1100: $F < 2.3, p > .11$) fueron significativas.

Los ANOVAs que incluyeron el factor requerir otro número no fueron significativos (140 – 200 ms: $F < 1.2, p > .21$; 200 -500 ms; $F < 1.15, p > .20$; 500 – 1100: $F < 1.19, p > .24$), ni sus interacciones con el factor tipo de ensayo (140 – 200 ms: $F < 1.8, p > .16$; 200 -500 ms; $F < 1.3, p > .25$; 500 – 1100: $F < 2.13, p > .18$).

Los ANOVAs realizados para los PRE en los cuales se excluyeron las caras catalogadas como atractivas, dieron los mismos resultados que los análisis realizados con todos los estímulos por ello se presentan los análisis incluyendo todos los rostros.

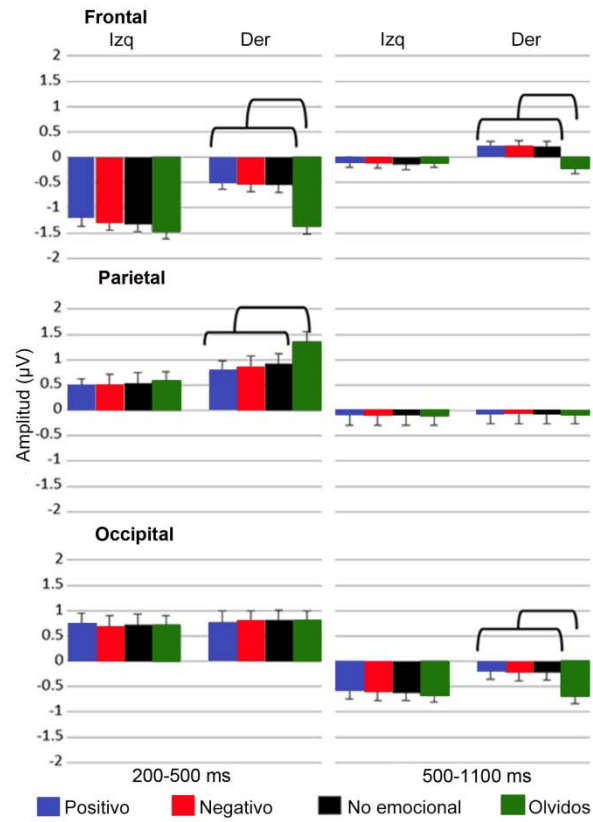


Figura 6. Amplitud media en cada región de interés en todas las latencias analizadas para la primera presentación de la cara. Las líneas indican las diferencias significativas.

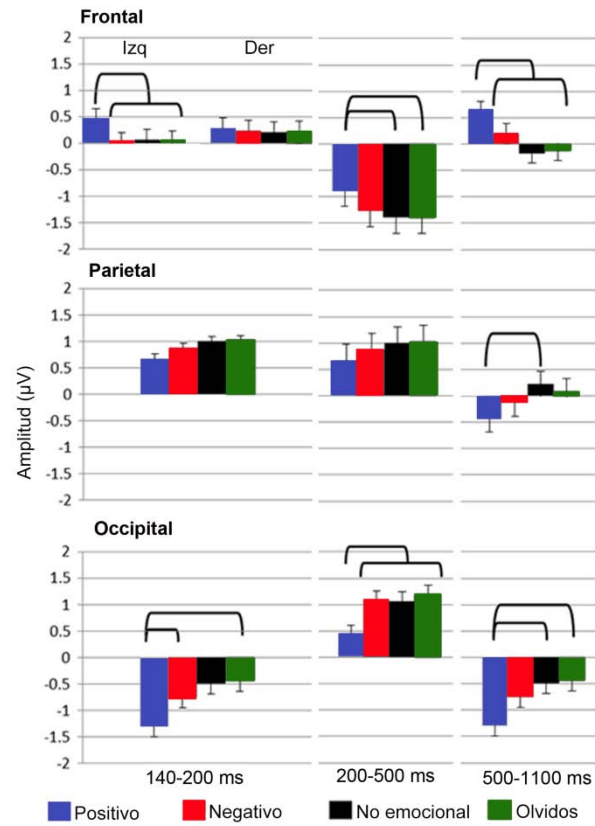


Figura 7. Amplitud media en cada región de interés en todas las latencias analizadas para la segunda presentación de la cara. Las líneas indican las diferencias significativas.

3.3.1.1. Análisis topográficos

Los análisis topográficos para la primera presentación de la cara fueron significativos para la interacción entre tipo de ensayo y posición de los electrodos para la segunda [200-500 ms: $F(375, 10125) = 10.16, p < 0.001, \varepsilon = .31, \eta_p^2 = 0.23$] y tercera latencia [500-1100 ms: $F(375, 10125) = 9.3, p < 0.001, \varepsilon = .42, \eta_p^2 = 0.33$], pero no para la primera latencia [140-200 ms: $F(375, 10125) = 1.16, p = 0.21$] (Figura 8). Sin embargo, los análisis post hoc revelaron que los distintos tipos de ensayo no difirieron significativamente en ninguna posición de los electrodos en ninguna latencia analizada.

Los ANOVAs para la segunda presentación de la cara fueron significativos para las tres ventanas de medición [140-200 ms: $F(375, 10125) = 12.34, p < 0.001, \varepsilon = .26, \eta_p^2 = 0.32$; 200-500 ms: $F(375, 10125) = 8.24, p < 0.001, \varepsilon = .31, \eta_p^2 = 0.28$; 500-1100 ms: $F(375, 10125) = 13.26, p < 0.001, \varepsilon = .41, \eta_p^2 = 0.40$] (Figura 9). No obstante, los análisis post hoc mostraron que los distintos tipos de ensayo no difirieron en ninguna posición de los electrodos en ninguna latencia.

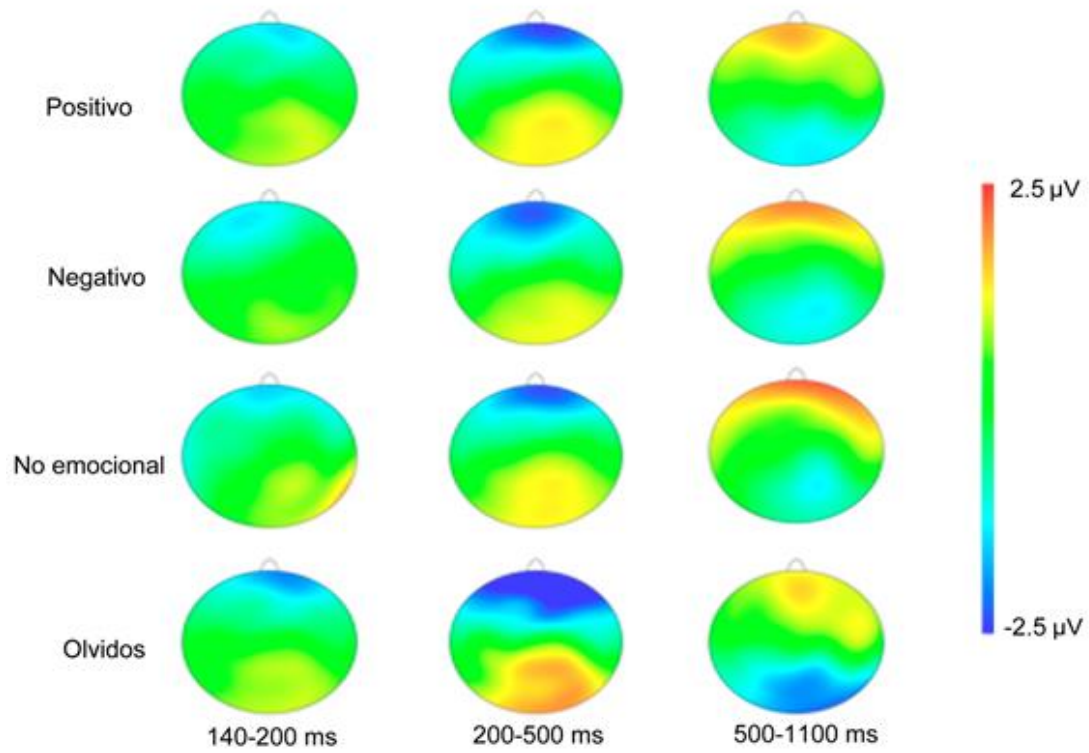


Figura 8. Mapas topográficos para la primera presentación de la cara.

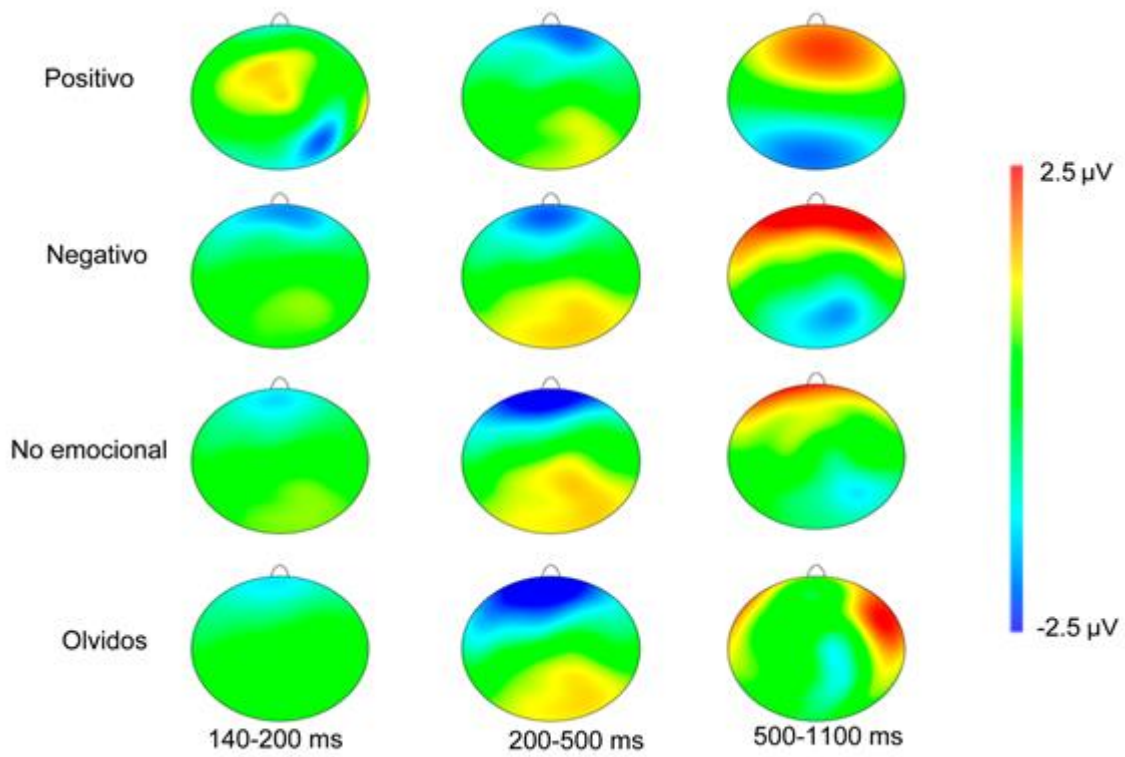


Figura 9. Mapas topográficos para la segunda presentación de la cara.

3.3.2. Reconocimiento

Los resultados de los ANOVAs para las amplitudes de los PRE se muestran en la Tabla 4. La polaridad inversa observada en codificación, se presentó de la misma manera en la fase de reconocimiento (Figura 10). En todas las ventanas de medición analizadas durante el reconocimiento, se encontró una interacción significativa de tipo de ensayo por posición. En ninguna latencia analizada, hubo interacción de tipo de ensayo por hemisferio.

En la figura 11 se muestran las diferencias significativas entre condiciones de acuerdo a los análisis post hoc. En la primera ventana de medición analizada (140-200 ms), los análisis post hoc revelaron que en derivaciones frontales aquellos ensayos codificados en un contexto emocional, tanto positivo como negativo, presentaron una mayor amplitud positiva que los ensayos olvidados y los correctamente identificados como nuevos. En derivaciones occipitales, sólo los ensayos codificados en un contexto positivo difirieron de los rostros nuevos.

En la ventana correspondiente al componente FN400 (200- 500 ms), se observó que en derivaciones frontales los rostros codificados en un contexto emocional positivo presentaron una mayor positividad en comparación con los codificados en un contexto no emocional, con los olvidos y los rostros nuevos, asimismo, se encontró que los estímulos codificados en un contexto negativo presentaron mayor positividad que los nuevos. En derivaciones parietales y occipitales, la previa codificación en un contexto positivo generó mayor amplitud en comparación con los

estímulos nuevos, en los occipitales esta diferencia con respecto a las nuevas también se observó para el contexto negativo, además, en esta región el contexto positivo difirió de los olvidos.

En la ventana de los 500-1100ms, los rostros codificados en un contexto positivo presentaron una mayor amplitud negativa en comparación con los rostros nuevos, en derivaciones parietales y occipitales, mientras que en regiones frontales ocurrió exactamente lo inverso, asimismo, el contexto negativo también presentó mayor positividad que los rostros nuevos, y el contexto positivo presentó mayor positividad que los olvidos.

Tabla 4. ANOVAs de las amplitudes medias en cada ventana analizada durante el reconocimiento.

		<i>F</i>	<i>gl</i>	ε	<i>p</i>	ηp^2
140-200 ms	T	1.69	4. 108	.79	.27	.19
	T x P	6.88	8. 216	.34	.005	.62
	T x H	1.42	8. 216	.34	.89	.14
	T x P x H	2.27	16, 432	.28	.07	.75
200-500 ms	T	4.40	4. 108	.02	.03	.35
	T x P	12.44	8. 216	.26	.001	.68
	T x H	1.04	8. 216	.38	.40	.15
	T x P x H	1.48	16. 432	.24	.10	.64
500-1100 ms	T	4.57	4. 108	.60	.01	.41
	T x P	9.84	8. 216	.22	.002	.66
	T x H	.87	8. 216	.34	.79	.18
	T x P x H	1.38	16. 432	.28	.23	.67

T = Tipo de ensayo (Positivo, Negativo, No emocional, Olvidos, Nuevas); P = Posición (Frontal, Parietal, Occipital); H = Hemisferio (Izquierdo, Derecho y Línea Media)

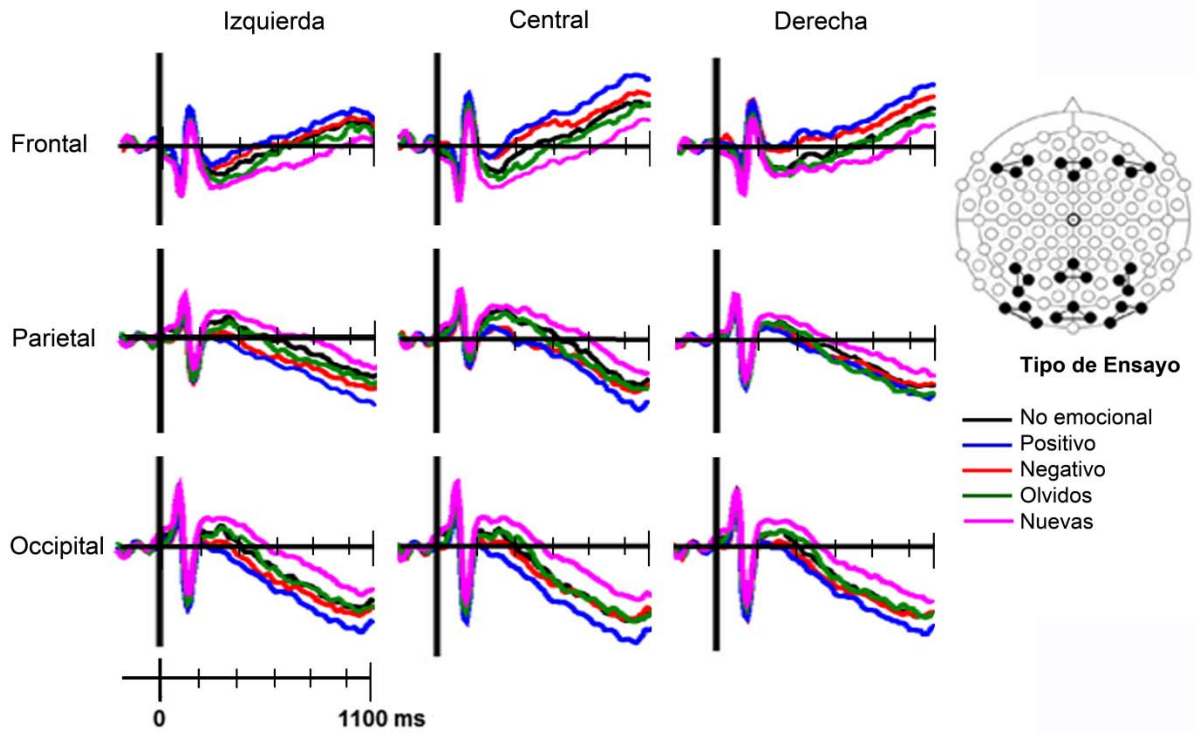


Figura 10. Gran promedio de los PRE durante el reconocimiento.

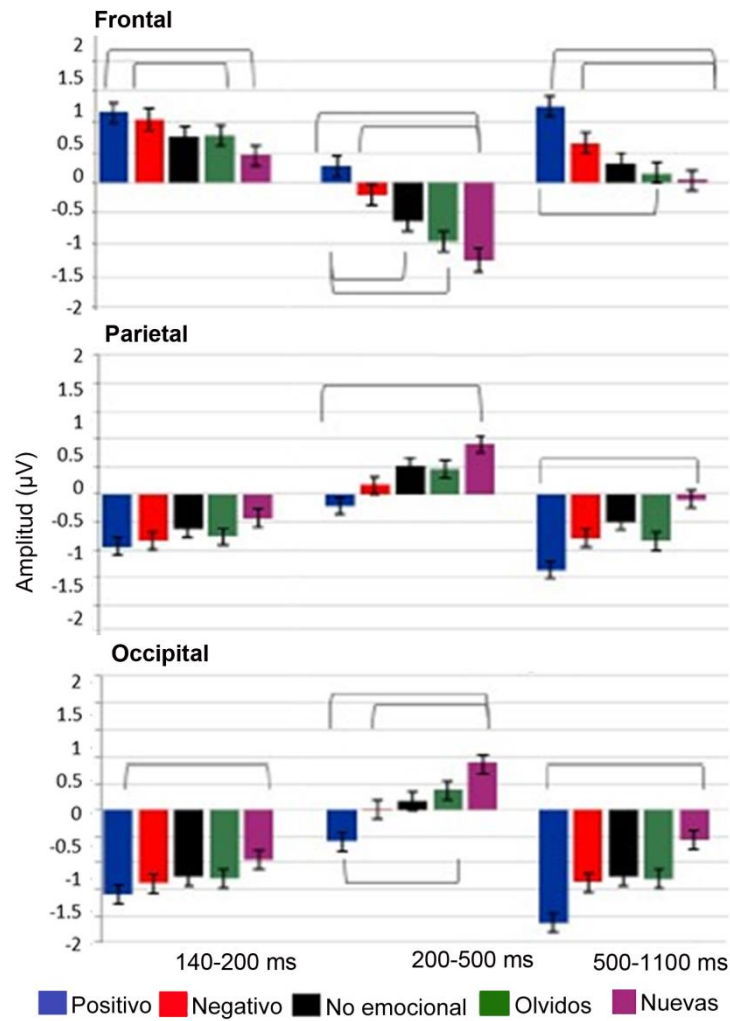


Figura 11. Amplitud media en cada región de interés en todas las latencias analizadas durante el reconocimiento. Las líneas indican las diferencias significativas.

3.3.2.1. *Análisis Topográficos*

Los ANOVAs para la presentación de la cara durante el reconocimiento fueron significativos para las tres ventanas de medición [140-200 ms: $F(375, 10125) = 12.34, p < 0.001, \varepsilon = .26, \eta_p^2 = 0.32$; 200-500 ms: $F(375, 10125) = 8.24, p < 0.001, \varepsilon = .31, \eta_p^2 = 0.28$; 500-1100 ms: $F(375, 10125) = 13.26, p < 0.001, \varepsilon = .41, \eta_p^2 = 0.40$] (Figura 12). No obstante, los análisis post hoc mostraron que los distintos tipos de ensayo no difirieron en ninguna posición de los electrodos en ninguna latencia.

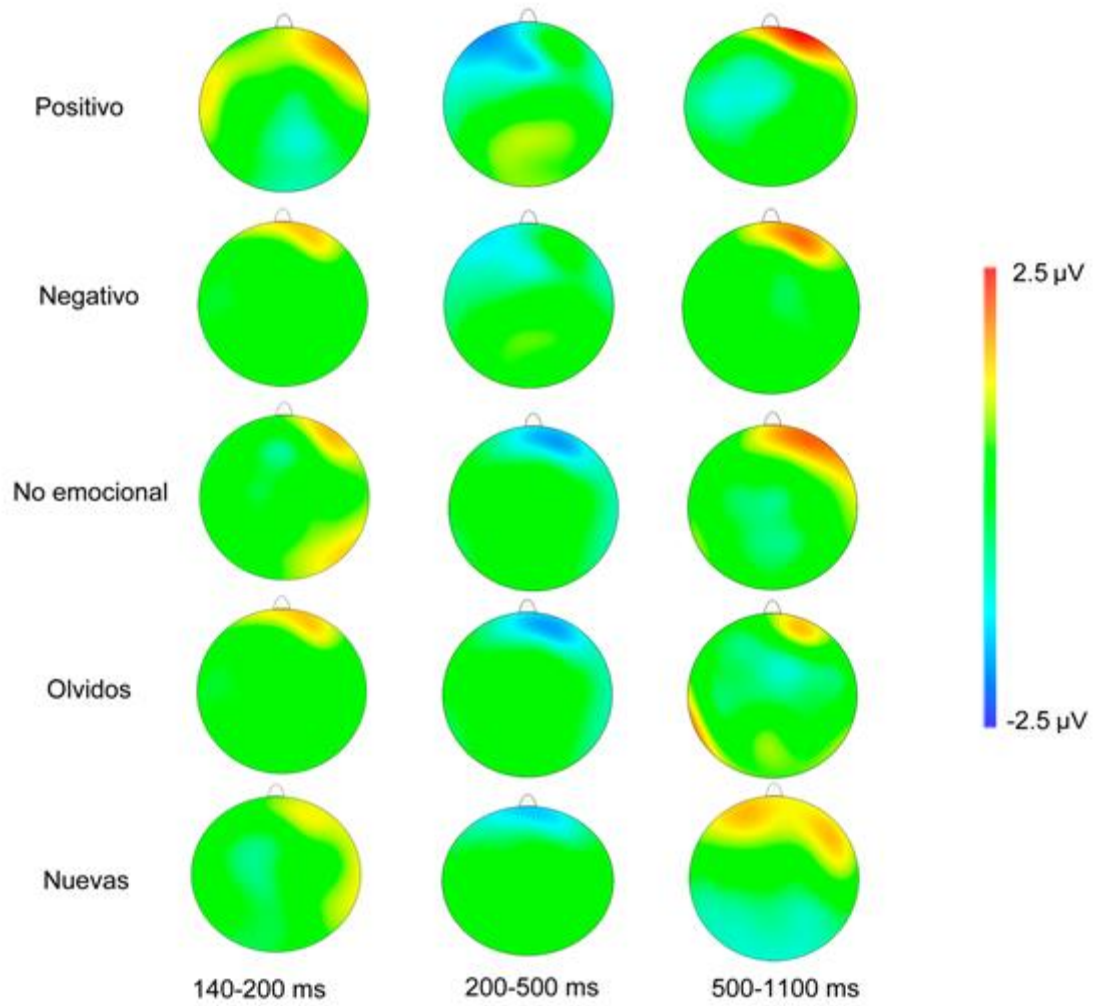


Figura 12. Mapas topográficos de reconocimiento.

4. Discusión

4.1. Resultados Conductuales

Los resultados conductuales demostraron que los contextos emocionales positivos potenciaron en mayor medida la memoria que los contextos negativos y los no emocionales, mientras que los contextos emocionales negativos no beneficiaron el reconocimiento en mayor medida que los no emocionales. En la presente investigación es posible confiar en el hecho de que los contextos emocionales positivos, al menos mediante una recompensa monetaria posterior a una apuesta, potencian más eficientemente la memoria que los contextos emocionales negativos, dado que la activación autonómica fue controlada satisfactoriamente y ambas valencias positiva y negativa provocaron el mismo nivel de activación. Esta afirmación proviene de los resultados observados en la RGP y por los resultados reportados por los participantes en el cuestionario que respondieron posterior a la tarea. En este cuestionario indicaron el mismo nivel de intensidad emocional para ambos contextos emocionales (Tabla 2): el puntaje más alto para el contexto positivo (primer pictograma) fue equivalente al puntaje más alto (cuarto pictograma) para el contexto negativo.

Erk et al. (2003) y Smith et al. (2004a; 2004b) observaron una mejoría en la memoria para estímulos neutros codificados en contextos emocionales positivos en comparación con contextos negativos y neutros. Estos estudios y el presente tienen en común que es el contexto, y no el *ítem* en sí mismo, el que provoca la emoción. Por lo tanto, en la fase de reconocimiento, los individuos no re-experimentaron el

contexto emocional al que fueron expuestos durante la codificación, aunque existe la posibilidad de que algunos individuos hayan recordado información específica acerca del contexto en el que codificaron el estímulo.

Por otra parte, cuando el estímulo es emocional, se ha observado que la memoria se ve beneficiada por ambas valencias positiva y negativa (p.ej., Dolcos & Cabeza, 2002; Van Strien et al., 2009) o sólo para la negativa (p.ej., Inaba, Nomura & Ohira 2005). Aunque probablemente la emoción experimentada por los participantes durante la fase de reconocimiento haya sido menos intensa que durante la codificación, existe la posibilidad de que esta emoción experimentada en el reconocimiento haya funcionado como una clave de recuperación que incrementó la memoria. Por lo tanto, asumiendo que el nivel de activación autonómica fue equivalente para ambas valencias en estos estudios, la repetida exposición a la emoción, ya sea positiva o negativa, pudo haber sido una variable de confusión que enmascaró los efectos de alguna de las valencias sobre la memoria.

Además, existen estudios que demuestran que el reconocimiento de estímulos neutros es igual si estos fueron codificados en contextos negativos y no emocionales (Erk et al., 2003, Smith et al., 2004a and 2004b). Es decir, la valencia emocional negativa del contexto no tiene ventajas en memoria sobre la ausencia de emoción. Tomando en cuenta los resultados del presente trabajo y los de estudios previos (Erk et al., 2003, Smith et al., 2004a and 2004b), se confirma que cuando el reconocimiento se basa sólo en la memoria y no en la reactivación emocional, los

contextos emocionales positivos son mejores generadores de los trazos de memoria.

4.2. Resultados Fisiológicos

4.2.1. Codificación

El diseño experimental utilizado en esta investigación permitió comparar los EMS durante circunstancias de no emoción (primera presentación de la cara) y bajo las condiciones experimentales en las que se manipuló la valencia del contexto (positivo, negativo y no emocional). Este procedimiento permite examinar cuándo y cómo estos efectos fueron modulados por los contextos emocionales.

Como se esperaba, los EMS para las tres condiciones de contexto fueron equivalentes cuándo la cara fue presentada por vez primera; contrariamente, varios de estos efectos fueron modulados por los contextos emocionales cuándo las caras fueron presentadas por segunda ocasión. Durante esta segunda presentación, los EMS se observaron sólo para los contextos emocionales positivos. Es decir, se presentaron diferencias significativas en la amplitud para aquellos estímulos codificados en contextos positivos comparados con los olvidos, pero ni las caras codificadas en contextos emocionales negativos ni en contextos no emocionales difirieron de los olvidos.

Algunos de los componentes en los que se presentaron los EMS tuvieron además **efectos de valencia**, es decir diferencias significativas entre los contextos positivos y negativos, o **efectos de emoción** que fueron identificados cuando el contexto

emocional positivo difirió de la condición no emocional, pero no de los contextos emocionales negativos. No se observaron diferencias significativas entre los contextos emocionales negativos y los contextos no emocionales.

Los resultados de los PRE reflejaron lo observado a nivel conductual, dado que las caras codificadas en contextos emocionales positivos fueron asociadas con un mejor reconocimiento y con EMS mayores.

A continuación se discuten los resultados para cada una de las presentaciones de la cara durante la codificación. Para el caso de la segunda presentación, se discuten de manera separada aquellos EMS que fueron modulados por valencia y por emoción sin diferencias entre valencias.

Es importante destacar que se descartó la influencia de otras variables, distintas al contexto emocional, en los EMS. En particular, la influencia de los juicios emitidos durante la codificación (atracción y petición de un segundo número) y la distinción de los ensayos fue descartada. Se analizaron los EMS después de eliminar todos aquellos ensayos correspondientes a caras que habían sido catalogadas como atractivas y los resultados permanecieron idénticos.

Adicionalmente, dado que los participantes pudieron haber experimentado más emoción cuando pedían otro número que cuando no lo hacían, se analizaron los EMS y la RGP incluyendo el factor requerir otro número; los resultados demostraron que este factor no influyó en los EMS ni en la RGP. De igual manera, el factor distinción no afectó los EMS, dado que no interactuó con el factor tipo de ensayo.

Sin embargo, en la segunda ventana de medición, los ensayos distintivos generaron una P300 más amplia que los no distintivos. Este resultado era esperado dado que este componente está asociado a la detección de estímulos infrecuentes (ver revisión de Polich, 2007).

Estos análisis adicionales permitieron establecer que la tarea realizada durante la codificación no influyó los EMS.

4.2.1.1. Primera presentación de la cara.

Para la primera presentación de la cara se registraron los clásicos EMS parietal (P300) y frontal (OL) derechos, tal como se planteó en las hipótesis. Estos efectos se caracterizaron por diferencias en la amplitud entre los olvidos y los demás tipos de ensayo. Se ha considerado que la P300 refleja la habilidad para codificar un *ítem* y el contexto en el que éste fue aprendido (Ver revisión de Polich, 2007), mientras que la OL se ha asociado con procesos ejecutivos que representan el esfuerzo para integrar recuerdos de la memoria episódica (p.ej., Minear & Park, 2004; Angel Isingrini, Bouzzaoui & Fay, 2013). Además de estos dos efectos esperados, se registró un EMS para la N300 en derivaciones frontales derechas. Este componente ha sido relacionado con una codificación exitosa de los estímulos aun sin información contextual (Friedman & Johnson, 2000). En derivaciones occipitales derechas también se observaron EMS. Estudios electrofisiológicos previos (Takashima et al., 2006; Estrada-Manilla & Cansino, 2012) han observado un componente similar a éste en tareas que requieren la codificación de información visual compleja, como lo pueden ser las caras.

4.2.1.2. Segunda presentación de la cara

Una de las diferencias más importantes entre los EMS medidos en circunstancias sin emoción (primera presentación del rostro) y aquellos medidos en un contexto positivo (segunda presentación de la cara) fue la aparición de dos componentes tempranos registrados a los 170 ms. Uno se observó en electrodos occipitales y corresponde a la clásica N170, mientras que el segundo presentó una polaridad positiva y fue registrado en sitios frontales izquierdos; éste último fue denominado P170.

Otra distinción importante fue la ausencia de efectos en la P300 parietal para la segunda presentación del rostro; no obstante, este componente fue registrado en derivaciones occipitales. Por otra parte, la N300 se presentó tanto para la primera como para la segunda presentación del rostro; no obstante, para la segunda presentación se registró bilateralmente. De hecho para esta segunda presentación de la cara, a excepción de la P170, todos los componentes se presentaron de forma bilateral. Por último, la OL observada en electrodos occipitales y frontales durante la primera presentación de la cara, también se registró durante la segunda presentación pero sin lateralizarse, como ya se explicó.

4.2.1.2.1. Efectos de memoria subsecuente modulados por valencia.

Los componentes que mostraron EMS modulados por valencia fueron la N170, la P170, la P300 y la OL frontal. Los contextos positivos modularon la N170, demostrando que la valencia emocional genera efectos tempranos en la actividad cerebral responsable de la correcta codificación de rostros. La N170 fue registrada bilateralmente en electrodos occipitales, de igual manera que se ha observado en estudios previos (Pizzagalli, Lehmann, Hendrick, Regard & Pascual-Marqui, 2002; Krombholz, Schaefer & Boucsein, 2007). Sin embargo, en el presente estudio, a diferencia de Righi et al. (2012), este componente presentó EMS. La N170 ha sido ampliamente registrada en tareas de procesamiento de caras (Bentin, Allison, Puce, Perez & McCarth, 1996; Pizzagalli et al., 2002; Righi et al., 2012) y ha sido asociada con el análisis estructural de rasgos faciales (Bentin et al., 1996). Aunque también se ha observado que puede verse modulada cuándo los rostros tienen alguna característica emocional. Por ejemplo, Pizzagalli et al. (2002) observaron una N170 con mayor amplitud negativa para rostros que los participantes habían indicado que les gustaban en comparación con rostros que no les gustaban o rostros neutros. En el presente estudio la N170 fue modulada por el contexto emocional positivo, el cuál potenció la memoria de los participantes para la cara específica asociada a ese contexto. El análisis estructural de las caras, reflejado por la amplitud de la N170, fue más exitoso cuándo los individuos estaban emocionados de manera positiva.

Adicionalmente, en esta misma latencia un inesperado componente medido en regiones frontales izquierdas fue registrado (P170). Esta onda puede corresponder a la positividad frontal temprana observada para caras de miedo por Righi et al.

(2012); sin embargo en dicho estudio, la P170 no mostró EMS. Aunque los resultados del estudio anteriormente citado sugieren que la P170 se asocia con la valencia negativa, la lateralización izquierda observada en el presente trabajo es congruente con resultados de diversos estudios (Davidson & Irving, 1999; Lasalle & Itier, 2013; Calvo & Beltrán, 2014) que han observado que la emoción positiva se procesa en mayor medida en el hemisferio izquierdo.

A diferencia del estudio de Dolcos y Cabeza (2002), otro componente modulado por la valencia fue la P300. Dichos autores examinaron los EMS para imágenes que eran emocionales en sí mismas contrario al presente estudio en el que se utilizaron estímulos neutros y contextos emocionales. Otra diferencia importante es que la P300 medida en la presente investigación fue registrada en electrodos occipitales y no en parietales como en el estudio de Dolcos y Cabeza (2002). De hecho, un resultado interesante fue que la clásica P300 parietal registrada durante circunstancias no emocionales (primera presentación de la cara) se reubicó en derivaciones occipitales bajo circunstancias emocionales (segunda presentación de la cara). Una posible explicación es que la emoción positiva favoreció el procesamiento perceptual de los rostros más que favorecer la asociación de los estímulos con información contextual, el cual es un proceso reflejado por los EMS parietales.

Por otra parte, los EMS observados en la OL frontal fueron modulados, tal y como se esperaba, por valencia. Este resultado ya había sido observado por (Kiefer et al., 2008) para contextos positivos. Para explicar sus resultados los autores de ese estudio proponen que los contextos positivos incrementan el uso de estrategias

creativas que pueden facilitar el proceso de codificación. Aunque la OL frontal medida por Dolcos y Cabeza (2002) no mostró EMS, este componente mostró diferencias entre estímulos de valencia positiva y negativa. Esta diferencia observada puede ser tomada como evidencia de que la región prefrontal es responsable de interpretar la valencia de un estímulo emocional.

La tarea de apuesta usada en esta investigación no demanda una profunda evaluación de la valencia emocional dado que los participantes eran informados de su resultado en cada ensayo. Además, la experiencia emocional de perder o ganar era teóricamente igual para todos los ensayos. Por lo tanto, la OL frontal no debe ser concebida como un componente que refleje un procesamiento cognitivo profundo de la valencia emocional dado que fue modulado por valencias emocionales salientes que no requerían análisis o interpretaciones adicionales.

4.2.1.2.2. Efectos de memoria subsecuente modulada por la emoción.

Dos componentes mostraron EMS modulados por la emoción sin diferencias entre valencias; la N300 y la OL occipital. El hallazgo de que la N300 presentó EMS no era esperado, dados los resultados de Dolcos y Cabeza (2002). Sin embargo, tal como se mencionó antes, estos resultados pueden explicarse por la diferencia entre los estímulos usados en cada uno de los estudios. Carretié, Iglesias y García (1997) observaron mayor amplitud negativa para la N300 para estímulos clasificados como emocionales. Los autores de este estudio sugieren que este componente refleja mecanismos de atención automática. En la presente investigación, la N300 tuvo

amplitud equivalente para estímulos codificados en contextos positivos y negativos, confirmando que es un componente modulado por el incremento indiferenciado de la activación autonómica.

Los EMS observados en la OL occipital no eran esperados dado que no se había registrado este componente en estudios previos de emoción. El único estudio de EMS para contextos emocionales que analizó estas derivaciones (Kiefer et al., 2007) no encontró ningún efecto en estos electrodos. Aunque los datos de PRE no permiten hacer inferencias acerca de las estructuras involucradas en generar la OL occipital, la distribución de los potenciales en estas derivaciones sugiere que la fuente de este componente puede estar cerca. Este efecto en particular podría indicar que la red responsable para el procesamiento de rostros, que comprende la corteza occipital lateral, el giro fusiforme y el surco temporal superior (Pitcher, Walsh & Duchaine, 2009) participó en mayor medida para el análisis de rostros que se volvieron más memorables.

4.2.1.2.3. Análisis topográficos

La distribución de los PRE fue equivalente para los ensayos con diferentes contextos emocionales y para los olvidos durante ambas presentaciones de la cara, sugiriendo que las fuentes intracraneales responsables para el procesamiento de los estímulos durante la codificación fueron idénticas para ambas valencias emocionales.

4.2.2. Reconocimiento

La emoción también moduló procesos de reconocimiento. En la figura 11 se muestran las diferencias significativas encontradas en las distintas latencias analizadas durante la tercera presentación de la cara. El principal objetivo del análisis de la fase de reconocimiento consistió en investigar si la emoción modulaba los distintos componentes del efecto viejo/nuevo, los cuales fueron identificados por diferencias de amplitud entre los estímulos previamente presentados en codificación y los correctamente identificados como nuevos. Sólo los contextos emocionales presentaron estos efectos. La amplitud para el contexto no emocional no fue estadísticamente diferente de la amplitud para los estímulos correctamente identificados como nuevos ni para los olvidos.

De forma parecida a la fase de codificación, la modulación de la emoción en los componentes del efecto viejo/nuevo se clasificó dependiendo de si estos componentes fueron modulados por la emoción (independientemente de la valencia), o si se modularon por alguna valencia en específico. A diferencia de los resultados encontrados en la fase de codificación, durante el reconocimiento no se observaron diferencias entre ambos contextos emocionales pero sí se presentaron diferencias entre el contexto negativo y los estímulos correctamente identificados como nuevos así como entre este contexto y los olvidos. Sin embargo, de manera similar a la segunda presentación del rostro durante la codificación, durante el reconocimiento ninguno de los componentes se moduló exclusivamente por el contexto negativo. Para esta fase se identificaron como **efectos modulados por ambas valencias** cuando la amplitud para ambos

contextos positivo y negativo difirió de la amplitud para los estímulos nuevos sin diferencias significativas entre los contextos emocionales, y como **efectos modulados por la valencia positiva** cuando sólo la amplitud para éste contexto difirió de la amplitud para los estímulos nuevos sin diferencias entre los contextos emocionales.

4.2.2.1. Componentes del efecto viejo/nuevo modulados por ambas valencias

Aquellos componentes que además del efecto viejo/nuevo presentaron efectos de emoción para ambas valencias fueron la P170, el FN400, la P300 occipital y el efecto viejo/nuevo frontal tardío. Para los componentes FN400 y P300 se presentaron, además, diferencias entre los estímulos previamente codificados en contextos emocionales y los olvidos.

La P170 no es uno de los componentes clásicos del efecto viejo/nuevo. Sin embargo, en un estudio de reconocimiento de rostros, Righi et al. (2012), identificaron diferencias significativas en la amplitud medida entre los 150 y 250 ms en derivaciones frontales para caras de miedo previamente presentadas en comparación con rostros nuevos. Esta observación implica un efecto de la emoción negativa en el efecto viejo/nuevo. En el presente estudio se encontró un resultado similar, con la diferencia de que el contexto emocional positivo también presentó el efecto viejo/nuevo. Esta diferencia puede deberse a que la presente investigación se controló el nivel de activación autonómica provocada por ambos contextos. Así, es posible que en el estudio de Righi et al. (2012) las caras con miedo hayan sido más

emocionales que las caras de felicidad y, por lo tanto, estas últimas no presentaron efecto viejo/nuevo. Tanto el estudio de Righi et al. (2012) como el presente demuestran que ante la presencia de emoción, el efecto viejo/nuevo puede aparecer de manera temprana potenciando el recuerdo de los estímulos previamente aprendidos.

De manera interesante el FN400 no se presentó para todos los estímulos presentados con anterioridad, sino que sólo se observó para aquellos codificados en un contexto emocional. Aunque en el FN400 se esperan diferencias entre los estímulos correctamente identificados como viejos y los correctamente identificados como nuevos (Allan & Rugg, 2000), en estudios previos de emoción y memoria se ha observado que éste efecto puede presentarse sólo para aquel material que se vio acompañado de alguna emoción (Maratos & Rugg, 2001; Smith et al., 2004a). Este componente ha sido asociado con procesos de reconocimiento (Allan & Rugg, 2000), lo cual implica que la emoción, independientemente de la valencia, favoreció el reconocimiento de los estímulos asociados a una emoción, y aunque no hubo un incremento en el porcentaje de reconocimiento para estímulos codificados en un contexto negativo, es posible que el reconocimiento para este tipo de ensayos haya sido si no mayor, sí más fácil, lo cual se justifica por el hecho de que a nivel fisiológico, el proceso de reconocimiento parece ser similar entre ambos contextos emocionales y diferentes del no emocional.

Otro componente modulado por ambas valencias fue la P300 occipital. Esta onda es un componente clásico asociado a la atención, cuya amplitud puede asociarse a

procesos de memoria tanto a nivel de codificación como de reconocimiento (ver revisión de Polich, 2007). Carretié et al. (2004), proponen que la atención es capturada de manera automática ante estímulos emocionales, lo cual se ve reflejado en una mayor positividad en esta onda para este tipo de estímulos. En este estudio pudo haber ocurrido algo similar, pues si bien el estímulo emocional no estaba presente en el momento del reconocimiento, es posible que los estímulos asociados previamente con la emoción, tanto positiva como negativa, hayan disparado mecanismos de atención automáticos al momento de re-experimentarlos.

Es importante resaltar que la P300 presentó efectos de valencia durante la codificación, pero no durante el reconocimiento. Esto implicaría que, aun cuando en la fase de aprendizaje los contextos emocionales positivos dispararon mecanismos atencionales que hicieron que los estímulos se aprendieran mejor, durante el reconocimiento (cuando los contextos emocionales ya no estaban presentes) se prestó la misma atención a ambos tipos de ensayo (previamente codificados en contextos positivos y negativos). Sin embargo, la atención no se vio potenciada para aquellos estímulos que no estuvieron asociados a alguna emoción, dado que los contextos no emocionales no generaron diferencias de amplitud con respecto a los estímulos olvidados ni a los nuevos rostros.

El otro componente modulado por ambos tipos de emoción fue el componente viejo/nuevo frontal tardío, el cual ha sido ampliamente asociado a procesos de

automonitoreo (Rugg et al., 1998). De manera similar al FN400, este componente no se presentó para los estímulos aprendidos en contextos no emocionales.

Estos resultados concuerdan con un estudio previo en el que se observó que la codificación en un contexto emocional genera mayor amplitud positiva en este componente en comparación con la codificación en contextos neutros (Smith et al., 2004a). Los hallazgos de este estudio y del presente sugieren que la emoción no sólo potencia el recuerdo de los estímulos, sino también la evaluación que se hace acerca del mismo.

4.2.2.2. Componentes del efecto viejo/nuevo modulados por el contexto positivo

Los componentes que se vieron exclusivamente modulados por el contexto positivo fueron la N170, el efecto viejo/nuevo parietal, la OL parietal y la OL occipital. En estos cuatro componentes las diferencias se presentaron exclusivamente entre los hits codificados en contextos positivos y los estímulos correctamente identificados como nuevos. No se presentaron diferencias significativas entre los demás tipos de ensayo.

En un estudio de reconocimiento de rostros que habían sido previamente codificados en un contexto negativo, uno positivo o sin contexto Galli, Feurra y Viggiano (2006), encontraron una menor amplitud negativa en la N170 para estímulos previamente codificados en algún contexto en comparación con los rostros aprendidos sin contexto. Esta amplitud fue aun menor para los rostros codificados en contextos negativos. En el presente estudio no hubieron diferencias significativas entre las

valencias para este componente; sin embargo, sí se observó que el efecto viejo/nuevo fue exclusivo para el contexto positivo. Este resultado coincide con lo observado en la fase de codificación. En ambas fases, la N170 puede reflejar un mejor procesamiento de información correspondiente a una cara específica, lo cual hace que ésta sea más fácil de recordar.

Otro componente modulado por la valencia fue el componente viejo/nuevo parietal. Este componente se ha asociado con procesos no sólo de reconocimiento, sino de recuperación de algún aspecto particular del evento episódico (p.e Curran, 2004; Vilberg & Rugg, 2007). Aunque en el presente estudio no se pidió a los participantes que realizaran alguna tarea de recuperación, es probable que durante la fase de reconocimiento haya habido una mayor cantidad de información recuperada para los ensayos codificados en un contexto emocional positivo que para los codificados en los otros contextos. Lo anterior pudo haber facilitado la correcta identificación como un estímulo previamente visto. En estudios previos se ha observado que este componente fue modulado por la emoción (Maratos & Rugg, 2001; Smith et al., 2004a). Sin embargo, debido a la naturaleza de los estudios no se había podido determinar si existían diferencias significativas entre las valencias. Los resultados del presente estudio sugieren que la valencia emocional positiva tiene un mayor efecto en la memoria, reflejando un mayor proceso de integración probablemente asociada a una mayor cantidad de información recuperada más que al solo reconocimiento.

La OL parietal también fue modulada por el contexto emocional positivo. En un estudio no emocional de memoria de contexto, Estrada-Manilla y Cansino (2012) midieron el componente viejo/nuevo parietal izquierdo en cuatro ventanas de medición comprendidas entre los 450 y 2000 ms. Las autoras de este estudio encontraron que, desde los 700 ms hasta el final de la época, la amplitud de los PRE durante la fase de recuperación fue mayor y más negativa en derivaciones parietales izquierdas y centrales para los hits que para los rechazos correctos. El hallazgo descrito fue interpretado como un correlato de la cantidad de información contextual recuperada. La ventana de medición utilizada en el presente estudio para medir la OL parietal es similar a una de las latencias analizadas (700 – 1100 ms) por Estrada-Manilla y Cansino (2012). Asimismo, la morfología de la onda es similar, lo cual podría implicar que el reconocimiento para los contextos positivos pudo verse beneficiado no sólo por un mayor recuerdo de los estímulos en sí mismos, si no por el recuerdo de información correspondiente al contexto. Es decir, algunos rostros se pudieron haber reconocido porque se recordó la situación de ganar o algún aspecto relacionado con ésta.

En derivaciones occipitales, se observó un efecto muy parecido. La OL occipital presentó mayor amplitud para los estímulos previamente codificados en contextos positivos en comparación con los estímulos nuevos. Van Strien et al. (2009) registraron de los 750 ms a los 1100 ms en regiones occipitales una mayor negatividad para estímulos altamente emocionales y correctamente identificados como viejos en comparación con los nuevos, pero no encontraron diferencias entre estímulos poco emocionales y estímulos nuevos. Tomando en cuenta estos

resultados en conjunto, podemos concluir que es necesaria una fuerte activación autonómica para que la emoción module el procesamiento visual de los estímulos recordados.

4.2.2.3. Análisis topográficos

Al igual que en la fase de codificación, la distribución de los PRE no fue diferente para las distintas condiciones, lo cual sugiere que los generadores de la actividad registrada en el cuero cabelludo fueron los mismos para ambas valencias emocionales y para el contexto no emocional.

4.3. Conclusiones

Las caras codificadas bajo contextos emocionales positivos se reconocieron más que aquellas codificadas en los otros tipos de contexto. Como se discutió previamente, diversos estudios (p.e., Dolcos & Cabeza, 2002; Erk, et al., 2003; Smith, et al., 2004a; 2004b; VanStrien, et al., 2009) han intentado determinar cuál de las valencias emocionales influencia en mayor medida a la memoria episódica. Sin embargo, ninguno de estos estudios ha registrado respuestas autonómicas para medir de manera objetiva el nivel de activación provocado por cada valencia. La falta de estas mediciones no permite saber si el beneficio de alguna valencia en específico sobre la memoria pueda deberse al hecho de que ésta fue más emocionante que la otra.

Los datos fisiológicos confirman que, durante la codificación, los PRE registrados durante los contextos positivos manifestaron efectos de emoción, valencia y EMS que no se presentaron en los otros contextos. En particular, la N170, la N300, la P300 y la Onda Lenta frontal mostraron efectos de valencia. Sin embargo, es posible que cada uno de estos componentes contribuya de forma distinta al proceso de codificación para garantizar que se forme un fuerte trazo de memoria. La P300 frontal y occipital, y la Onda Lenta parietal y occipital fueron moduladas por la activación emocional general. Finalmente, todos los componentes registrados, excepto la Onda lenta parietal mostraron EMS.

Por otra parte, en el reconocimiento se observó que el efecto viejo/nuevo fue modulado por la emoción en sus tres componentes, pero sólo en el componente parietal se observó un efecto de valencia, a favor del contexto positivo. Esto indica que la emoción en general moduló la memoria, pero es probable que haya habido un beneficio en el proceso de recuperación sólo cuando el contexto era positivo. Como se discutió previamente, la tarea utilizada en este estudio no midió recuperación, pero esto no implica que el proceso no se haya presentado. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de rostros codificados en un contexto negativo correctamente reconocidos en comparación con los codificados en el contexto no emocional. Esto puede deberse a que el incremento en el reconocimiento para este tipo de estímulos no alcanzó la significancia, pero sí hubo diferencias a nivel cualitativo, ya que los análisis fisiológicos indican que los procesos de reconocimiento y de automonitoreo, se vieron influidos por la presencia de ambas valencias emocionales, durante la codificación.

Los datos conductuales muestran que el contexto emocional positivo favorece en mayor medida la memoria para rostros neutros. Los correlatos fisiológicos asociados a los hallazgos conductuales indican que eso ocurre porque hay procesos que se ven favorecidos por la presencia de la emoción tanto en codificación, como en reconocimiento. De manera interesante, los procesos de codificación se modulan exclusivamente por la emoción positiva, mientras que en el reconocimiento hay procesos que se modulan por las valencias positiva y negativa o sólo por la positiva. Estos resultados nos permiten concluir que la

emoción positiva incrementa la memoria desde el momento del aprendizaje, modulando procesos tales como la atención, el procesamiento visual, el análisis de rostros y, por supuesto, la consolidación de la memoria. Lo anterior ocasiona que tanto el reconocimiento como la evocación de alguna característica en particular del rostro se vean incrementados por la emoción, y que se dé una mejor evaluación de la respuesta otorgada a si se conocía el rostro o no. El por qué en la codificación no se observan efectos para la condición de emoción negativa puede estar relacionado con la falta de efectos conductuales de este contexto. Aun cuando los procesos de reconocimiento se vieron influenciados por esta emoción, si el proceso de codificación no se vio modulado por ésta, es lógico que los estímulos codificados bajo este tipo de contexto no se hayan vuelto más memorables que el resto de los estímulos. No obstante, la modulación en el reconocimiento indica que aun cuando el porcentaje de rostros reconocidos para los contextos negativo y no emocional fue equivalente, el procesamiento no se llevó a cabo de manera idéntica.

Existen procesos asociados a la memoria que se vieron modulados por la emoción, tanto en la fase de codificación como en la de reconocimiento. Estos procesos incluyen el análisis estructural de rostros asociado a la N170 (Lucas, Chiao & Paller, 2011) y la atención asociada a la P200 (Carretié et al., 2004). Esto indica que el que los eventos sean mejor recordados puede estar relacionado con el disparo de mecanismos de atención automática, y que el análisis del estímulo es más profundo y, por lo tanto, más memorable.

En conclusión, los hallazgos del presente estudio demuestran que cuando se aprende información no emocional en contextos emocionales existen diferencias en la memoria para estos eventos dependiendo de la valencia del contexto.

Tomando en cuenta que el nivel de activación fue equivalente para ambas valencias, podemos afirmar que la emoción positiva es la que favorece en mayor medida el reconocimiento de estos estímulos.

Los mecanismos subyacentes de estos efectos aun son desconocidos. Los efectos de valencia observados en los PRE durante el contexto positivo dan evidencia de que este tipo de contexto en particular induce procesos neuronales más eficientes para una mejor consolidación de la memoria. Sin embargo, hace falta más investigación para entender estos mecanismos.

5. Referencias

- Adolphs, R., Cahill, L., Schul, R., Babinsky, R., (1997). Impaired declarative memory for emotional material following bilateral amygdala damage in humans. *Learning and Memory*. 4: 291–300.
- Anderson, A.K, Phelps, E.A. (2001) The human amygdala supports affective modulatory influences on visual awareness. *Nature*. 411:305-309.
- Anderson, A.K. (2005) Affective influences on the attentional dynamics supporting awareness. *Journal of Experimental Psychology*. 134: 258-281.
- Angel, L., Isingrini, M., Bouazzaoui, B. & Fay, S. (2013) Neural correlates of encoding processes predicting subsequent cued recall and source memory. *Neuroreport*. 24(4):176–80
- Baddeley, A. (1999) Memoria humana: teoría y práctica. *McGraw Hill Interamericana*, Madrid.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E. & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 8, 551-565.
- Buchanan, T. (2008) Retrieval of emotional memories. *Psychological Bulletin* 133(5): 761–779.
- Cabeza, R. (1999). Functional Neuroimaging of Episodic Memory Retrieval. En: E. Tulving (Ed.), *Memory, Consciousness and the Brain. The Tallinn Conference*, Filadelfia: Taylor & Francis.
- Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1998). Mechanisms of emotional arousal and lasting declarative memory. *Trends in Neurosciences*, 21, 294–299.
- Cahill, L., Haier, R.J., Fallon, J., Alkire, M.T., Tang, C., Keator, D., Wu, J., McGaugh, J.L., (1996). Amygdala activity at encoding correlated with long-term, free recall of emotional information. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93: 8016–8021.
- Calvo, M.G. & Beltrán, D. (2013) Recognition advantage of happy faces: tracing the neurocognitive processes. *Neuropsychologia*. 51(11):1897–904.
- Carretié L, Hinojosa JA, Martín-Loeches M, Mercado F & Tapia M. (2004) Automatic attention to emotional stimuli: neural correlates. *Human Brain Mapping*. 22(4), 290-299.
- Carretié, L., Iglesias, J. & García, T. (1997) A study of emotional processing of visual stimuli through event-related potentials. *Brain and Cognition*. 34, 207-217.
- Christianson, S. A. (1992). The handbook of emotion and memory. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Codispoti, M., Ferrari, v. & Bradley, M.M. (2007) Repetition and ERPs: distinguishing between early and late processes in affective perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 19, 577-586.
- Conway, M.A., & Playdell-Pearce, C.W. (2000) The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychological Review*, 107, 261-288.
- Critchley, H.D. (2002). Electrodermal Responses: What happens in the brain. *The Neuroscientist*. 8(2): 132-142.
- Critchley, H.D., Mathias, C.J. & Dolan, R.J. (2001). Neural activity relating to reward anticipation in the human brain. *Neuron* 29: 537-545.
- Curran, T. (2004). Effects of attention and confidence on the hypothesized ERP correlates of recollection and familiarity. *Neuropsychologia*, 42, 1088–1106.
- Davidson, R.J. & Irwin, W. (1999) The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Science*. 3(1):11–20.
- Dolcos, F., & Cabeza, R., (2002). Event-related potentials of emotional memory: Encoding pleasant, unpleasant, and neutral pictures. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*. 2, 252–263.
- Dolcos, F., LaBar, K.S. & Cabeza, R. (2004). Interactions between the amygdala and the medial temporal lobe memory system predicts better memory for emotional events. *Neuron*. 42: 855-863.
- Dudai, Y. (2004) The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? *Annuals Reviews of Psychology*. 55:51-86.
- Duzel, E. & Heinze, H. (2002). The Effect of Item Sequence on Brain Activity during Recognition Memory. *Cognitive Brain Research*, 13: 115– 127.
- Estrada-Manilla, C. & Cansino, S. (2012) Event-related potential variations in the encoding and retrieval of different amounts of contextual information. *Behavioral Brain Research* .232(1):190–201.
- Erk, S., Kiefer, M., Grothe, J., Wunderlich, A.P., Spitzer, M. & Walter, H., (2003) Emotional context modulates subsequent memory effect. *Neuroimage*. 18, 439-447.
- Erk, S., Kleczar, A. & Walter, H. (2007) Valence-specific regulation effects in a working memory task with emotional context. *Neuroimage*, 37 (2): 623-632.
- Erk, S, Martin, S, & Walter, H (2005) Emotional context during encoding of neutral items modulates brain activation not only during encoding but also during recognition. *NeuroImage* 26: 829 – 838.
- Estrada-Manilla, C. & Cansino, S. (2012) Event-related potential variations in the encoding and retrieval of different amounts of contextual information. *Behavioural Brain Research*. 232, 190-201.

- Fenker, D.B., Schott, B.H., Richardson-Klavenh, A., Heinze, H.J. & Düzel, E. (2005) Recapitulating emotional context: activity of amygdale, hippocampus and fusiform cortex during recollection and familiarity. *European Journal of Neurosciences*. 21: 1995-1999.
- Fiedler, K., (1988). Emotional mood, cognitive style and behavior regulation, in: Fiedler, K., Forgas, J.P. (Eds.), *Affect, Cognition, and Social Behavior*, Hogrefe, Toronto. 100–119.
- Friedman, D. & Johnson, R. (2000). Event-Related Potential (ERP) Studies of Memory Encoding and Retrieval: A Selective Review. *Microscopy Research and Technique*. 51: 6–28.
- Galli, G., Feurra, M. & Viggiano, M.P. (2006) "Did you see him in the newspaper?" *Electrophysiological correlates of context and valence in face processing*. 1119 (1), 190-202.
- García, C., et al., (eds): (2004) Proc 2nd cost workshop on Biometrics on the Internet: Fundamentals Advances and Applications, Ed. Univ. Vigo 77-82.
- Gardiner, J. M., & Java, R. I. (1993). Recognition memory and awareness: An experiential approach. *European Journal of Cognitive Psychology*. 5: 337–346.
- Gratton, M., Coles, E. & Donchin, E. (1983) Anew method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 55, 468-484.
- Gray, H.M., Ambady, N., Lowenthal, W.T. & Deldin, P. (2004) P300 as an index of attention to self-relevant stimuli. *Journal of Experimental Social Psychology*. 216-224.
- Gray, J.R., Braver, T.S., & Raichle, M.E. (2002). Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 99, 4115–4120.
- Guy, S.C & Cahill, L. (1999). The role of overt rehearsal in enhanced conscious memory for emotional events. *Conscious and Cognition*. 8: 114-122.
- Hillyard, S. (1985). Electrophysiology of human selective attention. *Trends in Neurosciences*. 8: 400-405.
- Inaba, M., Nomura, M., Ohira, H., (2005) Neural evidence of effects of emotional valence on word recognition. *International Journal of Psychophysiology*. 57: 165–173.
- Johnson, M., Hashtroudi, S. & Lindsay, D. (1993). Source Monitoring. *Psychological Bulletin*, 114(1): 3-28.
- Johnson, R., Barnhardt, J., & Zhu, J. (2004). The Contribution of Executive Processes to Deceptive Responding. *Neuropsychologia*, 42: 878–901.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002).

Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*. 39: 641–649.

- Kesinger, E.A. & Corkin, S., Two routes to emotional memory: distinct neural processes for valence and arousal. *PNAS* 101: 3310-3315.
- Kiefer, M., Schuch, S., Schenck, W. & Fiedler, K., (2007). Emotion and memory: Event related potential indices predictive for subsequent successful memory depend on the emotional mood state. *Advances in Cognitive Psychology*. 3(3), 363-373.
- Kilpatrick, L. & Cahill, L. (2003) Amygdala modulation of parahippocampal and frontal regions during emotionally influenced memory storage. *NeuroImage*. 20: 2091-2099.
- Krombholz, A., Schaefer, F. & Boucsein, W. (2007) Modification of N170 by different emotional expression of schematic faces. *Biol Psychol*. 76(3.):156–62.
- LaBar, K.S. & Cabeza, R. (2006) Cognitive neuroscience of emotional memory. *Neuroscience, Nature Reviews*. 7: 54-64.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., Cuthbert, B., (1999) International Affective Picture System (IAPS): instruction manual and affective ratings. (Technical Report No. A-4). Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Lasalle, A. & Itier, R.J. (2013) Fearful, surprised, happy, and angry facial expressions modulate gaze-oriented attention: behavioral and ERP evidence. *Social Neuroscience*. 8(6):583–600.
- Le Doux, J. (1996). *The emotional brain*. Simon & Schuster Paperbacks, Nueva York.
- Liu, D.L.J, Graham. S & Zorawsky, M. (2008) Enhanced selective memory consolidation following post-learning pleasant and aversive arousal. *Neurobiology of Learning and Memory* 89: 36–46.
- Lucas, H.D., Chiao, J.Y. & Paller, K.A. (2011) Why some faces won't be remembered: Brain potentials illuminate successful versus unsuccessful encoding for same-race or other-race faces. *Frontiers in human neuroscience*. 5, 1-17.
- Luck, S. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cambridge: MIT Press.
- Lykken, D.T. & Venables, P.H. (1971) Direct measurement of skin conductance: a proposal for standardization. *Psychophysiology*. 8, 656-672.
- Maratos E.J, Dolan R.J, Morris J.S, Henson R.N.A, Rugg M.D. (2001) Neural activity associated with episodic memory for emotional context. *Neuropsychologia* 39: 910–920.

- Maratos, E.J. & Rugg, M.D (2001). Electrophysiological correlates of the retrieval of emotional and non-emotional context. *Journal of Cognitive neuroscience*. 13:7, pp. 877–891.
- Maratos, E.J., Dolan, R.J., Morris, J.S., Henson, R.N., & Rugg, M.D. (2001) Neural activity associated with episodic memory for emotional context. *Neuropsychologia*. 39, 910-920.
- Martínez, A.M., Benavente, R., (1998) The AR Face Database. CVC technical Report. No. 24.
- Minear, M., Park, D.C. A lifespan database of adult facial stimuli. *Behav Res Methods Instr Comp* 2004; 36(4):630–3
- McGaugh, J.L (2006) Make mild moments memorable: add a little arousal. *TRENDS in Cognitive Science*. 10(8): 345-347.
- Neisser, U., Winograd, E., Shreiber, C., Palmer, S., & Weldon, M. (1996) Remembering the earthquake: Direct experience vs. hearing the news. *Memory*. 4: 337-357.
- Nessler, D., Friedman, D. & Bersick, M. (2004). Classic and False Memory Designs: An Electrophysiological Comparison. *Psychophysiology*, 41: 679–687.
- Nielson, K. & Bryant, T. (2005). The effects of non-contingent extrinsic and intrinsic on memory consolidation. *Neurobiology of Learning and Memory* 84: 42–48.
- Nyberg, L., Cabeza R, Tulving E. (1996) PET studies of encoding and retrieval: the HERA model. *Psychonomic Bulletin Reviews*. 3:135-148.
- Oloffson, J.K., Nordin, S., Sequeira, H., Polish, J. (2008). Affective picture processing: An integrative review of ERP findings. *Biological Psychology*. 77, 247-265.
- Palomba, D., Angrilli, A. & Mini, A. (1997) Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International Journal of psychophysiology*. 27, 55-67.
- Phelps, E.A. (2004) Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*. 14: 198-202.
- Philippe, F.L., Lecours, S. & Beaulieu-Pelletier, G. (2009) Resilience and positive emotions: Examining the role of emotional memories. *Journal of Personality*. 77(1): 139-175.
- Picton, T. (1988). Human Event-related potential. *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Cap. 1, Vol. 3. Amsterdam: Elsevier.
- Pitcher, D., Walsh, V. & Duchaine, B. (2009) The role of the occipital face area in the cortical face perception network. *Exp Brain Res*. 209(4):481–93.

- Pizzagalli, D.A., Lehmann, D., Hendrick, A.M., REGARD, M., Pascual-Marqui, R.D., Davidson, R.J. (2002) Affective judgments of faces modulate early activity (approximately 160 ms) within the fusiform gyri. *Neuroimage*. 3(1), 663-677.
- Polich, J. (2007) Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol*; 118(10):2128–48.
- Proverbio, A.M., Adorni, R., Zani, A. & Trestianu, L. (2009). Sex differences in the brain response to affective scenes with or without humans. *Neuropsychologia*. 47 (12), 2374-2388.
- Righi S, Marzi T, Toscani M, Baldassi S, Ottonello S, Viggiano MP. Fearful expressions enhance recognition memory: electrophysiological evidence. *Acta Psychol (Amst)* 2012;139(1):7–18
- Rugg, M. D., & Allan, K. (2000). Memory retrieval: An electrophysiological perspective. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neurosciences* (2nd ed., pp. 805–816). Cambridge: MIT Press.
- Rugg, M. D., Cox, C. J., Doyle, M. C., & Wells, T. (1995). Event-related potentials and the recollection of low and high frequency words. *Neuropsychologia*, 33: 471–484.
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., & Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 392, 595–598.
- Schaefer, A., Braver, T.S., Reynolds, J.R., Burgess, G.C., Yarkoni, T., Gray, J.R., 2006. Individual differences in amygdala activity predict response speed during working memory. *Journal of Neuroscience*. 26: 10120–10128.
- Schaefer, A., Pottage, C.L., & Rickart, A.J. (2011). Electrophysiological correlates of remembering emotional pictures. *Neuroimage*. 54(1): 714-724.
- Scherer, KR. Psychological models of emotion. In: Borod, JC., editor. *The neuropsychology of emotion*. New York: Oxford University Press; 2000. p. 137-162.
- Schutter, D.J.L.G., de Haan, E.H.F. & Van Honk, J. (2004) Functionally dissociated aspects in anterior and posterior electrocortical processing of facial threat. *International Journal of Psychophysiology*. 53, 29-36.
- Smith A.P, Henson R.N, Dolan R.J, Rugg M.D. (2004b) fMRI correlates of the episodic retrieval of emotional contexts. *NeuroImage* 22: 868–878
- Smith A.P, Henson R.N, Rugg M.D, Dolan R.J. (2005) Modulation of retrieval processing reflects accuracy of emotional source memory. *Learning & Memory*. 12: 472–479
- Smith A.P, Stephan K.E, Rugg M.D, Dolan R.J. (2006) Task and content modulate amygdala-hippocampal connectivity in emotional retrieval. *Neuron* 49: 631–638

- Smith, A.P., Dolan, R.J. & Rugg, M.D. (2004a). Event-related potential correlates of the retrieval of emotional and nonemotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16:5: 760–775
- Smith, M.E. (1993). Neurophysiological manifestations of recollective experience during recognition memory judgements. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 1–13.
- Squire, L.R. & Kandel, E.R. (1999). Memory: from mind to molecules. *Scientific American Library*, Nueva York.
- Squire, L.R. & Zola-Morgan, S. (1991). The Medial Temporal Lobe Memory System. *Science*. 253, 1380-1386.
- Takashima, A., Jensen, O., Oostenveld, R., Maris, E., van de Coevering, M. & Fernandez, G. (2006) Successful declarative memory formations is associated with ongoing activity during encoding in a distributed neocortical network related to working memory: a magnetoencephalography study. *Neuroscience*.139(1):291–7.
- Tulving, E. & Markowitsch HJ. (1998) Episodic and declarative memory: role of the hippocampus. *Hippocampus* 8: 198-204.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. Tulving, E. & Donaldson, W. (eds.). *Organization of Memory*. New York: Academic Press, p.p.382-404.
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*. 53: 1-25.
- Van Strien, J.W., Langeslag, S.J.E., Strekalova, N.J., Gootjes, L. & Franken, I.H.A. (2009). Valence interacts with the early ERP old/new effect and arousal with the sustained ERP old/new effect for affective pictures. *Brain Research*. 1251: 223-235.
- Vilberg, K.L. & Rugg, M.D. (2007) Dissociation of the neural correlates of recognition memory according to familiarity, recollection, and amount of recollected information. *Neuropsychologia*. 45(10): 2216-2225.
- Wais, P., Wixted, J., Hopkins, R. & Squire, L. (2006). The Hippocampus Supports both the Recollection and the Familiarity Components of Recognition Memory. *Neuron*. 49, 459–466.
- Wilding, E., & Sharpe, H. (2003). Episodic memory encoding and retrieval: Recent insights from event-related potentials. En Zani, A. & Proverbio A. (eds.) *The cognitive electrophysiology of mind and brain*. pp. 169-196. San Diego: Academic Press.
- Yonelinas, A.P., Otten, L.J., Shaw, K.N. & Rugg, M.D. (2005) Separating the brain regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. *Journal of Neuroscience*. 25: 3002-3008.

ANEXO 1
CUESTIONARIO


1.- ¿Piensas que en total ganaste o perdiste?
Gané _____ Perdí _____
¿Cuánto? _____

2.- ¿Qué estrategia(s) usaste durante el juego?

3.- ¿Piensas que tus contrincantes tenían alguna(s) estrategia(s)? Si es así ¿Cuál(es)?

A continuación se muestran una serie de emociones que pueden describir cómo te sentiste durante la tarea. El inicio de la línea implica que no experimentabas esa emoción y el final que la experimentabas mucho.

Por favor indica en la línea en que grado experimentabas las siguientes emociones **cuando ganabas**.

	_____
	_____
	_____
	_____
	_____

Por favor indica en la línea en que grado experimentabas las siguientes emociones **cuando perdías**.











Por favor indica en la línea en que grado experimentabas las siguientes emociones **cuando no había apuesta.**











¡GRACIAS!