

Tesis Doctoral

Mecanismos corticales y periféricos del procesamiento afectivo de caras: emociones positivas

Cynthia Vico Fullerat



Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autora: María Cynthia Vico Fuillerat
ISBN: 978-84-9125-725-7
URI: <http://hdl.handle.net/10481/43432>

Mecanismos corticales y periféricos del procesamiento afectivo de caras: emociones positivas



Cynthia Vico Fuillerat

Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico
Programa de Doctorado en Psicología Clínica y de la Salud

Universidad de Granada

Tesis Doctoral

La doctoranda Cynthia Vico Fuillerat y los directores de la tesis Jaime Vila Castellar, Pedro M. Guerra Muñoz y Lourdes Anllo Vento garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, 1 de noviembre de 2015.

Director/es de la Tesis



Fdo.: Jaime Vila Castellar

Doctorando



Fdo.: Cynthia Vico Fuillerat



Fdo.: Pedro M Guerra Muñoz



Fdo.: Lourdes Anllo Vento

Para ti, que me miras desde la tercera fila

Gracias al Amor que nos da tanto.

Cuando nos cierra los ojos, comenzamos por fin a ver.

Gracias a las personas que han hecho posible este trabajo dejándose llevar por la emoción más profunda y desconocida.

Gracias a los que dijisteis SI y lo creísteis posible.

Gracias a quienes me han apoyado de todas las formas que he necesitado.

Gracias a las personas que creen en el Amor. Gracias a aquellos que vivís enamorados de vivir. Gracias a los que seguís vuestro camino disfrutando del paisaje.

Especialmente gracias, a las personas de mi vida que me enseñan lo que es el Amor, me miran con Amor, me abrazan con Amor, me hablan con Amor y que me dicen con los ojos quién soy yo.

Gracias a ellos, que me recuerdan que hago aquí y hacia donde voy.

Ellos soy yo.

Artemisa, 2015.

RESUMEN DE LA TESIS

El estudio neurocientífico de las emociones positivas es, actualmente, un área de investigación en constante desarrollo. Este interés se debe, al menos en parte, a la creciente popularidad de la llamada ‘Psicología positiva’ (Seligman, 2002; Snyder, López & Pedrotti, 2010). El estudio de los mecanismos psicológicos y neurofisiológicos de las emociones positivas no sólo tiene interés en sí mismo, dado el importante papel que juegan en la protección de la salud y el bienestar personal y social (Coan, Schaefer & Davidson, 2006; Eisenberger et al., 2011; Jonhson & Frederickson, 2005; Kok et al., 2013; Zbozinek, Holmes & Craske, 2015). Puede también ayudar a entender los mecanismos de activación y control de las emociones negativas. Los modelos teóricos que mejor explican el miedo y la ansiedad, por ejemplo, asumen que los dos sistemas motivacionales primarios –el apetitivo y el defensivo- son los que determinan, en última instancia, las emociones humanas. El sistema motivacional apetitivo, (el relacionado con las emociones positivas) puede jugar un papel importante tanto en la generación y mantenimiento del miedo y la ansiedad, cuando se produce un conflicto entre ambos sistemas (Gray & McNoughton, 2000), como en su reducción o eliminación, a través del aprendizaje de señales de seguridad (Rogan, Leon, Perez, & Kandel 2005) o del contracondicionamiento (Paunovic, 1999; Pearse & Dickinson, 1975).

El presente trabajo está enfocado en el estudio de los mecanismos corticales y periféricos subyacentes al Amor, a través del procesamiento afectivo de caras queridas.

El marco teórico en el que se basan nuestros estudios parte de las teorías evolucionistas reflejadas por Darwin en 1872, en su libro sobre la expresión de las emociones en hombres y animales. La emoción se fundamenta como un conjunto de circuitos motivacionales cerebrales que se desarrollaron muy pronto en la historia evolutiva como medio de apoyo a la supervivencia de los individuos y sus progenitores. Desarrollando esta idea, llegamos a la propuesta de Peter Lang (1968, 1979, 1993, 1995) que considera la emoción como una disposición a la acción (Frijda, 1986), resultante de la activación de determinados circuitos cerebrales ante estímulos significativos para el organismo que se manifiesta a través de tres sistemas de respuesta relativamente independientes: el cognitivo o experiencial subjetivo, el motor o conductual-expresivo y el neurofisiológico-bioquímico.

En el primer capítulo de la Introducción se revisan los estudios más importantes relacionados con las bases neurofisiológicas de la emoción y se profundiza en el contexto estimular del estudio científico de la emoción describiendo en especial el “Sistema Internacional de Imágenes Afectivas” (IAPS) elaborado en el Centro para el Estudio de la Emoción y la Atención que dirige el profesor Lang en la Universidad de Florida (CSEA-NIHM, 1994; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999) así como al método pictográfico de evaluación de imágenes afectivas Maniquí de Auto-Evaluación o SAM (Lang, 1980). Se profundiza en el estudio psicofisiológico de la emoción describiendo las medidas de registro periféricas y centrales más empleadas en este contexto, especificando su utilidad y los datos más importantes obtenidos en este campo.

En el segundo capítulo de la Introducción nos centramos en el estudio psicofisiológico de las emociones positivas y sus hallazgos más interesantes. Observamos las ventajas del uso de imágenes de caras de personas queridas familiares en contextos experimentales para estudiar aspectos relacionados con el procesamiento afectivo de caras. Estos estímulos presentan alto nivel de valencia afectiva positiva y altos niveles de arousal emocional, características difíciles de encontrar en otros estímulos emocionales de valencia positiva. El estudio psicofisiológico de las emociones positivas se ha beneficiado recientemente del uso de índices electrofisiológicos y hemodinámicos de la actividad cerebral. El uso de la metodología de los potenciales evocados ha permitido, en los últimos cuarenta años, dibujar un mapa muy preciso de las dinámicas temporales asociadas al procesamiento de estímulos emocionales, con resultados desiguales para aquellos efectos debidos a la valencia afectiva y aquellos que podrían explicarse en términos de arousal indiferenciado (Olofsson, Nordin, Sequeira & Polich , 2008).

Destacamos el papel del rostro humano en el estudio psicofisiológico de las emociones positivas. La cara constituye un estímulo de especial relevancia en el contexto de la comunicación y las interacciones sociales. A través de la cara, podemos acceder a una amplia variedad de información relevante sobre otros individuos tales como su identidad, su estado emocional (a través de la expresión facial), sus actitudes (si son amistosas u hostiles), la edad, el sexo, la raza, etc. (Dekowska, Kuniecki & Jaskowski, 2008; Adolphs, 2009). Dado su especial estatus, el procesamiento de estímulos faciales ha sido objeto de estudio continuado durante las últimas décadas. Este estímulo se ha utilizado para estudiar emociones como el Amor a través del procesamiento afectivo de caras queridas permitiendo diferenciar incluso, componentes psicofisiológicos comunes y específicos a dos tipos de amor diferentes: el amor romántico y el amor maternal (Bartels

& Zeki, 2000, 2004). En este capítulo se exponen trabajos y datos extraídos relacionados específicamente con el procesamiento afectivo de caras queridas. Se describen diferentes trabajos que emplean caras conocidas, queridas, desconocidas, con expresiones faciales, etc, como estímulos experimentales para el estudio y diferenciación de la emoción respecto a otros aspectos tales como la familiaridad o el arousal emocional.

Para profundizar en el estudio de los mecanismos corticales y periféricos subyacentes al Amor, a través del procesamiento afectivo de caras familiares queridas, hemos llevado a cabo dos estudios que se caracterizan por emplear un paradigma capaz de diferenciar los efectos producidos por la valencia y el arousal emocional a través de la visualización pasiva de imágenes (Lang, 1995; Lang, Davis & Öhman, 2000; Lang & Davis, 2006; Codispoti, Bradley, Cuthbert & Lang, 2001; Bradley & Lang, 2007a). Además se empleó el registro simultáneo de medidas psicofisiológicas periféricas tales como el registro de la actividad electrodermal, de la tasa cardiaca y del músculo cigomático y de medidas psicofisiológicas centrales a través de los potenciales evocados. En los dos estudios se emplearon caras como estímulo experimental empleando diferentes niveles de valencia, arousal y familiaridad para controlar su efecto y se obtuvieron medidas subjetivas.

1.- El primer estudio de esta Tesis publicado por Vico, Guerra, Robles, Vila y Anllo-Vento (2010), se planteó como objetivo principal comparar caras queridas con caras "control" observando los cambios psicofisiológicos tanto periféricos como centrales subyacentes a la emoción. Durante el paradigma de visualización pasiva de caras, las participantes debían visualizar caras pertenecientes a cinco categorías diferentes: caras queridas (pareja, padres, hermanos/as, otros familiares y amigos o amigas), caras de famosos (por los cuales no sentían ninguna emoción especial), caras de desconocidos (pertenecientes al conjunto de caras familiares de otra participante), caras de bebés del IAPS y caras neutrales extraídas de la base de expresiones faciales elaborada por Ekman y Friesen (1978). Durante la visualización de estas imágenes se registró la conductancia eléctrica de la piel, el electrocardiograma, la actividad del músculo cigomático y el electroencefalograma. Al terminar el registro psicofisiológico los participantes volvieron a visualizar las imágenes mientras evaluaban sus sensaciones hacia esas imágenes de forma subjetiva (valencia, arousal y dominancia) utilizando el Self Assessment Manikin (SAM) (Bradley & Lang, 1994). Los resultados de este primer estudio mostraron una respuesta potenciada en todas las variables registradas durante la visualización de las caras queridas en comparación con el resto de categorías de caras.

Con respecto a los potenciales evocados, se pudo observar una onda de mayor positividad ante las caras queridas, que comienza aproximadamente a los 200 ms después de la presentación de la imagen y se mantiene hasta casi la finalización del periodo de 1000 ms post-imagen.

2.- El segundo estudio presentado en esta Tesis se publicó por Guerra y colaboradores (2011) y tenía como objetivo principal controlar el grado de familiaridad entre las diferentes categorías de caras presentadas. En este estudio el paradigma empleado es muy similar al anterior pero en este caso las participantes visualizaron de forma pasiva caras familiares queridas (pareja y padre), desconocidas y caras de bebés. Las caras de bebés se emplearon para controlar los efectos derivados de la agradabilidad de la propia imagen y los posibles efectos oddball (frecuencia estimular) y von Restorff (saliencia visual) en los potenciales evocados. Los resultados de este estudio confirmaron los encontrados en el anterior (Vico et al., 2010), siendo las caras queridas las que provocaron las mayores respuestas en conductancia eléctrica de la piel y actividad del músculo cigomático. En cuanto a la tasa cardíaca, en este estudio las caras queridas se diferenciaron de las desconocidas (mayor aceleración cardíaca) pero no de los rostros de bebés. Con respecto a los potenciales evocados se volvió a encontrar una mayor amplitud en los componentes P300 y potencial positivo tardío (LPP) durante la visualización de caras familiares en comparación con las caras desconocidas y las de los bebés.

Ambos estudios ponen de manifiesto que la integración de medidas fisiológicas centrales y periféricas, además de medidas subjetivas, en este contexto experimental, contribuye de forma importante a discriminar los efectos de la valencia afectiva, el arousal emocional y la familiaridad de la verdadera emoción de Amor, objeto de estudio de nuestra investigación.

Los resultados muestran que la visualización de caras queridas elicitaba una reacción emocional positiva intensa que no puede ser explicada ni por familiaridad ni por arousal. Además, las diferencias entre amor romántico y amor filial aparecen en la magnitud de algunos índices subjetivos y periféricos de emocionalidad (actividad del cigomático, valencia afectiva, arousal emocional y dominancia) que fue mayor para imágenes de las parejas románticas y un índice central de familiaridad (la amplitud del P3), que fue mayor para imágenes de sus padres.

SUMMARY OF THE THESIS

The neuroscience of positive emotions is, in fact, an area of investigation which is in constant development. Recent interest in this area is due, at least in part, to the growing popularity of the so-called positive Psychology' (Seligman, 2002; Snyder, Lopez & Pedrotti, 2010). The study of the psychological and neurophysiological mechanisms of positive emotions is not just interesting in itself, for they play an important role as protective factors in personal health and social well-being (Coan, Schaefer and Davidson, 2006; Eisenberger et al., 2011; Johnson & Frederickson, 2005; Kok et al., 2013; Zbozinek, Holmes & Clarke, 2015). This field of study may also help us understand the mechanisms of activation and control of negative emotions. Theoretical models which best explain fear and anxiety, for example, presume that human emotions are determined, in the final analysis, by the two primary motivational systems: the appetitive and defensive systems. The motivational system for pleasure, which relates to positive emotions, can play as important a role in the generation and maintenance of fear and anxiety, when a conflict between the two systems is produced (Gray & McNoughton, 2000), as it can in their reduction or elimination, by means of the learning of safety' signals (Rogan, Leon, Perez & Kandel, 2005) or counterconditioning (Paunovic, 1999; Pearse & Dickinson, 1975).

The present investigation is focused on the study of the cortical and peripheral mechanisms that underlie love, by means of the affective processing of the faces of loved ones.

The theoretical framework at the base of our studies diverges from the evolutionary theories proposed by Darwin in 1872, in his book on the expression of emotions in humans and animals. Emotion is built on a set of motivational cerebral circuits, which developed very early in evolutionary history as a means of supporting the survival of individuals and their descendants. In developing these ideas, we reach the theoretical proposal of Peter Lang (1968, 1979, 1993, 1995), which conceives of emotion as a disposition for action (Frijda, 1986), resulting from the activation of specific cerebral circuits triggered by stimuli perceived as of adaptive significance. This activation manifests itself through three relatively independent response systems: the cognitive or subjective experiential system; the motor or behavioral-expressive system; and the neurophysiological-biochemical system.

In the first chapter of the Introduction, we review the most important studies on the neurophysiological bases of emotion and examine the stimulus context utilized in scientific studies of emotion. More specifically, we describe the “International Affective Picture System” (IAPS), elaborated in the Center for the Study of Emotion and Attention directed by Peter Lang at the University of Florida (CSEA-NIHM, 1994; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999), as well as the pictographic method for the evaluation of affective images, Self Assessment Mannequin or SAM (Lang, 1980). We proceed further into the psychophysiological study of emotion, describing the most frequently employed measures of peripheral and central activity in this research context, while specifying their utility as well as the most important data gathered in this field.

In the second chapter of the Introduction, we concentrate on the most interesting findings obtained in the psychophysiological study of positive emotions. We also note the advantageous use of images of faces of familial loved-ones in experimental research related to the affective processing of faces. These stimuli produce a high level of positive affective valence and high levels of emotional arousal, characteristics that are difficult to find by means of other emotional stimuli of positive valence. The psychophysiological study of positive emotions has recently benefited from the use of electrophysiological and hemodynamic indices of cerebral activity. The use brain potential methodology has facilitated, over the last forty years, the drawing of a very precise map of the temporal dynamics associated with the processing of emotional stimuli, yielding inconsistent results due to the combined effects of affective valence and undifferentiated arousal (Olofsson, Nordin & Polich, 2008).

We emphasize the role of the human face in the psychophysiological study of positive emotions. The face constitutes an especially relevant stimulus in the context of communication and social interaction. Through the face, we can gain access to a wide range of relevant information about other people, such as their identity, their emotional state (by means of their facial expression), their attitudes (whether they are friendly or hostile), their age, sex, ethnicity, etc. (Dekowska, Kuniecki & Jaskowski, 2008; Adolphs, 2009). Given its special status, the processing of facial stimuli has been the object of continuous study in recent decades. This stimulus has been used in order to investigate emotions like Love by means of the affective processing of the faces of loved ones, facilitating even the differentiation of general psychophysiological components from those specific to two different sorts of love, namely romantic love and maternal love (Bartels & Zeki, 2000, 2004). In this chapter we present work and data that are specifically related to the affective processing of the faces of loved ones. The various experiments reviewed

here used as stimuli the faces of acquaintances, loved ones, strangers, faces with varied facial expressions, etc., with the aim of distinguishing emotion itself from other aspects such as familiarity or emotional arousal.

In order to delve into the study of the cortical and peripheral mechanisms underlying Love, by means of the affective processing of familiar loved faces, we have carried out two studies that used a paradigm capable of differentiating between the effects associated with valence and those related to emotional arousal, which consisted of the passive viewing of images (Lang, 1995; Lang, Davis & Ohman, 2000; Lang & Davis, 2006; Codispoti, Bradley, Cuthbert & Lang, 2001; Bradley & Lang, 2007a). Moreover, we simultaneously obtained peripheral psychophysiological measures, such as electrodermal activity, heart-rate, and zygomatic muscle activation, and central psychophysiological measures in the form of brain evoked potentials. In the two studies faces were used as experimental stimuli, with various levels of valence, arousal, and familiarity to control its effect. We also acquired subjective measures of emotional processing.

1. The first study of this thesis, published by Vico, Guerra, Robles, Vila & Anllo-Vento (2010), set out to compare the processing of loved faces with that of “control” faces, so as to observe the psychophysiological changes underlying emotion, whether peripheral or central. While engaging in the passive viewing of faces, participants were shown faces belonging to five different categories: faces of loved ones (partners, parents, siblings, other family members, and/or friends); famous faces (for which they felt no particular emotion); faces of strangers (chosen from the loved faces of another participant); faces of babies from the IAPS; and neutral faces taken from the database of facial expressions developed by Ekman and Friesen (1978). We recorded skin conductance, the electrocardiogram, the activity of the zygomatic muscle, and the electroencephalogram while participants engaged in the viewing of the aforementioned images. At the end of the psychophysiological recording, participants were once again exposed to the images, while subjectively evaluating their emotional responses to those images by means of the Self Assessment Mannequin (SAM) (Bradley & Lang, 1994). The results of this first study show a larger response in all recorded variables during the viewing of loved-faces as compared with all other categories of faces. In terms of brain potentials, an enhanced positive wave was observed when participants were viewing the faces of loved ones, with its onset at about 200 ms after the presentation of the image and continuing until nearly the end of the 1000 ms post-image period.

2. The second study presented in this thesis was published by Guerra et al., (2011), and had as its principal objective to control the degree of familiarity among the different categories of faces presented. The paradigm used in this study was very similar to the previous one, but in this case the participants passively viewed familiar faces of loved ones (partner and parent); faces of strangers; and faces of babies. Babies' faces were used in order to control the effects derived from the pleasantness of the image itself, the possible 'oddball' effects (i.e., stimulus frequency), and von Restorff (visual salience) in brain potentials. The results of this study confirmed the findings of the previous one (Vico et al., 2010), namely that it is the faces of loved-ones which elicit the greatest responses in electrical skin conductance and in the activity of the zygomatic muscle. In terms of heart rate, in this study loved-faces were associated with greater heart-rate acceleration than the faces of strangers, but were not different from the faces of babies. With respect to the brain potentials, once again the amplitude of the P300 and late positive potential (LPP) was significantly greater during the viewing of familiar loved faces when compared with the faces of strangers and of babies.

Both studies underscore the significant contribution made by integrating central and peripheral psychophysiological measures, in addition to subjective measures, when trying to tease apart the effects of affective valence, emotional arousal, and familiarity, from the true emotion of Love, which was the object of our investigation.

These results show that the viewing of the faces of loved ones elicits an intense positive emotional reaction that cannot be explained by either familiarity or arousal alone. Furthermore, differences between romantic love and filial love are reflected in the magnitude of some subjective and peripheral indices of emotionality (i.e., activity of the zygomatic muscle, affective valence, emotional arousal, and dominance), which was greater for images of romantic partners, and by a central index of familiarity (i.e., the amplitude of the P3), which was greater for images of parents.

CONTENIDOS

	PÁG
1. Introducción.....	1
1.1. El estudio científico de las emociones: Modelo Teórico de Peter J. Lang.....	1
1.1.1. Bases evolucionistas en el estudio de la emoción.....	1
1.1.2. La Teoría Bio-informacional de Peter Lang.....	6
1.1.3. Bases Neurofisiológicas de la emoción.....	9
1.1.4. Contexto estimular en el estudio científico de la emoción.....	12
1.1.5. Principales medidas periféricas y centrales empleadas en el estudio psicofisiológico de la emoción.....	18
1.1.5.1. Medidas periféricas.....	18
1.1.5.1.1. Actividad electrodermal.....	18
1.1.5.1.2. Tasa cardiaca.....	19
1.1.5.1.3. Registros electromiográficos.....	23
1.1.5.2. Medidas centrales.....	27
1.2. Procesamiento afectivo de caras: Emociones Positivas.....	30
1.2.1. El estudio psicofisiológico de las emociones positivas.....	30
1.2.2. El procesamiento emocional de rostros humanos.....	39
1.2.3. El procesamiento afectivo de caras queridas.....	43
2. Objetivos de la tesis.....	47
3. Affective processing of loved faces: Contributions from peripheral and central electrophysiology.....	55
3.1. Introduction.....	55
3.2. Method.....	58
3.2.1. Participants.....	58
3.2.2. Design and materials.....	58
3.2.3. Blocks.....	59
3.2.4. Apparatus.....	60
3.2.5. Dependent measures.....	60
3.2.5.1. Skin conductance (SC).....	60
3.2.5.2. Zygomatic electromyography (EMG).....	61
3.2.5.3. Heart rate (HR).....	61

3.2.5.4. Event-related potentials (ERPs).....	61
3.2.5.5. Subjective ratings (SAM).....	62
3.2.6. Statistical analysis.....	62
3.3. Results.....	63
3.3.1. Skin conductance.....	63
3.3.2. Zygomatic electromyography.....	64
3.3.3. Heart rate.....	65
3.3.4. Event-related potentials in slow presentation block.....	65
3.3.5. Event-related potentials in fast presentation block.....	67
3.3.6. Subjective ratings.....	68
3.3.7. Differences between subcategories of loved faces.....	69
3.3.8. Within-subject correlations for subcategories of loved faces.....	71
3.4. Discussion.....	71
3.4.1. Peripheral physiological measures.....	72
3.4.2. Central physiological measures.....	73
3.4.3. Subjective measures.....	73
3.4.4. The familiarity issue.....	74
3.4.5. An integral explanation.....	75
4. Filial versus romantic love: Contributions from peripheral and central electrophysiology.....	79
4.1. Introduction.....	79
4.2. Method.....	82
4.2.1. Participants.....	82
4.2.2. Stimuli.....	83
4.2.3. Passive-viewing task.....	83
4.2.4. Physiological measures.....	83
4.2.5. Self-report measures.....	84
4.2.6. Procedure.....	85
4.2.7. Data reduction and analysis.....	85
4.3. Results.....	86
4.3.1. Peripheral measures.....	86
4.3.1.1. Skin conductance.....	86
4.3.1.2. Zygomatic EMG.....	87
4.3.1.3. HR.....	87
4.3.2. Central measures.....	88
4.3.2.1. N1 amplitude at Fz, Cz, and Pz.....	88

4.3.2.2. N170 amplitude at P8.....	88
4.3.2.3. N2 amplitude at Fz, Cz, and Pz.....	89
4.3.2.4. P3 amplitude at Fz, Cz, and Pz.....	90
4.3.2.5. LPP amplitude at Fz, Cz, and Pz.....	90
4.3.3. Subjective measures.....	90
4.3.3.1. SAM.....	90
4.4. Discussion.....	91
4.4.1. Positive valence versus undifferentiated emotional arousal.....	92
4.4.1.1. Positive valence versus familiarity.....	92
4.4.1.2. Filial versus romantic love.....	93
5. Discusión.....	97
5.1. Valencia versus Arousal.....	101
5.1.1. Variables fisiológicas periféricas.....	102
5.1.2. Variables fisiológicas centrales.....	102
5.1.3. Medidas subjetivas.....	103
5.2. Familiaridad.....	104
5.3. Amor romántico versus amor filial.....	106
5.4. Uso combinado de medidas integradas.....	110
5.5. Limitaciones de los estudios.....	112
5.6. Perspectivas Futuras.....	113
6. Conclusiones Finales.....	115
Bibliografía.....	119

Capítulo 1. Introducción.

1.1.El estudio científico de las emociones: Modelo Teórico de Peter J. Lang

“El término “emoción” puede ser uno de los conceptos

más imprecisos en todas las ramas de la ciencia”

Nico Frijda y Klaus Scherer (2009).

El estudio científico de los fenómenos emocionales se ha caracterizado, desde sus comienzos, por una dificultad evidente a la hora de definir el propio concepto de emoción (Lang, 1994), dando lugar a la aparición de múltiples modelos y metodologías asociadas que, a pesar de las contribuciones realizadas desde cada una de estas perspectivas, ha impedido en gran medida el desarrollo de una ciencia natural de la emoción. Tal y como propone Lang (2010), *“el progreso de la ciencia depende del desarrollo de un cierto grado de propósito compartido dentro de su comunidad”* (Lang, 2010, p. 229). En este primer capítulo nos proponemos recoger la que, consideramos, es la propuesta más integradora y que más podría ayudar a la obtención de una definición de consenso y al establecimiento de un objetivo de investigación común a toda la comunidad científica.

1.1.1.- BASES EVOLUCIONISTAS EN EL ESTUDIO DE LA EMOCIÓN

Desde de las teorías evolucionistas reflejadas por Darwin en 1872, en su libro sobre la expresión de las emociones en hombres y animales, la emoción se fundamenta como un conjunto de circuitos motivacionales cerebrales que se desarrollaron muy pronto en la historia evolutiva como medio de apoyo a la supervivencia de los individuos y sus progenitores. El cerebro mamífero, para asegurar la supervivencia de la especie, está formado por circuitos neuronales que desde tiempos primitivos se relacionan directamente con estímulos externos que de forma potencial pueden ser apetitivos, apoyando así la supervivencia del organismo o, por el contrario, aversivos, representando

INTRODUCCIÓN

una amenaza para éste. Esta disposición innata presenta consecuencias a nivel psicobiológico ya que, por una parte, los sistemas sensoriales se ven afectados incrementando el nivel de atención y facilitando el procesamiento perceptual de los estímulos que se consideran relevantes para la supervivencia del individuo y, por otra parte, el sistema motor produce la activación de reflejos que movilizan al organismo y producen una acción motora.

Konorski, Dickinson, Dearing y otros miembros de la escuela reflexológica rusa, aportaron datos significativos sobre estos circuitos motivacionales de supervivencia. Konorski (1967) consideró el rol de los reflejos incondicionados del organismo clave para la supervivencia de las especies. Los reflejos incondicionados pueden ser conservadores (alimentación, copulación, crianza) o protectores (huida o rechazo de estímulos nocivos). Él además sugirió que los estados afectivos eran consistentes con estos tipos de reflejo. De este modo, la pasión sexual o la diversión se relacionan con reflejos conservadores mientras que la ira o el miedo se corresponden con reflejos protectores. Dickinson y Dearing (1979), desarrollaron esta distinción de reflejos expresada por Konorski, renombrando esta diferenciación. Los reflejos conservadores y protectores fueron denominados como sistema motivacional apetitivo y sistema motivacional aversivo, respectivamente. Cada sistema motivacional se relaciona con un tipo de afecto y, además, con un nivel de intensidad diferente en función de la movilización que requerirá su activación. El sistema motivacional apetitivo está relacionado con afecto positivo y el sistema motivacional aversivo con afecto negativo. El nivel de intensidad requerido en cada situación está determinado por la inminencia o probabilidad de daño o riesgo para la supervivencia del organismo o por la probabilidad y proximidad de una consumación apetitiva.

El sistema motivacional defensivo, en concreto, es un circuito de lucha o huida pero también se expresa a través de comportamientos relacionados con el congelamiento conductual como ocurre cuando, por ejemplo, un organismo se esconde en una situación de peligro. El sistema motivacional apetitivo se activa de forma distinta ante situaciones de crianza, sexo o alimentación. Pero, aunque algunas reacciones son únicamente apetitivas o defensivas, muchos patrones fisiológicos y comportamentales son similares en ambos contextos y mediados por las mismas estructuras neuronales (Lang & Bradley, 2010). Desde esta perspectiva, se entiende la emoción como una disposición a la acción (Frijda, 1986, 1987). Esta acción o conducta consecuente a un estado emocional previo, puede situarse en un punto de un continuo con dos polos opuestos, aproximación/evitación (Schneirla, 1959). Desde este punto de vista dimensional de la

emoción las dimensiones de dirección o valencia (relacionado con el tipo de afecto positivo o negativo) y arousal emocional (relacionado con la intensidad de la emoción) son fundamentales para interpretar el comportamiento emocional. Además, a partir de la investigación conductual de las emociones, surge una tercera dimensión, denominada control o dominancia, que explica conductas tales como la de congelamiento en situaciones interpretadas como de alto arousal y valencia negativa y, por tanto, peligrosas para salvaguardar la supervivencia del individuo (Hebb, 1946, 1949). En estas situaciones existe un factor que interrumpe o controla la acción de ataque o huida descrita anteriormente a favor de una norma social o en base a una valoración de la situación que favorece la congelación como mecanismo defensivo más adaptativo que el resto. De forma similar, Berkowitz, (1978) describe la frustración como un comportamiento dirigido agresivo bloqueado. Este bloqueo o control de la conducta agresiva se explicaría a partir de esta tercera dimensión de la emoción.

A partir del modelo bifásico expuesto por Konorski (1967) y extendido por Dickinson y Dearing (1979), que considera una clasificación bimodal de los reflejos incondicionados como conservadores o protectores dando lugar a dos sistemas motivacionales opuestos, apetitivo y aversivo, las investigaciones con humanos se plantean profundizar en el conocimiento de estos dos sistemas partiendo de su base psicobiológica. De esta forma, investigaciones basadas en el lenguaje natural, sugieren que el conocimiento que las personas tenemos sobre las emociones está organizado jerárquicamente y que la división que se realiza se sitúa entre positividad (estados placenteros como el amor y la diversión) y negatividad (estados desagradables como ira, tristeza y miedo). Osgood, Suci y Tannenbaum (1957), empleando el diferencial semántico, mostraron que los descriptores emocionales se pueden situar a lo largo de una dimensión bipolar de valencia afectiva que va desde la atracción y el placer hasta la aversión y el displacer. Estos descriptores también podían situarse de manera significativa en un continuo que va desde la activación hasta la sensación de sentirse calmado. Otros investigadores han llegado a conclusiones similares a partir de informes verbales (Lang, 1995). A partir de estas investigaciones, las perspectivas actuales de la emoción, proponen dos sistemas motivacionales cerebrales, apetitivo y aversivo, considerando la importancia de la dimensión de valencia. El arousal no se observa como un sustrato diferente sino más bien como un factor que refleja las variaciones en la activación metabólica y neuronal de ambos sistemas. Por tanto todas las emociones están organizadas alrededor de una base motivacional y la valencia y el arousal constituyen las dimensiones estratégicas de las emociones universales.

INTRODUCCIÓN

Por su parte, la investigación con animales ha definido las estructuras neuronales claves en la red de supervivencia de los individuos. La amígdala bilateral, situada en el lóbulo temporal, juega un rol central en el contexto emocional pues recibe información desde el córtex y el tálamo sensorial y desde el hipocampo implicado en los aspectos relacionados con la memoria. Esta información pasa a través del núcleo central y se extiende más allá de la amígdala (núcleos de la estría terminal) pasando por centros cerebrales implicados en el procesamiento sensorial (vigilancia). Estas estructuras incrementan la atención y el procesamiento de información relacionada con aspectos emocionales clave y activan las estructuras autonómicas y somáticas que median en las acciones defensivas y apetitivas (Lang & Bradley, 2010). Por tanto, a pesar de la evolución de las especies y el control que los humanos podemos ejercer en ciertas situaciones sobre nuestras propias emociones, las reacciones básicas dirigidas a estímulos situados en la dimensión aversivo/apetitivo no dejan de ser relevantes.

Las emociones se desarrollan en las diferentes especies siguiendo las teorías darwinianas y se pueden considerar como estados motivacionales de disposición a la acción. En concreto, en los humanos, existen tres sistemas de respuesta emocional que la hacen patente y que además nos permiten medir las reacciones emocionales evitando la contaminación de otros factores: a) lenguaje expresivo y valorativo, b) cambios fisiológicos mediados por el sistema somático y autonómico y c) comportamientos manifiestos que pueden ir de la aproximación a la evitación considerando estos aspectos como polos opuestos en un mismo continuo.

El lenguaje expresivo y valorativo representa la manifestación externa de la experiencia subjetiva interna. Podemos obtener estos informes verbales a través de escalas psicométricas en las que la persona asigna un valor cuantitativo a diferentes adjetivos que describen emociones. Esta información puede clasificarse dentro las tres dimensiones emocionales descritas: 1) dimensión de valencia caracterizada por los extremos placer-displacer, agradable-desagradable, bueno-malo; 2) una dimensión de arousal o intensidad caracterizada por los extremos excitado-calmado, activado-relajado, alerta-adormecido, y 3) una dimensión de dominancia o control caracterizada por los extremos fuerte-débil, dominante-sumiso, controlador-controlado.

Los cambios fisiológicos mediados por los sistemas somático, autonómico y central, en su caso, manifiestan fenómenos emocionales a través de cambios corporales internos. Estos cambios percibidos parcialmente por nosotros mismos pueden ser observados externamente a través de registros psicofisiológicos. Estos registros suponen

una información objetiva en el estudio de la emoción y pueden pertenecer a tres tipos de respuestas: autonómicas (actividad eléctrica de la piel, actividad cardiovascular y actividad salival), somáticas (actividad electromiográfica y respiratoria) y centrales (actividad electroencefalográfica y potenciales evocados). De este modo los registros psicofisiológicos han sido utilizados en numerosas ocasiones para operacionalizar el fenómeno emocional (Lang, 1971; Lang, Rice & Sternbach, 1972; Öhman, 1987).

Los comportamientos manifiestos, por su parte, se expresan de diferentes formas. Pueden dar lugar a movimientos de aproximación o evitación, a interacciones, gestos faciales, etc. Estas conductas pueden considerarse instrumentales o no instrumentales. Son instrumentales cuando tienen un valor adaptativo creando aproximación hacia estímulos que generan emociones positivas y evitando emociones negativas. Otras conductas emocionales se consideran no instrumentales pues no contribuyen directamente a la adaptación de la persona al medio, como ocurre en el caso de presentar ansiedad en situaciones que requieren calma.

Por otra parte, el contexto específico en el que la emoción tiene lugar, constituye, a su vez, un estímulo ambiental que puede producir el fenómeno emocional y, por tanto, un factor a tener en cuenta. Por supuesto, esta relación no es directa ya que se requiere una mediación cognitiva que determine el significado del estímulo para la persona. Así que un mismo estímulo puede provocar emociones diferentes dependiendo del significado que cada persona le atribuya. Numerosos estudiosos de la emoción han prestado especial interés a esta mediación cognitiva (Lazarus, Kanner & Folkman, 1980) encontrando que esta modulación cognitiva no tiene que ser consciente. Un ejemplo claro de esto lo encontramos en las reacciones de las personas que manifiestan alguna fobia. No existe un razonamiento previo a sus respuestas, más bien podemos considerar la fobia como un miedo irracional.

Teniendo en cuenta que estos tres sistemas de respuesta (informes verbales, cambios fisiológicos y conducta manifiesta) se mueven en un contexto dimensional de la emoción y se relacionan, por tanto, con la valencia, el arousal y la dominancia que el estímulo evoca, las consideraciones clásicas de la emoción como un estado específico clasificable, no consiguen abarcar la globalidad de la emoción y todos los aspectos implicados. Dentro de estas consideraciones clásicas se encuentra la Teoría de James-Lange (1890) que partía de una hipótesis parecida a la del fisiólogo danés Lange (1885). En ella se considera que cada emoción (miedo, ira, alegría) está asociada con un patrón concreto de respuesta autonómica y somática. Para ambos, la experiencia emocional era

INTRODUCCIÓN

la consecuencia de la percepción interna de los cambios fisiológicos específicos de cada emoción. Así mismo la Teoría de Cannon-Bard (1929) explica la emoción considerando que se produce exclusivamente a nivel del sistema nervioso central. De acuerdo con esta teoría, los cambios corporales que se producen durante las emociones son similares en las diferentes emociones cumpliendo la función general de proporcionar al organismo energía para adaptarse al medio. La cualidad emocional depende de procesos centrales de carácter cognitivo. Los cambios corporales periféricos son generales para todas las emociones contribuyendo a aumentar o disminuir la dimensión de intensidad de la conducta emocional. Teorías clásicas posteriores como la Teoría del Arousal-Cognición de Schachter y Singer (1962) que ofrece una postura mixta de las dos anteriores o la Teoría del Feedback Facial revitalizada por autores como Tomkins (1962) e Izard (1971, 1977) que defiende una versión moderna de la teoría de James-Lange centrándose en la información periférica proveniente de la musculatura facial, presentan las mismas limitaciones posiblemente porque sus planteamientos se alejan mucho de una visión dimensional de la emoción.

1.1.2. LA TEORÍA BIO-INFORMACIONAL DE PETER LANG

La Teoría Bio-Informacional de Peter Lang (1968, 1979, 1993) considera el aspecto dimensional de las emociones y las define como disposiciones a la acción, estados de vigilancia que varían de forma importante en función del afecto, de la fisiología y del comportamiento. El modelo de Lang presta especial atención a la organización estructural de las reacciones emocionales, a sus fundamentos neurofisiológicos y a los mecanismos de activación de la emoción. Así, en primer lugar, Lang (1968, 1979, 1993) propone un modelo teórico que implica la existencia de una organización jerárquica en las reacciones emocionales. En el nivel inferior predominan los patrones específicos de respuesta emocional (la especificidad), las reacciones emocionales se manifiestan como patrones específicos de acción dependientes del contexto y, por tanto, con una topografía fisiológica y conductual específica. En el nivel intermedio predominan los programas emocionales, integrados por subrutinas de ataque, huida, búsqueda de alimentos o aproximación. Estos programas muestran ciertas similitudes y estereotipias de respuesta ante diferentes contextos dando lugar a las llamadas categorías emocionales: el miedo, la ira o la tristeza. Por último, en el nivel superior predominan las disposiciones dimensionales. Todas las reacciones emocionales comparten ciertas características: a) direccionalidad (tendencia a la aproximación o a la evitación) b) intensidad (mayor o menor requerimiento de energía y c) control (continuidad o interrupción de la secuencia conductual). Estas tres características

constituyen las tres grandes dimensiones que organizan el mundo afectivo al más alto nivel: valencia (agradable-desagradable), arousal (activado-calmado) y dominancia (controlador-controlado) (Lang, 1995; Lang, Bradley & Cuthbert, 1997). Por tanto, las emociones se manifiestan como conductas específicas que se originaron a lo largo de la evolución a partir de comportamientos básicos adaptativos.

Como hemos visto anteriormente, existen datos que justifican el carácter dimensional y bipolar de estas dimensiones. En concreto, en relación a la valencia, los datos neurofisiológicos apuntan a la existencia de dos sistemas motivaciones generales: uno apetitivo, dirigido a conductas de tipo consumatorio, sexual o de crianza, y otro aversivo, dirigido a conductas de protección, escape o evitación, con circuitos neurofisiológicos diferenciados (LeDoux, 1996). Según Lang, esta diferenciación cerebral explicaría, entre otros aspectos, la primacía de la dimensión de valencia sobre las otras dimensiones (Lang, 1995). Dada la existencia de dos sistemas motivacionales primarios, la dimensión de valencia es la que ejercería la principal influencia en la organización jerárquica de las emociones.

Respecto a la dimensión de arousal, ésta no tendría un sustrato neurofisiológico separado, sino que representa activación metabólica y neural de cualquiera de los sistemas motivacionales primarios o bien su co-activación. Por tanto, ambos sistemas podrían funcionar de forma conjunta pero, al conllevar una acción recíprocamente inhibitoria, la dirección que tomaría la conducta en este caso, (aproximación o evitación) depende de la fuerza de activación de uno u otro sistema.

Por último, la dimensión de dominancia tiene un peso menor en el modelo teórico de Lang y, de hecho, en los estudios factoriales es la dimensión que menos varianza explica, encontrándose sistemáticamente una correlación positiva entre valencia y dominancia (a mayor valencia positiva, mayor control/dominio). El estudio de este factor es importante en estados emocionales caracterizados por la co-activación de los sistemas motivacionales apetitivo y defensivo. Esta situación se observa con frecuencia en trastornos psicopatológicos como adicciones o disfunciones sexuales o en ciertas etapas de la vida, como la adolescencia. En estos casos, la presencia del conflicto emocional podría estar indicada por la tendencia opuesta de los cambios en valencia y dominancia: un aumento de la valencia positiva (polo apetitivo) acompañado de una disminución del control o dominio, o un aumento de la valencia negativa (polo defensivo) acompañado de un aumento del control o dominio (Cacciopo & Berston, 1994; Cacciopo & Gardner, 1999; Cacciopo, Gardner & Berston, 1997).

Como comentamos anteriormente, este modelo presta también especial atención a los mecanismos de activación de la emoción. En humanos, la activación de los circuitos neurofisiológicos de la emoción no sólo se produce por la presencia de estímulos externos relevantes para la supervivencia. Debido a las múltiples conexiones de las estructuras motivacionales primarias (subcorticales y corticales profundas) con las estructuras neurales más recientes (corticales), los circuitos neurofisiológicos de la emoción pueden activarse por el procesamiento interno de estímulos simbólicos o mediante la activación de memorias afectivas. Como vimos anteriormente, el desarrollo de las estructuras corticales del cerebro humano añadió complejidad al funcionamiento de los sistemas motivacionales primarios permitiendo un mayor control de las respuestas ante estímulos apetitivos y aversivos (inhibición, retraso, evaluación del contexto, planificación futura). De esta forma, en la emoción humana se activan redes complejas de información que responden a una estimulación degradada, incluyendo diferentes representaciones almacenadas en la memoria, que pueden generar diferentes tipos de respuesta, e incluso que pueden procesarse sin llegar a ejecutar acción alguna. Este aspecto del modelo de Lang queda recogido en su Teoría Bio-informacional (Lang, 1979, 1985). La característica definitoria de una red de información emocional es la presencia en dicha red de información de respuesta, permitiendo conectar la estructura cognitiva con los circuitos neurofisiológicos apetitivos y defensivos. Sólo cuando se activan estos circuitos, el procesamiento cognitivo de la red se puede considerar emocional (Lang, 1993; Lang, Bradley & Cuthbert, 1998a, 1998b).

El planteamiento teórico de Lang tiene como principal característica la de romper con las viejas dicotomías en el estudio científico de la emoción: periferalismo-centralismo, especificidad-dimensionalidad y fisiológico-cognitivo (Vila & Guerra 2009; Vila & Fernández-Santaella, 2004). El modelo de Lang, como el de otros autores que comparten planteamientos similares es, al mismo tiempo, central y periférico, dimensional y específico, fisiológico y cognitivo. La organización jerárquica de la emoción y sus mecanismos de activación cuenta con elementos que son simultáneamente específicos (nivel inferior) y dimensionales (nivel superior), centrales (circuitos cerebrales) y periféricos (respuestas viscerales y somáticas), cognitivos (red de información) y fisiológicos (funcionamiento corporal).

1.1.3. BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA EMOCIÓN

En la aproximación de James (1890), las emociones se producen a partir de estímulos que evocan instintos, es decir, reacciones reflejas que se producen en los organismos. Desde esta perspectiva, el miedo, por ejemplo, puede evocarse automáticamente en niños con estímulos ruidosos o en lugares oscuros (Seligman, 1971). Del mismo modo que ocurre con los instintos, estas reacciones pueden madurar en ciertas edades e incluso desaparecer. Desde una perspectiva moderna similar, los reflejos emocionales son reacciones que pueden modificarse a través de la experiencia. Todos los organismos cuentan con una gama de reacciones emocionales formadas y combinadas a través de la interacción con el ambiente (Gibson, 1966). Desde esta aproximación de James (1890), la neurociencia ha incrementado su conocimiento de este primer nivel de procesamiento emocional considerando las emociones como responsables de la activación de circuitos neuronales incluidos en el cerebro mamífero para asegurar la supervivencia de los organismos y de sus hijos. Primitivamente, estos circuitos motivacionales estaban comprometidos por estímulos externos que podían ser apetitivos y apoyar potencialmente la vida o, por el contrario, representar una amenaza para la supervivencia del organismo. La consecuencia psicobiológica de la percepción de estos estímulos es doble. Por una parte, comprometen los sistemas sensoriales que incrementan la atención y facilitan el procesamiento perceptual y, por otra parte, inician reflejos que movilizan el organismo y producen una acción motora. Como vimos anteriormente, la investigación con animales (Davis, 2000; Fanselow & Poulos, 2005; Kapp, Supple & Whalen, 1994; LeDoux, 2003) ha definido las estructuras neuronales claves en esta red de supervivencia (Lang & Davis, 2006; Davis & Lang, 2003). La amígdala bilateral (dos pequeñas formas almendradas unidas en núcleo en el lóbulo temporal) juega un rol central. Cada amígdala recibe input desde el córtex y el tálamo (sensorial) y desde el Hipocampo (memoria) pasando después a través del núcleo central y extendiéndose más allá de la amígdala (núcleos de la estría terminal) y por otros centros cerebrales que modulan el procesamiento sensorial (vigilancia), incrementan el procesamiento de información relacionada y activan las estructuras autonómicas y somáticas que median las acciones defensivas y apetitivas.

Los nuevos trabajos no solo explican los circuitos neuronales relevantes en la activación emocional sino que además, estimulados en parte por la Teoría de Pápez (1937), los investigadores han mostrado también la relevancia de los circuitos neuronales

INTRODUCCIÓN

específicos, por ejemplo los sistemas límbico e hipotalámico (MacLean, 1949; Mogenson, 1977) y los componentes neuroquímicos relacionados con la dirección apetitiva o aversiva de las reacciones emocionales. Estudios importantes (Davis, 1989; LeDoux, 1990; Panksepp, Sacks, Crepeau & Abbott, 1991; Thompson, 1986) han desvelado la trayectoria de los reflejos incondicionados de dolor y hay en la actualidad un buen modelo neural de aprendizaje del miedo. Los datos sugieren que la estimulación aversiva activa una trayectoria subcortical procedente del tálamo hacia el núcleo profundo de la amígdala bajo los lóbulos temporales. Desde estas zonas cerebrales parten circuitos (LeDoux, 1990) a través de la zona gris central que median en las respuestas emocionales somáticas (congelamiento y defensa activa) o a través de la región lateral del hipotálamo activando la respuesta visceral (incremento de presión sanguínea y tasa cardíaca).

En este mismo contexto, ha adquirido especial relevancia en los últimos años el papel que juega un reflejo motor, el reflejo de sobresalto, y su modulación por estados emocionales. Los estudios sobre condicionamiento del miedo han empleado en humanos un paradigma de estímulos visuales de miedo en el cual se ha observado una potenciación del reflejo de sobresalto. El reflejo de sobresalto es un patrón de activación motora elicitado por estimulación intensa o aversiva de inicio repentino. Fue descrito inicialmente por Landis y Hunt (1939) como una acción refleja con tres componentes: a) un parpadeo, b) una inclinación brusca de la cabeza hacia delante, y c) una onda de flexión descendente que se transmite desde el tronco hasta las rodillas. La respuesta refleja de sobresalto forma parte del sistema defensivo general del organismo. Existe una amplia literatura sobre el reflejo de sobresalto tanto en animales (Davis, 1992a, 1992b; LeDoux, 1995) como en humanos (Lane et al., 1997; Lang, 1995; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990, entre otros). La medida más utilizada del reflejo de sobresalto en humanos se basa en el registro psicofisiológico del parpadeo (el componente primero y más estable del sobresalto) a través de la electromiografía (EMG) del músculo orbicular del ojo. El cierre rápido de los ojos es uno de los primeros y más fiables componentes de la cascada comportamental que constituye el reflejo de sobresalto. Ocurre entre los 30 y 40 ms después de la aparición del estímulo y refleja un incremento brusco en la tensión del músculo orbicularis. La latencia y la magnitud del parpadeo se pueden medir monitorizando el músculo a través de electrodos en miniatura localizados justo debajo del parpado inferior. En estudios interesados en la potenciación del reflejo de sobresalto se ha observado que estímulos nuevos presentados de forma contingente activan el mismo circuito de miedo descrito anteriormente. De hecho, esta red neural puede influenciar otros comportamientos asociados. En estudios realizados con ratas (Davis, 1989), por ejemplo, la activación del núcleo central de la amígdala produce activación del sistema

reticular influyendo en el arco del reflejo de sobresalto. Es decir, si una respuesta de sobresalto se evoca a partir de un estímulo nuevo pero en el contexto de miedo condicionado, la amplitud de la reacción de sobresalto se incrementa automáticamente. Por tanto, una respuesta aversiva se potencia en el contexto de un estado aversivo aprendido. Los seres humanos (Lang, et al., 1990; Bradley, Greenwald, Petry & Lang, 1992) muestran una potenciación similar del reflejo de sobresalto mientras visualizan eventos desagradables de miedo y una relativa inhibición del mismo en contextos agradables.

Además de profundizar en los circuitos que forman el modelo neural del aprendizaje del miedo, numerosas investigaciones situadas dentro del ámbito de la psicofisiología han ayudado a diferenciar el circuito cerebral de activación para estímulos agradables y desagradables relacionados con los dos sistemas motivacionales descritos, apetitivo y aversivo. Exposiciones iniciales a una imagen desagradable novedosa se asocian con una deceleración cardíaca sostenida, activación del músculo facial corrugador y potenciación de los reflejos de sobresalto, mientras que estas respuestas difieren mucho en su dirección y magnitud durante la exposición a estímulos novedosos agradables (Bradley & Lang, 2007a; Lang, Greenwald, Bradley & Hamm, 1993). Así, estas medidas fisiológicas indican claramente que el sistema motivacional, apetitivo o aversivo, se ha activado. Sin embargo, la conductancia de la piel, la dilatación de la pupila y el potencial positivo tardío cerebral incrementan su amplitud tanto durante la visualización de imágenes agradables como desagradables con alto nivel de arousal indicando la intensidad de la motivación pero no su dirección principal (Bradley & Lang, 2007a). Estos resultados muestran, por una parte, que la mayoría del cerebro está comprometido de forma similar por eventos motivacionalmente relevantes sean señal de amenaza o de recompensa y, por otra parte, parece que algunos circuitos cerebrales pueden ser específicos a la valencia de un evento, desplegando diferentes respuestas dependiendo del objetivo. En numerosos estudios se ha observado que la amígdala responde altamente a la intensidad de ambos estímulos emocionales, aversivos o apetitivos y que esto es central en el incremento de la reactividad simpática y en el compromiso del procesamiento visceral, reflejos que son claramente apropiados tanto para que el organismo se enfrente a condiciones de amenaza como en situaciones agradables. Investigaciones interesadas en las estructuras cerebrales y las conexiones situadas en el córtex y en el sistema límbico específicas para el procesamiento motivacional apetitivo y el afecto positivo realizadas con animales sugieren que el comportamiento de buscar una recompensa es controlada por circuitos neuronales que incluyen el núcleo lateral de la amígdala, el córtex medio prefrontal y el núcleo

accumbens (Ishikawa, Ambroggi, Nicola & Fields, 2008) que funciona como una interface con áreas motoras. Estudios realizados para comprobar si estos circuitos mesolímbicos son activados específicamente por estímulos placenteros o si su activación varía con el arousal emocional (Sabatinelli, Bradley, Lang, Costa & Versace, 2007) han determinado que la amígdala es activada de forma equivalente para estímulos con arousal emocional, sean apetitivos o aversivos. Sin embargo, solo estímulos apetitivos activan el córtex prefrontal medial y el núcleo accumbens. Estos resultados son consistentes con la perspectiva de que estas estructuras están implicadas específicamente en el circuito motivacional apetitivo del cerebro.

1.1.4. CONTEXTO ESTIMULAR EN EL ESTUDIO CIENTÍFICO DE LA EMOCIÓN

Lacey (1958) afirmaba que existe una gran variedad de contextos en los cuales se puede inducir una emoción en un laboratorio. De hecho una emoción puede ser sentida de forma real o imaginada, recordada, anticipada, verbalizada, etc... Los paradigmas de inducción emocional más frecuentes en el estudio psicofisiológico de la emoción son los de percepción, imaginación, anticipación y acción (Bradley & Lang, 2007a).

En el contexto de *percepción emocional*, el objetivo es medir repuestas afectivas producidas por la presentación de información sensorial. Esta información se puede presentar a nivel visual (imágenes, películas, palabras...), a nivel auditivo (sonidos, música...), mediante el tacto (frío, corriente eléctrica...) y a través del olfato y el gusto. En este tipo de contexto puede variar, por tanto, la modalidad de presentación del estímulo, su dinamismo, la duración, etc. Estudios con primates demuestran que los estímulos visuales consiguen estimular a la amígdala, estructura implicada en las respuestas afectivas, de manera más eficaz que los estímulos auditivos (Amaral, Price, Pitkanen & Carmichael, 1992). Por tanto la modalidad del estímulo empleado influye en la respuesta afectiva consecuente (Bradley & Lang, 2007a).

Muchos estudios sobre la emoción recurren a un contexto de *imaginación emocional* en el que los participantes imaginan situaciones que representan experiencias emocionales. En este contexto los participantes reciben instrucciones sobre lo que deben imaginar y se pueden inducir estímulos ficticios o experiencias reales personales del participante. Cuando los sujetos imaginan situaciones emocionales que han vivido personalmente, la conductancia cutánea y la tasa cardíaca muestran respuestas mayores que cuando las situaciones que son imaginadas no son personalmente relevantes (Miller et al., 1987).

En el contexto afectivo de *anticipación*, las reacciones emocionales se evalúan durante un periodo en el que un sujeto espera la presentación de un estímulo afectivo. Tareas experimentales en las que se produce una anticipación de recompensas a partir de juegos, es un ejemplo de contexto anticipatorio apetitivo. En este contexto puede variar la duración de espera desde la señal de entrada del estímulo así como su naturaleza (una luz, una imagen...). Las reacciones anticipatorias también pueden variar en función de si el participante conoce el estímulo afectivo específico que va a aparecer (serpiente) o solo tiene una información global (algo desagradable).

Las reacciones psicofisiológicas emocionales también pueden ser medidas en un contexto de *acción*. Estos contextos se usan menos en psicofisiología debido a que una gran actividad motora podría producir artefactos en los registros de tasa cardiaca y conductancia cutánea y además interfiere en la medición de parámetros emocionales con efectos psicofisiológicos menores. En este contexto, se observa una diferenciación evidente en cuanto al grado de implicación psicofisiológica que depende de la acción requerida. Dar un discurso, evidentemente, requerirá una implicación psicofisiológica mucho mayor que presionar un botón (Bradley & Lang, 2007a).

No obstante, el sistema de inducción de emociones en contextos de laboratorio mejor elaborado y más utilizado últimamente en el estudio de las emociones es el “Sistema Internacional de Imágenes Afectivas” (*International Affective Picture System*, IAPS). El IAPS es un instrumento elaborado en el *Centro para el Estudio de la Emoción y la Atención* que dirige el profesor Lang en la Universidad de Florida (*Center for the Study of Emotion and Attention* -CSEA-NIHM-, 1994; Lang et al., 1999; Lang, Bradley & Cuthbert, 2008; Lang, Öhman & Vailt, 1988) y que ha sido adaptado a la población española en las Universidades de Granada y Castellón (Moltó et al., 1999; Vila et al., 2001). Actualmente incluye más de mil fotografías en color, en formato de diapositiva o en formato digitalizado, pertenecientes a diversas categorías semánticas: animales, escenas de la naturaleza, objetos caseros, desnudos, parejas eróticas, caras humanas, cuerpos mutilados, armas, comida, deportes, etc. La construcción del IAPS ha estado guiada por el modelo teórico de Lang sobre las emociones que hemos expuesto anteriormente y por la aplicación de un método psicométrico de construcción de escalas: el Maniquí de Auto-Evaluación o SAM (*Self-Assessment Manikin*) (Lang, 1980). El SAM utiliza escalas pictográficas no verbales de fácil y rápida aplicación. Proporciona información para cada imagen de las tres dimensiones generales: valencia, arousal y dominancia. Cada escala está formada por una secuencia de cinco figuras humanoides, graduadas en intensidad, representando diferentes niveles de agrado, excitación o

INTRODUCCIÓN

dominio, desde un extremo (izquierda) de máximo agrado, excitación o sentirse dominado, hasta el otro extremo (derecha) de máximo desagrado, relajación o sentirse dominador.

En general, las imágenes del IAPS constituyen un instrumento de indudable valor en la investigación de laboratorio sobre las emociones. Constituye un método de inducción de estados emocionales mediante el uso de estímulos calibrados cuantitativamente. Como han señalado Vila y Fernández-Santaella (2004), su uso en las investigaciones de laboratorio está permitiendo avanzar en la tarea de desentrañar las complejas relaciones existentes entre los tres sistemas de respuesta emocional, el expresivo-lingüístico, el conductual y el fisiológico, así como en el conocimiento de los mecanismos psicológicos y fisiológicos que controlan nuestras emociones. El SAM es un instrumento especialmente adecuado para su uso en países y culturas diferentes, ya que está libre de las influencias culturales y no requiere el uso del lenguaje (Lang, 1995; Lang, et al., 1997).

Los baremos estadounidenses y españoles del IAPS están basados en las evaluaciones realizadas, sobre conjuntos de 60 imágenes aproximadamente, por grupos amplios de entre 100 y 160 estudiantes universitarios. Las evaluaciones afectivas de las imágenes del IAPS han demostrado ser altamente fiables y estables. La figura 1 representa la distribución de las imágenes en el espacio bidimensional definido por las dimensiones de valencia afectiva y arousal emocional. El eje vertical codifica la posición de cada imagen en la dimensión de valencia (1=altamente desagradable, 5=neutra, 9=altamente agradable). El eje horizontal codifica su posición en la dimensión de arousal (1=nada activadora, 5=moderadamente activadora, 9=altamente activadora). Cada punto entre los dos ejes representa la media de las estimaciones de cada una de las imágenes. Como puede verse, la distribución de las imágenes adopta la forma de *boomerang*, con dos brazos que salen desde una zona afectivamente neutra y mínima activación hacia los dos extremos de agradable y desagradable de máxima activación.

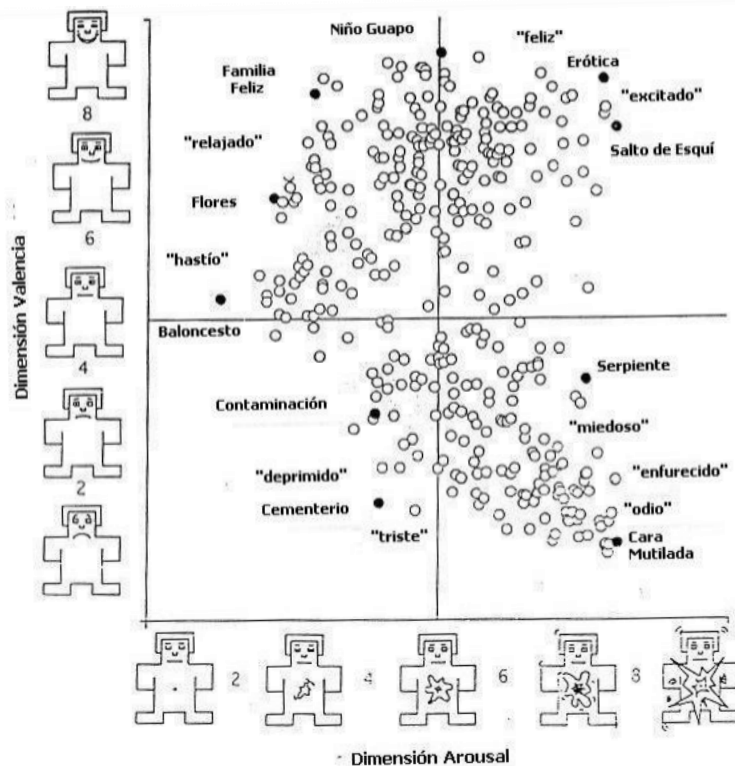


Figura 1. Distribución de las imágenes del IAPS en la población estadounidense considerando las dimensiones de Valencia y Arousal (Bradley & Lang, 1994)

Los resultados obtenidos con las 480 fotografías de los primeros 8 conjuntos baremados en población española reproducen los obtenidos en las muestras estadounidenses. Además, se aprecia que el brazo que se extiende hacia el polo agradable tiene una menor inclinación, junto a una mayor dispersión, que el brazo que se extiende hacia el polo desagradable. También se observa la prácticamente ausencia de imágenes en algunas regiones del espacio bidimensional, en particular en el cuadrante poco activador y desagradable y en el cuadrante altamente activador y neutro. En la figura 2 se recogen los resultados obtenidos con las 352 imágenes de los últimos 6 conjuntos del IAPS baremados en población española. De nuevo, el brazo que se extiende hacia el polo agradable tiene una menor inclinación, junto con una mayor dispersión, que el brazo que se extiende hacia el polo desagradable. También se observa la prácticamente ausencia de imágenes en algunas regiones del espacio bidimensional, en particular en el cuadrante poco activador y desagradable y en el cuadrante altamente activador y neutro.

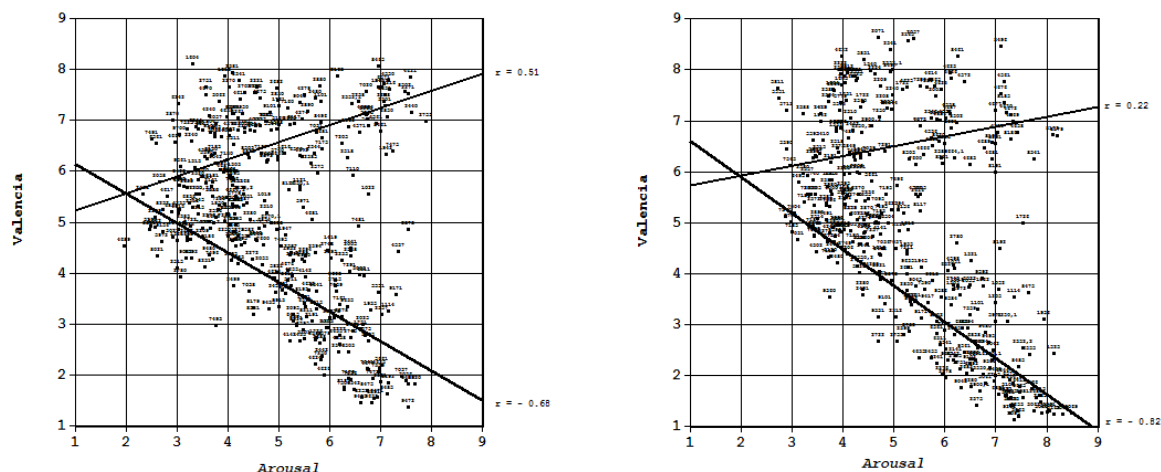


Figura 2. Distribución de las imágenes del IAPS en población española considerando las dimensiones de Valencia y Arousal. A la izquierda para el grupo de varones y a la derecha para el grupo de mujeres (Vila et al., 2001).

Pese a la similitud de los baremos españoles y estadounidenses, así como de los resultados generales de las muestras de varones y mujeres, existen también importantes diferencias que apelan a la necesidad de utilizar datos normativos adecuados al tipo de sujetos y al contexto cultural de cada investigación. Las diferencias entre españoles y estadounidenses no se producen en las evaluaciones de la dimensión de valencia, pero sí en las dimensiones de arousal y dominancia. Los españoles perciben las imágenes con un mayor nivel de activación y con un menor nivel de dominio o control que los estadounidenses. Estos resultados sugieren que los españoles reaccionan emocionalmente con mayor intensidad pero con menor control que los estadounidenses, dato que encaja bastante bien con los estereotipos que existen en ambas poblaciones. Por otra parte, las diferencias entre varones y mujeres aparecen de forma consistente en todos los estudios realizados. Como puede apreciarse en la figura 2, el brazo del *boomerang* que se extiende hacia el polo desagradable tiene una mayor inclinación, junto con una menor dispersión, en el caso de las mujeres; mientras que el brazo que se extiende hacia el polo agradable tiene una mayor inclinación, junto con una menor dispersión, en el caso de los varones. Estos datos sugieren un mayor sesgo de negatividad en las mujeres y un mayor sesgo de positividad en los varones. Las diferencias de género son también evidentes cuando se identifican las imágenes evaluadas por varones y mujeres como más agradables. Las mujeres asignan puntuaciones mayores a las imágenes de bebés, familias y parejas románticas, mientras que los varones consideran como las más agradables las imágenes eróticas y de deportes. En cuanto a las imágenes más desagradables, los varones y las mujeres

coinciden en el tipo de imágenes (mutilaciones y violencia), pero las evaluaciones de las mujeres son más extremas (Moltó et al., 1999; Vila et al., 2001).

Los datos mencionados tienen importantes implicaciones teóricas. La inclinación diferente de la distribución de las imágenes en función de la valencia, mayor inclinación para las imágenes desagradables que para las imágenes agradables, sugiere mecanismos de activación diferentes para los sistemas motivacionales apetitivo y defensivo. La menor inclinación para el sistema apetitivo indicaría la presencia de un sesgo hacia la positividad cuando ninguno de los dos sistemas motivacionales está fuertemente activado. En otras palabras, cuando los niveles motivacionales son bajos (poca activación), la tendencia a la aproximación sería mayor que la tendencia a la evitación, lo que explicaría las reacciones exploratorias y de orientación típicas de la vida cotidiana, cuando los estímulos ambientales no son ni fuertemente amenazantes ni fuertemente atractivos. Por el contrario, la mayor inclinación para el sistema defensivo indicaría un sesgo hacia la negatividad cuando los niveles motivacionales son muy altos, esto es, habría una mayor tendencia a responder con reacciones defensivas de evitación y escape que con reacciones positivas de aproximación cuando aumentan los niveles de activación emocional. Estos datos coinciden con los encontrados por Neal Miller (1959) referentes a los gradientes de aproximación-evitación en las ratas y refuerzan la idea mantenida por otros autores (Bradley, 2000; Konorski, 1967; Lang, 1995) de la existencia de un sesgo a reaccionar defensivamente ante estímulos que posteriormente resultan ser inocuos o incluso positivos (Dickinson & Dearing, 1979; Mineka, 1992; Öhman & Birbaumer, 1993). Este sesgo de negatividad o *conservadurismo adaptativo* (Mineka, 1992), tiene claras funciones de cara a la supervivencia, debido al coste potencialmente mortal de la ausencia de dicho sesgo.

1.1.5. PRINCIPALES MEDIDAS PERIFÉRICAS Y CENTRALES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO PSICOFISIOLÓGICO DE LA EMOCIÓN

1.1.5.1. MEDIDAS PERIFÉRICAS

1.1.5.1.1. *Actividad electrodermal*

La actividad eléctrica de la piel es una de las variables de mayor tradición psicofisiológica. En el estudio científico de la emoción los cambios en la actividad electrodermal ante estímulos con carga emocional se han estudiado en una amplia variedad de paradigmas experimentales. La mayor reactividad electrodermal ante estímulos emocionales se interpreta en términos de una mayor reacción emocional. En estudios en los que se emplean imágenes con diferente nivel de valencia y arousal (Lang et al., 1993; Winton, Putnam & Krause, 1984) los cambios en conductancia eléctrica de la piel reflejan una mayor respuesta ante imágenes activantes, independientemente de que sean agradables o desagradables, en comparación con las imágenes neutrales. En esta línea también se han encontrado efectos de modulación de las respuestas en conductancia eléctrica de la piel utilizando estímulos auditivos como sonidos (Bradley & Lang, 2000) o fragmentos musicales (Gómez & Danuser, 2004), secuencias de películas (Kunzmann, Kupperbusch & Levenson, 2005; Palomba, Sarlo, Angrilli, Mini & Stegagno, 2000), así como imaginación de escenas de contenido emocional (Miller, Patrick & Levenston, 2002). En un contexto experimental de anticipación de la presentación de un estímulo amenazante (Bradley, Moulder & Lang, 2005) o de un estímulo agradable, como una imagen erótica, (Sabatinelli, Bradley & Lang, 2001) también se han observado grandes cambios en la actividad electrodermal reflejando un incremento de arousal durante la anticipación.

Además de estar asociada con el arousal emocional, la conductancia eléctrica de la piel es un componente clásico de la respuesta de orientación (Critchley, 2002; Venables & Christie, 1980). Su respuesta aumenta con la percepción de estímulos novedosos y habitúa a través de la repetición de los estímulos. De forma consistente con la actual interpretación de la respuesta de orientación, las imágenes novedosas producen cambios en conductancia eléctrica de la piel independientemente de su valencia (incluyendo imágenes neutrales) durante su visualización inicial. Pero las respuestas electrodermales son significativamente mayores cuando se visualizan imágenes agradables o desagradables comparado con imágenes neutrales indicando una potenciación de la respuesta de orientación como una función de la relevancia del estímulo. Resulta interesante considerar que cuando en un paradigma de visualización de

imágenes emocionales los mismos estímulos se presentan en sesiones experimentales posteriores, las imágenes agradables y las desagradables continúan elicitando mayores cambios en conductancia. Para las imágenes neutrales, sin embargo, la repetición elimina los cambios significativos en la actividad electrodermal sugiriendo que la novedad es el factor más relevante en relación con esta respuesta. Otros estudios encuentran que, cuando las imágenes afectivas se presentan de forma repetida dentro de la misma sesión experimental, los cambios en conductancia registrados disminuyen (Bradley, Lang & Cuthbert, 1993) aunque con una tasa más lenta de habituación que para las imágenes neutrales. Estos datos indican que tanto la novedad como la relevancia motivacional de los estímulos afectan a los cambios de conductancia de la piel durante la visualización de imágenes.

En cuanto a los tiempos de modulación de esta variable, se han observado cambios en la conductancia cutánea incluso cuando el estímulo está disponible por un breve periodo de tiempo. Algunos estudios observan cambios en conductancia cutánea mayores para imágenes emocionales novedosas, comparadas con imágenes neutrales cuando las imágenes se presentan durante 500ms (Codispoti et al., 2001) y datos más recientes indican esta discriminación cuando la información sensorial está disponible solamente durante 80 ms (Codispoti, Mazzetti & Bradley, 2009). Una interpretación posible de estos datos es que esta medida fisiológica apoya la naturaleza primaria de las emociones como disposiciones a la acción mediadas por la actividad simpática preparando al organismo para luchar, huir o para otros comportamientos apetitivos o defensivos apropiados en respuesta a estímulos tanto novedosos como significativos motivacionalmente (Bradley, 2002). De este modo, por ejemplo, mientras la respuesta cardíaca difiere en contextos emocionales de percepción e imaginación, reflejando seguramente diferencias en cuanto a la entrada de información sensorial en los diferentes contextos, la respuesta electrodermal en ambos contextos constituye un índice de preparación para la acción.

1.1.5.1.2. Tasa cardíaca

Los cambios en la actividad cardiovascular se han relacionado con numerosos procesos psicológicos tanto de carácter cognitivo como de carácter motivacional y emocional. La tasa cardíaca ha sido la variable cardiovascular más investigada en psicofisiología. En una serie de estudios realizados en 1960, Lacey (1967) y Graham y Clifton (1966) observaron deceleraciones cardíacas prolongadas durante tareas perceptivas por lo que existe mediación parasimpática que incrementa el control vagal

INTRODUCCIÓN

produciendo el decremento de la tasa cardiaca (Campbell, Word & McBride, 1997). Lacey (1967) concluyó que la deceleración de la tasa cardiaca ocurría en contextos que incluían percepción (descubrimiento ambiental) mientras que la aceleración cardiaca era más pronunciada en contextos que implicaban procesamiento (rechazo ambiental) (Lacey & Lacey, 1970). En esta línea, Graham (1979) sugirió que la deceleración en la tasa cardiaca era un índice de admisión sensorial (orientación) mientras que la aceleración cardiaca era índice de rechazo sensorial (defensa) (Graham & Clifton, 1966). De acuerdo con esta perspectiva, el procesamiento perceptual supone una focalización hacia la información sensorial que es indicada por una deceleración cardiaca prolongada. De forma consistente a estos resultados, se ha observado que cuando una imagen es vista por primera vez, aparece una deceleración cardiaca relativamente prolongada durante los 2 primeros segundos de presentación independientemente de su valencia (incluyendo imágenes de contenido neutral). Sin embargo, la deceleración cardiaca es significativamente mayor para las imágenes desagradables que para las agradables y las neutrales. Este mismo patrón hacia estímulos desagradables fue previamente encontrado por Hare Wood, Britain y Shadman (1970), Libby, Lacey y Lacey (1973) y Winton et al., (1984). En la mayoría de los casos estos resultados fueron un tanto sorprendentes ya que las imágenes desagradables, según las hipótesis, producían un reflejo de defensa, lo cual produciría una aceleración cardiaca. Sin embargo, más que evidencia de rechazo de estímulos desagradables, el aumento de la deceleración cardiaca sugiere un incremento de admisión sensorial con un foco perceptual pronunciado hacia esos estímulos aversivos. La repetición de las mismas imágenes una semana después mostró un patrón de cambio de tasa cardiaca bastante diferente sin evidencia de orientación cardiaca prolongada para cada imagen y sin diferencias en tasa cardiaca como función de la relevancia de los estímulos. De forma similar, cuando las imágenes se presentan de forma repetida dentro de la misma sesión experimental (Bradley et al., 1993), las diferencias cardiacas como función de la valencia de las imágenes desaparecen.

Por tanto, las investigaciones revelan que todos los estímulos nuevos elicitaban deceleración cardiaca significativa indicativa de un aumento de la orientación que es más evidente para los estímulos aversivos. Este resultado es consistente con la conocida "bradicardia del miedo" que es muy evidente en la mayoría de los mamíferos y en los reptiles durante la cual la tasa cardiaca se ralentiza cuando el organismo es confrontado inicialmente con una amenaza (Campbell et al., 1997) y sugiere que este componente de la respuesta de orientación aumenta en la activación defensiva. Además, la repetición de imágenes no sólo atenúa este componente sino que también elimina las diferencias encontradas en función de la relevancia emocional. Es importante destacar que la

actividad eléctrica de la piel y la actividad cardiaca se comportan de forma diferente ante la repetición de estímulos. De hecho, se ha encontrado ausencia de orientación cardiaca en individuos en los que la respuesta de orientación se encuentra presente a través de los registros de la conductancia cutánea. Además, a diferencia de los cambios en la conductancia de la piel, la modulación del componente cardiaco de la respuesta de orientación es altamente dependiente de la presencia de un primer plano sensorial. De este modo, la deceleración cardiaca desaparece cuando la presentación de las imágenes termina.

Si tenemos en cuenta también que los cambios en tasa cardiaca no reflejan diferencias como función de la relevancia de los estímulos cuando la imagen se presenta por un breve periodo de tiempo (Bradley, 2002), encontramos apoyo a la hipótesis de Graham (1979) de que la deceleración cardiaca se relaciona con la admisión sensorial, reflejando procesamiento implicado en la extracción de información del estímulo sensorial. El aumento de procesamiento perceptual, como una función de la relevancia de los estímulos, es más aparente durante la activación defensiva y esta focalización perceptual, índice de orientación, habitúa rápidamente.

En esta línea y en concordancia con Lacey (1967), que asumió que la deceleración cardiaca era un índice de procesamiento perceptivo que reflejaba la entrada de información sensorial y la aceleración cardiaca era un índice de procesamiento mental que reflejaba un rechazo sensorial, en otros estudios se observa que imágenes apetitivas con alto nivel de arousal, en concreto de contenido erótico, reflejan una mayor deceleración cardiaca inicial que imágenes agradables con menor nivel de arousal (Bradley et al., 2001), sugiriendo que contenidos agradables y con altos niveles de arousal pueden también producir un incremento del procesamiento perceptivo relacionado con la entrada de información sensorial. Y si la deceleración cardiaca durante la percepción de imágenes refleja procesamiento sensorial, las respuestas cardiacas en otros contextos perceptivos pueden también mostrar diferencias decelerativas que reflejen la valencia del estímulo. En esta línea, la tasa cardiaca muestra deceleración cuando se visualizan películas (más que imágenes) que describen una intervención quirúrgica (Palomba et al., 2000), sugiriendo una atención intensificada ante dicho estímulo. Además, escuchar sonidos desagradables con alto nivel de arousal, como explosiones, también produce una mayor deceleración cardiaca inicial que escuchar sonidos neutrales (Bradley & Lang, 2000). En consonancia con la propuesta de Lacey (1967) también se ha encontrado evidencia de que la respuesta cardiaca predominante durante tareas de imaginación mental es acelerativa y aumenta a partir de características

INTRODUCCIÓN

afectivas de los estímulos imaginados (mayor actividad ante estímulos de miedo que ante estímulos neutrales), (Bauer & Craighead, 1979; Cook, Melamed, Cuthbert, McNeil & Lang 1988; Grayson, 1982; Grossberg & Wilson, 1968; Haney & Euse, 1976; Lang, Levin, Miller & Kozak, 1983; May, 1977; Van Egeren, Feather & Hein, 1971). En este sentido se ha encontrado una aceleración de la tasa cardiaca mayor durante la imaginación de escenas agradables en comparación con la imaginación de escenas neutrales (Vrana & Rollock, 2002) siendo esta aceleración incrementada cuando los participantes imaginaban escenas emocionales basadas en experiencias relacionadas con su vida (Miller et al., 2002). En general, la aceleración de la tasa cardiaca durante el proceso de imaginación varía de forma más consistente con estímulos con alto nivel de arousal, tanto agradables como desagradables, (Cook, Hawk, Davis & Stevenson, 1991; Van Oyen Witvliet & Vrana, 1995; Fiorito & Simons, 1994) y estos efectos son más pronunciados cuando las escenas imaginadas son personalmente relevantes (Miller et al., 2002). Lang (1987) ha interpretado la aceleración de la tasa cardiaca durante el proceso de imaginación emocional como un indicativo de que durante la imaginación, así como en una situación real, los cambios cardiacos reflejan la activación de la información asociada con las acciones apropiadas en ese momento. Si tomamos en su conjunto los patrones de tasa cardiaca obtenidos durante la percepción de imágenes y durante los procesos de imaginación, encontramos consistencia con las observaciones de Lacey (1967). Sin embargo, la interpretación de Lacey de la aceleración cardiaca durante los procesos de imaginación como rechazo sensorial ha sido redefinida. Más que un proceso sensorial (rechazo de información perceptiva), algunos autores afirman que la aceleración cardiaca durante la imaginación refleja un compromiso de acción inducida por la escena imaginada (Cuthbert, Vrana & Bradley, 1991). De acuerdo con el modelo Bio-informacional de Lang (1979) en el contexto de imaginación emocional, los eventos afectivos se representan en la memoria a través de una red asociativa que incluye datos codificados relativos a la información sensorial, conceptual y de acción relacionados con la emoción. Un aspecto importante de esta teoría se refiere a las unidades que codifican acciones apropiadas en base a la representación de eventos emocionales. Esta teoría enfatiza la importancia de estas unidades de acción las cuales están asociadas a determinados comportamientos, como por ejemplo correr, y cuentan con importantes apoyos autonómicos, como la aceleración de la tasa cardiaca, que forman partes de la estructura asociativa de un evento emocional. Durante el proceso de imaginación mental, la activación de unidades de acción de la red asociativa tiene como resultado una mayor activación fisiológica durante la imaginación de eventos emocionales que durante la imaginación de eventos neutrales ya que la emoción es, de forma inherente, una disposición a la acción.

1.1.5.1.3. *Registros electromiográficos*

En el contexto de la investigación psicofisiológica de la emoción, se han empleado técnicas de registro electromiográfico principalmente para medir cambios eléctricos en los músculos faciales. Las expresiones faciales se consideran signos de la ocurrencia de un fenómeno emocional. En el “Sistema de Codificación de la Acción Facial” (FACS; Ekman & Friesen, 1986; Ekman, Friesen & Hager, 2002), las “unidades de acción” relacionadas con una actividad observable de músculos específicos de las regiones faciales se pueden relacionar con las diferentes emociones y se encuentran catalogadas según una puntuación. Kohler y colaboradores (2004), usaron el Sistema FACS para codificar expresiones faciales a partir de 128 fotografías que incluían caras mostrando expresión de felicidad, tristeza, miedo y enfado. Su primer objetivo era identificar las características de las unidades de acción presentadas en las diferentes expresiones y determinar si existen unidades únicas de acción que puedan relacionarse correctamente con la emoción correspondiente permitiendo así el reconocimiento de la misma. Para las expresiones de felicidad una única unidad de acción asociada con una subida del ángulo del labio se encontraba en todas las expresiones y parecía ser crítica para reconocer una sonrisa. Por otra parte, las expresiones de tristeza mostraban otras características pero no se encontró una unidad de acción única necesitando la combinación de varias para garantizar su reconocimiento. Este sistema de codificación implica que la expresión facial sea observable y, sin embargo, esto no siempre ocurre, por lo que el uso de técnicas de registro electromiográfico permite avanzar en el estudio de la emoción incluso cuando las expresiones faciales no son perceptibles para el observador.

El registro de la electromiografía facial ha permitido avanzar en el conocimiento sobre muchos aspectos de la reactividad y comunicación emocional. Se ha estudiado el papel de los hemisferios en el control de las reacciones emocionales espontáneas (Dimberg & Petterson, 2000), encontrándose que existe una mayor activación del músculo cigomático ante la visualización de rostros felices y una mayor activación del músculo corrugador ante la observación de rostros enfadados. Esta diferencia en las reacciones musculares faciales fueron significativamente mayores en el lado izquierdo de la cara apoyando así la idea de que el hemisferio derecho cerebral es predominante en el control de las reacciones emocionales evocadas espontáneamente. Los estudios sobre expresiones faciales utilizando registros electromiográficos, combinados con medidas autonómicas y centrales, han aumentado el rigor de las investigaciones sobre procesos afectivos y emocionales.

INTRODUCCIÓN

Los primeros registros electromiográficos en humanos fueron realizados por Edmund Jacobson entre 1925 y 1930, aplicándose poco después al registro de la actividad de los músculos faciales (Wathmore & Ellis, 1959, 1962; Sumitsuji, Matsumoto & Kaneko, 1965). Desde entonces, el estudio electromiográfico de las expresiones faciales ha aportado numerosos datos sobre la gran variedad y especificidad de movimientos de la piel facial causados por la contracción de los músculos de la cara. En este campo se sabe que la acción muscular facial puede producirse en ausencia de un movimiento observable en el rostro debido a la activación débil o muy transitoria de los músculos. Por tanto, algunos procesos afectivos y emocionales no van acompañados por acciones faciales visualmente perceptibles. Esto constituye una limitación a los métodos de observación directa de las expresiones faciales en las investigaciones sobre la emoción y los procesos afectivos. Este problema ha sido superado gracias al uso de la electromiografía facial (Cacioppo, Losch, Tassinari & Petty, 1986). Así mismo, las investigaciones realizadas afirman que la actividad facial electromiográfica varía en función de la intensidad, valencia y sociabilidad de los estímulos emocionales y muestran que la actividad electromiográfica facial es ligeramente diferente para expresiones de emoción deliberadas y espontáneas.

Las investigaciones sobre emoción que emplean registros electromiográficos han observado de forma consistente diferencias en la activación de los músculos faciales en respuesta a estimulación aversiva o apetitiva (Fridlund, Schwartz & Fowler, 1984; Tassinari, Cacioppo & Geen, 1989). Las medidas más empleadas en este ámbito de investigación han sido las relacionadas con la actividad de los músculos corrugador y cigomático, en contextos tanto de percepción, como de imaginación o anticipación. El músculo corrugador se localiza encima y entre los ojos y está implicado en la bajada y contracción de la frente (fruncir el ceño). Esta acción facial se considera un índice de angustia o dolor (Ekman, Levenson & Freisen, 1983; Fridlund & Izard, 1983) y su activación se produce cuando un estímulo se considera desagradable. Su activación se observa cuando se visualizan imágenes desagradables y no cuando las imágenes son neutrales (Cacioppo et al., 1986; Lang et al., 1993) y muestra una modulación similar cuando los sujetos escuchan sonidos desagradables en comparación con los sonidos neutrales. Además, este músculo se encuentra en estado de relajación, por debajo de la línea de base, cuando el sujeto percibe estímulos agradables. Larsen, Norris y Cacioppo (2003), emplearon registros electromiográficos faciales en una gran variedad de contextos perceptivos diferentes, incluyendo de visualización de imágenes afectivas, percepción de sonidos afectivos y lectura de palabras afectivas. En todos los contextos existía una relación clara entre la activación del músculo corrugador y la valencia del

estímulo con mayor actividad cuando el estímulo era desagradable. Además, ante estímulos agradables, se producía una inhibición de su actividad consistente con la hipótesis de que la activación apetitiva y defensiva muestra efectos recíprocos en cuanto a este músculo facial.

Los registros electromiográficos en el estudio de la emoción han prestado también especial atención al músculo cigomático. Este músculo se activa cuando la mejilla se contrae y está implicado en la expresión facial de la sonrisa (Tassinari et al., 1989). El hecho de que la sonrisa tenga una función comunicativa en la cultura humana y pueda ser expresada de manera instrumental, hace que su conexión con la emoción no pueda ser asumida de forma automática. Una persona puede escoger parecer feliz en un momento determinado para conseguir algún objetivo del mismo modo que puede afirmar que se siente feliz, por razones de tipo social, sin que exista una confirmación fisiológica de dicha emoción. Ekman, Davidson y Friesen (1990) se preocuparon por este aspecto de la sonrisa y se interesaron por observar las diferencias existentes entre una sonrisa verdadera y una sonrisa fingida. Descubrieron que, mientras la primera requiere la acción conjunta del músculo cigomático y del músculo orbicular de los ojos, la sonrisa social implica solamente la actividad del músculo cigomático. En esta misma línea, Fridlund y Cacioppo (1986) encontraron co-activación del músculo cigomático y del músculo orbicular de los ojos cuando los participantes visualizaban imágenes agradables en comparación con la visualización de imágenes neutrales. En otro estudio (Bradley et al., 2001) se observó la co-activación de estos músculos faciales de nuevo cuando las imágenes eran agradables pero no cuando se trataba de imágenes con alto nivel de arousal. Además se ha observado que estos músculos se activan ante las imágenes de bebés y de familias solo en el caso de las mujeres (Bradley, Codispoti, Sabatinelli & Lang, 2001), sin embargo, ningún hombre y ninguna mujer mostró dicha activación cuando las imágenes eran de contenido erótico y alto nivel de arousal. Los estímulos desagradables con alto nivel de arousal elicitaron ligeros incrementos en la actividad del músculo cigomático. Lang y colaboradores (1993) observaron también una tendencia de activación del músculo cigomático ante imágenes altamente desagradables, aunque en menor medida que con las imágenes altamente agradables. Larsen y colaboradores (2003), replicaron este descubrimiento y observaron que se producía como reacción a imágenes y sonidos pero no en la lectura de palabras desagradables. Otros estudios encontraron un incremento de la actividad del músculo cigomático durante la visualización de imágenes desagradables pero que se presentaba conjuntamente con cambios significativos en ambos músculos corrugadores y en el músculo orbicularis de los ojos (Bradley et al., 2001). La co-activación de estos tres músculos se asoció a un patrón

INTRODUCCIÓN

facial de actividad que se relaciona más con imágenes que representan escenas que producen asco incluyendo cuerpos mutilados o contaminación.

Los estudios que investigan la actividad electromiográfica facial durante tareas de imaginación mental también han encontrado de forma consistente que la actividad del músculo corrugador y del músculo cigomático se relaciona con la valencia del estímulo imaginado (Van Oyen & Vrana, 1995; Fiorito & Simons, 1994; Fridlund et al., 1984) y se ha obtenido evidencia sobre la fiabilidad de la actividad electromiográfica a la hora de discriminar expresiones faciales de asco no solo en contextos de percepción de imágenes sino también de imaginación.

Las discrepancias observadas en el electromiograma facial durante expresiones faciales observables y encubiertas fomentan el mismo interés científico que las diferencias entre acciones faciales públicas y privadas ya que el uso de registros psicofisiológicos puede constituir el método para detectar si las reglas y contingencias que regulan las expresiones faciales observables son más o menos poderosas cuando la expresión emocional es indetectable visualmente. En este campo la combinación de técnicas electromiográficas con técnicas electrocorticales y autonómicas ha demostrado ser especialmente valiosa. Algunas investigaciones indican que la actividad electrocortical puede ser usada en combinación con la actividad electromiográfica facial para estudiar qué características diferencian las eferencias faciales voluntarias de las espontáneas. Los seres humanos poseemos una excelente capacidad para controlar voluntariamente la musculatura. A través de registros electroencefalográficos se ha observado que ciertos cambios en la actividad del EEG preceden a los movimientos musculares realizados voluntariamente (Coles, Gratton, Bashore, Eriksen & Donchin, 1985). Los cambios, en concreto, se refieren a un incremento de la negatividad entre 0.5 y 1 segundo antes de que la actividad electromiográfica se produzca. Este potencial negativo no se encuentra cuando el gesto es espontáneo (Sumitsuji, 1975) o durante espasmos musculares involuntarios (Obeso, Rothwell & Marsden, 1982).

El registro de la actividad electromiográfica ha sido también importante en el estudio de los reflejos defensivos, en particular, el reflejo de sobresalto y su modulación durante la visualización de imágenes afectivas. En el paradigma de visualización de imágenes afectivas desarrollado por el grupo de Lang, como comentamos anteriormente, el reflejo de sobresalto se mide a través de la electromiografía del músculo orbicular del ojo. Este registro muestra una clara covariación con la dimensión de valencia: la amplitud

del reflejo aumenta cuando las personas visualizan imágenes desagradables y disminuye cuando visualizan imágenes agradables.

1.1.5.2. MEDIDAS CENTRALES

En el paradigma de visualización de imágenes afectivas, los resultados más consistentes muestran un incremento de la amplitud de los potenciales positivos tardíos (Late Positive Potential: LPP), posteriores a los 400 ms después de la presentación del estímulo, asociados con imágenes altamente emocionales, sean agradables o desagradables. El componente LPP, ha sido interpretado en términos de implicación motivacional (Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2004; Bradley, 2009) y de memoria explícita (Voss & Paller, 2006, 2007). En numerosas investigaciones se ha observado que la amplitud del potencial positivo tardío aumenta sistemáticamente en función del arousal de las imágenes emocionales presentadas (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000). En un estudio que empleaba el registro de medidas centrales a través de la observación de potenciales evocados y del uso de técnicas de neuroimagen fMRI (Sabatinelli, Bradley & Lang, 2005), se observó que durante la visualización de imágenes emocionales se producía una mayor activación de regiones que incluían la zona parietal, la zona temporal, la zona lateral occipital y la amígdala, que durante la visualización de imágenes neutrales. Estos hallazgos se obtuvieron tanto a través de las imágenes aportadas por la resonancia magnética como observando la mayor amplitud del componente de positividad tardía en las zonas centro-parietales durante la visualización de imágenes emocionales. Todos estos datos confirman que este componente positivo está relacionado con los procesos emocionales y con la activación de zonas dorsales (occipito-parietal) y ventrales (occipito-temporales) del cerebro. En efecto, las técnicas de neuroimagen así como los registros electroencefalográficos han permitido avanzar en el estudio de la emoción y su uso se ha incrementado rápidamente.

En la actualidad el potencial positivo tardío se interpreta como un índice de activación motivacional, es decir, un signo de que la relevancia del estímulo ha sido detectada (Bradley, 2002). De hecho, las imágenes novedosas agradables y desagradables activan de forma natural los sistemas motivacionales apetitivo y defensivo a través de las asociaciones cerebrales existentes. Esta activación se indica con el aumento del potencial positivo tardío. Esta concepción del potencial positivo tardío como índice de relevancia de los estímulos es consistente con Ritter y Vaughan (1969) los cuales afirmaban que este componente puede ser elicitado por situaciones diferentes y correlaciona con la evaluación cognitiva y la relevancia de los estímulos.

Algunos autores afirman que el potencial positivo tardío sobre la zona centro-parietal es el componente más fiable modulado por la relevancia de los estímulos en el contexto de visualización pasiva de imágenes (Cacioppo, Crites, Gardner & Berntson 1994). Se ha observado que la presentación de imágenes significativas agradables o desagradables, comparadas con las neutrales, elicitan un aumento de positividad sobre la zona centro-parietal en una ventana que comienza sobre los 300-400 ms después de la presentación de la imagen. Este efecto modulador es fiable y ha sido encontrado en numerosos estudios (Cuthbert et al., 2000; Keil et al., 2002; Palomba, Angrilli & Mini, 1997) con mayores diferencias en modulación cuando los participantes visualizan imágenes agradables o desagradables con alto nivel de arousal (Schupp et al., 2004). Cuando las mismas imágenes afectivas se repiten en una única sesión experimental (Codispoti, Ferrari & Bradley, 2007), estas siguen produciendo un gran potencial positivo tardío con una distribución centro-parietal comparado con las imágenes neutrales. En realidad, aunque la amplitud del potencial positivo tardío disminuye algo con la repetición de las imágenes emocionales, su modulación por la relevancia del estímulo es bastante resistente a la repetición mostrando diferencias significativas después de múltiples repeticiones de la misma imagen dentro de una única sesión.

Otro componente de gran importancia observado en estudios emocionales es el P300, un potencial positivo que aparece en torno a los 300 ms después de la presentación del estímulo. Este componente ha sido considerado un índice de la discriminación perceptual relacionado con la localización de fuentes atencionales para la actualización de la memoria (Polich, 2007) y con la relevancia del estímulo. En estudios sobre orientación activa, la escucha o visualización de estímulos activa esta positividad centro-parietal que se conoce como P300 o P3 (Donchin et al., 1984). En efecto, la amplitud del P3 en tareas de estímulos relevantes se ha hipotetizado frecuentemente como que refleja la relevancia de los estímulos (Donchin, 1981), su significado (Johnson, 1986) o el valor de la información (Sutton, Braren, Zubin & John, 1965) y su sensibilidad hacia la relevancia motivacional no ha resultado imperceptible para los investigadores. De hecho se ha observado que los estímulos extremadamente raros elicitan componentes P3 más grandes que los esperados.

Los estudios revelan algunos componentes de ERP que no se relacionan con la relevancia del estímulo pero son elicitados a partir de las características perceptuales de los estímulos. Los componentes N1 y N170, no están implicados en el procesamiento afectivo del estímulo y la literatura los interpreta como índices de procesamiento perceptual (Vogel & Luck, 2000).

Los componentes P3 y LPP sí se relacionan con la relevancia del estímulo (Ruchkin & Sutton, 1983; Donchin et al., 1984). Es interesante observar, que al igual que ocurre con la actividad eléctrica de la piel, la modulación del potencial positivo tardío no depende de la presencia de un primer plano sensorial. Cuando la imagen se presenta brevemente (25 ms) se encuentran diferencias en el potencial positivo tardío entre contenidos emocionales y neutrales (Codispoti et al., 2007). Esta modulación afectiva se observa a pesar de existir diferencias perceptuales en complejidad, contraste o frecuencia espacial (Bradley, Hamby, Löw & Lang, 2007). De este modo se puede afirmar que las diferencias perceptuales modulan potenciales evocados tempranos, como el N1 y el N170, y la relevancia motivacional del estímulo se relaciona con componentes tardíos, como el P3 y el LPP (Donchin, 1981; Ruchkin & Sutton, 1983; Donchin et al., 1984), siendo, este potencial tardío positivo bastante resistente a la habituación.

1.2. Procesamiento afectivo de caras: Emociones positivas.

1.2.1. *EL ESTUDIO PSICOFISIOLÓGICO DE LAS EMOCIONES POSITIVAS*

El estudio psicofisiológico de las emociones se ha centrado hasta hace pocos años en las emociones negativas, fundamentalmente el miedo y la ansiedad. Esta focalización en las emociones negativas es comprensible si se tiene en cuenta que los trastornos de la ansiedad y los trastornos afectivos constituyen los problemas de salud mental de mayor prevalencia en los países de nuestro entorno (Alonso et al., 2004; Kessler et al., 2005; Layard, 2006). Los avances en el estudio neurocientífico del miedo y la ansiedad han sido ciertamente espectaculares convirtiéndose en los últimos años en una de las principales vías de conocimiento de las complejas relaciones entre el cerebro y la conducta (Bechara, Damasio & Damasio, 2000; Gray & McNoughton, 2000; Lang et al., 2000; LeDoux, 1996, 2000; Rogan et al., 2005). El paradigma de investigación más utilizado en este contexto ha sido la visualización de imágenes afectivas superpuestas a la evocación de reflejos defensivos (Lang, 1995). Este paradigma es paralelo al utilizado en la investigación animal combinando el condicionamiento clásico del miedo con la evocación del reflejo de sobresalto (Davis, 1992b) o la respuesta de congelamiento (LeDoux, 1996).

El estudio neurocientífico de las emociones positivas es, actualmente, un área de investigación en constante desarrollo. Este interés se debe, al menos en parte, a la creciente popularidad de la llamada ‘Psicología positiva’ (Seligman, 2002; Snyder & López, 2006). El estudio de los mecanismos psicológicos y neurofisiológicos de las emociones positivas no sólo tiene interés en sí mismo, dado el importante papel que juegan en la protección de la salud y el bienestar personal y social (Coan et al., 2006; Eisenberger et. al, 2011; Jonhson & Frederickson, 2005; Kok et al., 2013; Zbozinek et al., 2015). Puede también ayudar a entender los mecanismos de activación y control de las emociones negativas. Los modelos teóricos que mejor explican el miedo y la ansiedad, por ejemplo, asumen que los dos sistemas motivacionales primarios, el apetitivo y el defensivo, son los que determinan, en última instancia, las emociones humanas. El sistema motivacional apetitivo, relacionado con las emociones positivas, puede jugar un papel importante tanto en la generación y mantenimiento del miedo y la ansiedad, cuando se produce un conflicto entre ambos sistemas (Gray y McNoughton, 2000), como en su reducción o eliminación, a través del aprendizaje de señales de seguridad (Rogan et al., 2005) o del contracondicionamiento (Paunovic, 1999; Pearse & Dickinson, 1975).

El paradigma de visualización de imágenes afectivas, pese a haberse focalizado en el procesamiento de emociones negativas, también ha utilizado estímulos altamente positivos, generalmente por contraposición a los negativos, orientados a estudiar el efecto de la valencia afectiva (agradable frente a desagradable) sobre los reflejos defensivos y las respuestas psicofisiológicas. Como comentábamos en el capítulo anterior, el “Sistema Internacional de Imágenes Afectivas” en el que se basan estos estudios (Lang et al., 2008) cubre una amplia gama de fotografías que, distribuidas en el espacio bidimensional definido por la valencia y el arousal, presenta una forma de *boomerang* con dos brazos que salen de una misma zona afectivamente neutra y de mínimo arousal hacia los dos extremos separados de máximo agrado/desagrado y máximo arousal. Estos dos brazos representan los dos sistemas motivacionales primarios: el apetitivo y el defensivo. El brazo correspondiente al sistema motivacional apetitivo presenta una menor inclinación y una mayor dispersión que el brazo correspondiente al sistema motivacional defensivo (Vila et al., 2001). Esta menor inclinación sugiere una menor fuerza emocional para el sistema apetitivo, coherente con el sesgo de negatividad mencionado anteriormente. Su principal implicación es que, dentro del IAPS, existe un número menor de imágenes afectivas altamente positivas que de imágenes afectivas altamente negativas. Además, existen importantes diferencias de género con respecto a las imágenes evaluadas como altamente positivas: los hombres asignan mayores puntuaciones a las imágenes eróticas y de deportes mientras que las mujeres consideran como las más agradables las imágenes de bebés y de parejas románticas (Moltó et al., 1999).

Los estudios psicofisiológicos que han utilizado el paradigma de visualización de imágenes han intentado identificar los patrones de respuesta, tanto a nivel del sistema nervioso periférico como del sistema nervioso central, que permiten diferenciar las emociones positivas de las negativas (efecto de valencia) controlando los posibles efectos debidos al arousal afectivo. Para ello, resulta metodológicamente imprescindible seleccionar imágenes desagradables y agradables que estén perfectamente igualadas en sus niveles altos de arousal, comparándolas con imágenes neutras de bajo arousal. Esta tarea ha resultado, por lo general, más difícil de lo que pudiera parecer, siendo las imágenes eróticas las que, normalmente, terminan siendo seleccionadas como las imágenes positivas que mejor cumplen los criterios de igualación. En el polo negativo, sin embargo, la selección de imágenes desagradables es, desde el punto de vista del contenido, más amplia, siendo las categorías más estudiadas las imágenes de amenaza, sangre/mutilaciones y objetos/animales fóbicos. Los resultados de los estudios psicofisiológicos que han utilizado estas imágenes son, en general, consistentes,

INTRODUCCIÓN

apuntando, por un lado, a la existencia de un conjunto de medidas pertenecientes al sistema nervioso periférico que permiten diferenciar las imágenes positivas de las negativas (el reflejo de sobresalto, la frecuencia cardíaca, la electromiografía de los músculos corrugador y cigomático y la respuesta cardíaca de defensa) y, por otro, a la existencia de un grupo de medidas que muestran una sensibilidad exclusiva a la dimensión de activación (la actividad eléctrica de la piel y el potencial positivo tardío), permitiendo diferenciar imágenes emocionalmente relevantes (agradables y desagradables) de aquellas que no lo son (imágenes neutrales). A este respecto, numerosas investigaciones han mostrado de manera consistente que la visualización de imágenes altamente agradables se asocia con un patrón de cambios a nivel periférico caracterizado por (a) una inhibición del reflejo de sobresalto (Sege, Bradley & Lang, 2014), (b) un incremento en la actividad del músculo cigomático mayor (Bradley et al., 2001; Larsen et al., 2003) y (c) un patrón bifásico en la tasa cardíaca consistente en una deceleración inicial, seguida de una aceleración (Bradley et al., 2001). Por su parte, el procesamiento de imágenes con contenidos altamente desagradables se ha asociado con potenciación del reflejo de sobresalto, incrementos en la actividad del músculo corrugador y una deceleración mantenida de la tasa cardíaca durante todo el periodo de visualización. Finalmente, ambos tipos de imágenes (altamente agradables/desagradables) provocan respuestas significativamente mayores en conductancia eléctrica de la piel, en comparación con las respuestas provocadas por la presentación de imágenes con contenido neutral (para una revisión extensa de los patrones autonómicos y somáticos asociados a la valencia afectiva y al arousal emocional, véase Bradley, 2007).

La principal dificultad presente en estos estudios es que mientras que los patrones de respuesta de los estímulos negativos y positivos se diferencian entre sí, no siempre los patrones de respuesta de los estímulos positivos se diferencian de los patrones de respuesta de los estímulos neutros, quedando la duda de si se ha conseguido inducir genuinamente una emoción positiva (Ruiz-Padial & Vila, 2007). Los datos son más claros con respecto a la inducción de emociones negativas: miedo, asco, tristeza. Además, cabe la duda de si las imágenes sexuales pueden considerarse imágenes inductoras de emociones positivas en sentido estricto. Por otra parte, en el caso de las mujeres, es evidente que las imágenes sexuales no son evaluadas como las más positivas. Y las que sí lo son (las imágenes de bebés y familias) tienden a ser evaluadas como poco activantes (bajas en arousal), lo que impide realizar comparaciones bien controladas con las imágenes negativas.

El estudio psicofisiológico de las emociones positivas también se ha beneficiado recientemente del uso de índices electrofisiológicos y hemodinámicos de la actividad cerebral. El uso de la metodología de los potenciales evocados ha permitido, en los últimos cuarenta años, dibujar un mapa muy preciso de las dinámicas temporales asociadas al procesamiento de estímulos emocionales, con resultados desiguales para aquellos efectos debidos a la valencia afectiva y aquellos que podrían explicarse en términos de arousal indiferenciado. Siguiendo a Olofsson y colaboradores, (2008), mientras que los efectos debidos al arousal emocional muestran una alta consistencia entre estudios –localizándose dichos efectos, preferentemente, en ventanas temporales tardías (mayores de 300 milisegundos)- los debidos a la valencia afectiva adolecen de una menor replicabilidad, pudiendo encontrarse en ventanas temporales tanto tempranas (entre 100 y 200 milisegundos) como medias (entre 200 y 300 milisegundos). En este sentido, numerosas investigaciones han demostrado que la visualización de imágenes emocionales (sean agradables o desagradables) y que son evaluadas como altamente activantes provocan un incremento de la amplitud del potencial positivo tardío, en comparación con imágenes neutras (Amrhein, Muhlberger, Pauli & Wiedemann, 2004; Keil et al., 2002; Mini, Palomba, Angrilli & Bravi, 1996; Olofsson & Polich, 2007; Palomba et al., 1997; Schupp et al., 2000), que ha sido interpretado como índice de una mayor dedicación de recursos atencionales a estímulos motivacionalmente relevantes. Recientemente, además, se ha demostrado que la modulación emocional de este componente no depende de factores relacionados con los propios estímulos tales como el tiempo de presentación de las imágenes (Codispoti et al., 2009), el número de repeticiones (Codispoti et al., 2007), el tamaño de las mismas (De Cesarei & Codispoti, 2011) o características más básicas como la complejidad perceptiva, el brillo, el nivel de contraste y la frecuencia espacial (Bradley, 2009).

Resultados similares se han obtenido en referencia a un componente de la onda de potenciales de latencia más temprana denominado Negatividad Posterior Temprana (Early Posterior Negativity, EPN). Por ejemplo, Schupp y colaboradores, (2003, 2004) han mostrado de manera reiterada que la visualización de imágenes emocionales con puntuaciones altas en arousal se asocia a un incremento de la amplitud de dicho componente, en comparación con los cambios observados en respuesta a imágenes neutras. La interpretación dominante sobre el significado de estos hallazgos es que el EPN refleja un proceso de “atención selectiva natural” mediante el cual ciertas características perceptuales de las imágenes con carga afectiva hacen que dichos estímulos sean seleccionados para un procesamiento posterior más profundo (Schupp, Flaisch, Stockburger & Junghöfer, 2006).

INTRODUCCIÓN

En contraste con la robustez de los efectos moduladores del arousal emocional, los efectos debidos a la valencia afectiva presentan un cuadro más irregular. Diversos estudios han mostrado la existencia de un “sesgo de negatividad” que se refleja en la modulación de la amplitud de ciertos componentes de la onda de potenciales (P1, N1, N2). Carretie y colaboradores (2006) presentaron a una muestra de 21 sujetos 24 imágenes pertenecientes a tres categorías (agradables, neutrales y desagradables). Dentro de cada categoría, la mitad de las imágenes (4) contenían personas, mientras que el resto no. Cada imagen se presentó cinco veces, dando lugar a un total de 120 ensayos. La tarea de los participantes consistía en determinar si la fotografía mostrada contenía personas o no. Los resultados mostraron que, independientemente del contenido específico de las imágenes, los estímulos altamente desagradables provocaban una mayor amplitud del componente P1, en comparación con imágenes agradables y neutrales, indicando una facilitación del procesamiento sensorial de imágenes con valencia negativa (Carretie, Hinojosa, Albert & Mercado, 2006). Esta última idea es consistente con modelos del procesamiento de la información que defienden la existencia de módulos específicos para el análisis de estímulos potencialmente peligrosos y el aprendizaje del miedo (Öhman & Mineka, 2001).

En la misma línea, Carretie y colaboradores (2003) han encontrado que el componente N1, relacionado también con el procesamiento sensorial temprano, muestra resistencia a la habituación ante estímulos desagradables (Carretie, Hinojosa & Mercado, 2003). Sin embargo, estudios posteriores (Codispoti et al., 2007; Olofsson & Polich, 2007) no han logrado replicar dicho efecto, cuestionando, por tanto, la fiabilidad de dicho hallazgo.

Algunos autores han propuesto la existencia de una secuencia de procesamiento en la que la atención sería capturada inicialmente por estímulos desagradables, reflejada en una mayor amplitud del componente P1. Posteriormente, serían los estímulos con relevancia motivacional los que conseguirían un tratamiento preferencial traduciéndose en incrementos de la amplitud del componente P2 para estímulos positivos y negativos en comparación con los neutrales y finalizando con la dedicación de recursos atencionales a estímulos agradables y neutrales, que se reflejaría en una mayor amplitud del componente N2 (Carretie, Hinojosa, Martín-Loeches, Mercado & Tapia, 2004).

Por último, algunos componentes tardíos como el P3b han mostrado ser sensibles a la valencia afectiva sólo en aquellos paradigmas en los que los estímulos utilizados eran relevantes para la tarea, encontrándose una mayor amplitud de dicho componente

ante imágenes positivas en comparación con imágenes desagradables (Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert & Sequeira, 2004). Estos resultados contrastan con los hallazgos realizados en contextos experimentales de visualización pasiva de imágenes (en los que no se requiere ningún tipo de respuesta por parte del sujeto), donde la valencia emocional parece no influir en la amplitud de los distintos subcomponentes del P300 (Cuthbert et al., 2000).

El procesamiento emocional de estímulos positivos ha sido asociado recientemente a la activación de determinadas estructuras cerebrales que forman parte del sistema de refuerzo. En concreto, tanto el núcleo acumbens como el córtex prefrontal medial han mostrado una activación específica para estímulos agradables de diversa índole, incluyendo imágenes con contenido erótico (Ferreti et al., 2005; Hamann, Herman, Nolan & Wallen, 2004; Sabatinelli et al., 2007), caras atractivas (O'Doherty et al., 2003) y fotografías de personas queridas (Aron et al., 2005; Bartels & Zeki, 2000, 2004; Fisher, Aron & Brown, 2005). Además, los patrones de activación observados en dichas áreas parecen ser independientes del nivel de arousal atribuido a las imágenes.

En dos estudios realizados por Sabatinelli y colaboradores (2007), se presentaron a una muestra de 48 participantes imágenes pertenecientes a distintas categorías afectivas utilizando un paradigma de visualización pasiva. En el primero de ellos se utilizaron 24 imágenes en blanco y negro que mostraban a personas neutrales, parejas en actitud erótica o mutilaciones, estando estas dos últimas categorías igualadas en sus valores de arousal emocional. El análisis de los cambios en la señal dependiente del nivel de oxígeno en sangre mostró que sólo las fotografías eróticas activaban tanto el núcleo accumbens como el córtex prefrontal, no observándose incrementos en la activación de dichas áreas cuando los sujetos visualizaban imágenes neutrales o desagradables. Estos resultados permiten interpretar la activación obtenida en ambas estructuras en términos exclusivos de valencia afectiva: dado que las imágenes desagradables no provocaron cambios significativos, los efectos observados difícilmente pueden atribuirse a la mera relevancia motivacional de los estímulos. En el segundo estudio se utilizaron 30 imágenes pertenecientes a las siguientes categorías: parejas en actitud erótica, parejas románticas, escenas de intervenciones dentales, serpientes y personas en actitud amenazante. El uso de imágenes igualadas en valencia afectiva pero que difieren en la dimensión de arousal (parejas en actitud erótica versus parejas en actitud romántica) permite discernir las contribuciones relativas de ambas dimensiones. El análisis de las regiones de interés reveló que tanto las fotografías de parejas en actitud erótica como aquellas que mostraban parejas en actitud romántica provocaban un aumento de la

INTRODUCCIÓN

activación tanto en el núcleo accumbens como en el córtex prefrontal medial, no encontrándose diferencias entre ambas categorías. Por otra parte, no se observaron efectos significativos cuando se compararon imágenes neutrales con imágenes de valencia negativa.

Recientemente, un estudio realizado por Costa (2010) ha aportado evidencia adicional a favor de la implicación del núcleo accumbens y el córtex prefrontal medial en el procesamiento de estímulos positivos utilizando un paradigma de imaginación (Costa, Lang, Sabatinelli, Versace & Bradley, 2010). Se seleccionaron 42 escenas del *Affective Norms for English Text* (ANET, Bradley & Lang, 2007b) en función de sus valores de valencia y arousal. En cada ensayo, los sujetos leían las escenas durante un período de 12 segundos, seguidos de un periodo adicional de 16 segundos de duración en el que debían imaginar el contenido de cada escena de la manera más vívida posible. Las distintas escenas se presentaron de manera aleatoria, con la restricción de que no podían aparecer textos pertenecientes a la misma categoría emocional en más de dos ensayos consecutivos. Durante todo el procedimiento se registró la actividad cerebral en el núcleo accumbens, el córtex prefrontal medial y la amígdala. Los resultados mostraron que mientras que las escenas con relevancia motivacional (tanto agradables como desagradables) provocaban una activación mayor en la amígdala en comparación con las escenas neutrales, la actividad observada en el núcleo accumbens y en el córtex prefrontal medial obedecía específicamente a la valencia afectiva, encontrándose una mayor activación en dichas áreas ante escenas agradables en comparación con escenas desagradables o neutrales. Además, la cantidad de activación observada en dichas estructuras dependía de los valores de valencia, con mayores activaciones ante las imágenes evaluadas como más positivas. Por último, el análisis de las correlaciones entre las distintas regiones de interés reveló que la actividad registrada en la amígdala se modulaba de manera positiva con la obtenida en el núcleo accumbens y en el córtex prefrontal medial sólo ante las escenas agradables, consistente con la coactivación de estas estructuras cuando los participantes visualizan imágenes apetitivas (Sabatinelli et al., 2007).

El estudio de los mecanismos psicofisiológicos de las emociones positivas se ha abordado recientemente mediante el uso de estímulos apetitivos distintos a las imágenes del IAPS tales como caras atractivas (O'Doherty et al., 2003), trabajos artísticos (Kawabata & Zeki, 2004), estímulos relacionados con el consumo de sustancias (David et al., 2005; Siessmeier et al., 2006), caras de personas queridas (Aron et al., 2005; Bartels & Zeki, 2000, 2004; Eisenberger et al., 2011, Fisher et al., 2005), expresiones faciales

(Anokin & Golosheykin, 2010), y palabras con carga emocional (Herbert & Kissler, 2010; Herbert, Sfürer & Blumenthal, 2013; Herbert et al., 2009; Kissler, Herbert, Peyk & Junghofer, 2007, Kissler, Herbert, Winkler & Junghofer 2009; Larsen et al., 2003). La mayoría de estos estudios ha utilizado exclusivamente técnicas de registro psicofisiológico pertenecientes al sistema nervioso central, aportando resultados similares a los obtenidos con imágenes del IAPS.

Por ejemplo, O'Doherty y colaboradores, (2003) compararon las respuestas neurales de un grupo de 25 sujetos ante rostros que variaban en cuanto a su belleza (establecida previamente mediante una escala construida para tal fin y administrada a una muestra de sujetos independiente) y en referencia a su expresión social (una leve sonrisa versus un rostro neutro). En cada ensayo, los participantes debían determinar a qué sexo pertenecía cada rostro. Los resultados de este estudio mostraron que las caras que habían sido evaluadas previamente como más atractivas y que mostraban una leve sonrisa provocaban una activación mayor en el córtex orbitofrontal medial en comparación con aquellos rostros evaluados como menos agraciados. El córtex orbitofrontal ha sido identificado como una estructura implicada en la codificación del valor reforzador de estímulos auditivos (Blood, Zatorre, Bermudez & Evans, 1999), olfativos (Critchley & Rolls, 1996; O'Doherty et al., 2000), táctiles (Francis et al., 1999), gustativos (Schoenbaum, Chiba & Gallagher, 1998), así como de reforzadores abstractos como ganancias o pérdidas monetarias (Breiter, Aharon, Kahneman, Dale & Shizgal, 2001).

Cabe también mencionar aquí los estudios realizados por el grupo de Johanna Kissler en la Universidad de Bielefeld y los de Cornelia Herbert en la Universidad de Tübingen utilizando palabras emocionales. Diversas investigaciones han demostrado que la mera visualización de palabras con contenido emocional modula algunos componentes de la onda de potenciales de manera similar a la observada cuando se han utilizado imágenes del IAPS. Kissler y colaboradores (2009) han comprobado que palabras evaluadas como altamente agradables o desagradables provocan un aumento de la amplitud del EPN y del potencial positivo tardío, en comparación con palabras de valencia neutral. Por otra parte, existe evidencia acumulada en los últimos años que permiten postular la existencia de un "sesgo de positividad", caracterizado por un procesamiento más profundo (Herbert et al., 2009) y un mayor recuerdo de palabras agradables (Ferré, 2003). Especialmente interesantes en este contexto resultan los trabajos que han estudiado la modulación del reflejo de sobresalto mediante el uso de palabras de distinta valencia afectiva bajo distintas exigencias de procesamiento (superficial versus profundo).

INTRODUCCIÓN

Herbert y Kissler (2010) presentaron a dos grupos de sujetos adjetivos ($n = 228$) pertenecientes a tres categorías (agradables, desagradables y neutrales). Del total de estímulos que se usaron en dicho estudio, 54 (18 por cada categoría) se acompañaron de la presentación de un ruido elicitor de la respuesta de sobresalto. La mitad de los sujetos que componían la muestra recibieron instrucciones para procesar dichos adjetivos de manera superficial (por ejemplo, mediante visualización pasiva o categorización léxica) mientras que al segundo grupo se les pidió que emplearan estrategias de procesamiento más profundo (categorización semántica, imaginación, etc.). Los resultados mostraron una interacción significativa entre la valencia afectiva de los estímulos utilizados y la estrategia de procesamiento empleada: en condiciones de procesamiento superficial, la respuesta de sobresalto mostró la modulación esperada de acuerdo con la hipótesis del priming motivacional (inhibición ante estímulos agradables y potenciación ante palabras de valencia negativa). Sin embargo, bajo condiciones de procesamiento profundo, tanto las palabras agradables como las desagradables provocaron potenciación del parpadeo, en comparación con las neutrales. Esta aparente contradicción ha sido explicada en términos de la hipótesis de la interrupción del procesamiento (Miller et al., 2002), que establece que en condiciones en las que la atención está dirigida hacia procesos internos (como ocurre en el caso de la imaginación) o cuando la tarea requiere un procesamiento más profundo, el reflejo de sobresalto actúa como un mecanismo de interrupción de la actividad cognitiva en curso con la finalidad de redirigir la atención hacia el medio y poder detectar posibles amenazas.

En conjunto, los trabajos revisados en este apartado ponen de manifiesto que es posible diferenciar, sobre la base de respuestas somáticas, autonómicas y centrales, los efectos debidos a la valencia afectiva de aquellos que pueden explicarse en términos de arousal indiferenciado. También, dado que dichos efectos no influyen por igual a todas las variables psicofisiológicas, apelan a la necesidad de emplear un amplio conjunto de medidas que permitan establecer conclusiones firmes.

1.2.2. EL PROCESAMIENTO EMOCIONAL DE ROSTROS HUMANOS

La cara constituye un estímulo de especial relevancia en el contexto de la comunicación y las interacciones sociales. A través de la mera visualización del rostro, podemos acceder a una amplia variedad de información relevante sobre otros individuos tales como su identidad, su estado emocional (a través de la expresión facial), sus actitudes (si son amistosas u hostiles), la edad, el sexo, la raza, etc. (Dekowska et al.,

2008; Adolphs, 2009). Dado su especial estatus, el procesamiento de estímulos faciales ha sido objeto de estudio continuado durante las últimas décadas.

La investigación psicofisiológica sobre el procesamiento de caras se ha centrado en el estudio de los mecanismos cognitivos de la extracción de la información relevante para el reconocimiento de la identidad (Bruce & Young, 1996; Dobel & Schweinberger, 2006; Gobbini & Haxby, 2007; Haxby & Gobbini, 2011). En este contexto, los estudios que han empleado técnicas electrofisiológicas, como la electroencefalografía (EEG), potenciales evocados (ERPs) o magnetoencefalografía (MEG); técnicas metabólicas, como la tomografía por emisión de positrones, o técnicas hemodinámicas, como la resonancia magnética funcional, se han mostrado especialmente útiles a la hora de caracterizar tanto la cadena de eventos que tiene lugar en el procesamiento de la información facial como los circuitos neurales responsables del reconocimiento de la identidad. De este modo, varios componentes de la onda de potenciales como el P1, N170, N250r, P300 y N400 han servido para describir la secuencia temporal que comienza con la codificación estructural de la información facial y finaliza con la extracción de información biográfica y las respuestas emocionales asociadas a un rostro concreto (Bentin, Allison, Puce, Pérez & McCarthy, 1996; Bruce & Young, 1986; Eimer, 2000; Herrmann, Ehlis, Ellgring & Fallgatter 2005; Schweinberger, 2011). Estos potenciales se localizan fundamentalmente en zonas temporales del hemisferio derecho. Los primeros aparecen ante cualquier tipo de cara, independientemente de la familiaridad. Los potenciales más tardíos permiten diferenciar las caras conocidas de las desconocidas.

Los modelos neurales más recientes sobre el procesamiento de caras (Gobbini & Haxby, 2007; Haxby & Gobbini, 2011, Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000) postulan la existencia de un conjunto de estructuras cerebrales altamente distribuido compuesto por un Sistema Central, responsable del análisis de la apariencia visual, y un Sistema Extendido, encargado de extraer información adicional (conocimiento acerca de la persona, expresión facial y respuestas emocionales asociadas). El Sistema Central está compuesto, principalmente, por el área occipital de las caras (Occipital Face Area, OFA), el giro fusiforme (Fusiform Face Area, FFA) y el surco temporal superior posterior (posterior Superior Temporal Sulcus, pSTS). Este sistema llevaría a cabo dos operaciones: por un lado, analizaría las características invariantes de los rostros (que descansaría, fundamentalmente, en FFA y OFA) y, por otro, procesaría las características dinámicas de los gestos faciales (asociadas a la actividad del pSTS). El denominado Sistema Extendido está compuesto por una serie de módulos especializados en la

INTRODUCCIÓN

extracción de información referida al conocimiento que se tiene sobre la persona (córtex prefrontal medial, unión temporo-parietal, precuneus y cíngulo posterior, entre otras áreas), la expresión facial (operculum frontal) y a la emoción asociada al rostro (amígdala y corteza orbitofrontal medial, entre otras). Ambos sistemas trabajarían conjuntamente para poder realizar una correcta identificación.

Uno de los temas que ha suscitado una larga controversia es si el reconocimiento de la cara humana está mediado por procesos especializados propios de este tipo de estímulo o por mecanismos más generales implicados también en el procesamiento de otras categorías de estímulos (Ellis & Young, 1998; Farah, Wilson, Drain & Tanaka, 1998). Esta controversia se ha intentado resolver estudiando personas que sufren problemas en el reconocimiento de caras conocidas: la Prosopagnosia. El debate parece decantarse a favor de la especificidad. No obstante, el estudio de la Prosopagnosia, junto con el de otros trastornos neuropsicológicos relacionados con el reconocimiento de caras (el síndrome de Capgras), ha revelado la existencia de mecanismos de procesamiento emocional, a través de las caras, que van más allá de los mecanismos puramente cognitivos resaltados por los estudios electrofisiológicos. Este tipo de estudios sugiere la existencia de dos rutas paralelas en el procesamiento de la identidad, una que consigue el reconocimiento de la identidad de forma consciente, proporcionando acceso a la memoria semántica y episódica, y otra que consigue el reconocimiento encubierto a través de la producción de respuestas afectivas ante las caras familiares (Breen, Caine & Coltheart, 2000).

Los pacientes con Prosopagnosia son incapaces de identificar las caras de familiares aunque sí pueden reconocerlas a través de la voz y los gestos. Varios autores han sugerido que estos pacientes tienen dañada la ruta cognitiva pero mantienen intacta la ruta afectiva (Bauer, 1984; Bobes et al., 2004; Tranel & Damasio, 1985). Coherente con esta idea, los potenciales corticales aparecen disminuidos ante las caras familiares (Dobel & Schweinberger, 2006), mientras que la actividad eléctrica de la piel se comporta normalmente indicando que existe reconocimiento afectivo (Tranel & Damasio, 1985). Recientemente, Valdés-Sosa y colaboradores (2011) han estudiado las bases neurales del fenómeno del reconocimiento encubierto que se da en pacientes prosopagnósicos utilizando técnicas de resonancia magnética funcional e imágenes por tensor de difusión en un paciente que sufría Prosopagnosia severa como consecuencia de una lesión de los lóbulos temporales. Los resultados de dicho estudio apuntan a que la conexión entre áreas occipitales (OFA), mediales (cíngulo posterior) y frontales (corteza orbitofrontal

medial), que se encontraba parcialmente preservada, es clave para entender este fenómeno.

En el síndrome de Capgras se produce el fenómeno contrario: los pacientes reconocen las caras familiares pero no las sienten como auténticas, piensan que se trata de impostores que han reemplazado a sus familiares. En este caso se supone que los pacientes tienen intacta la ruta cognitiva mientras que la ruta afectiva estaría dañada. Coherente con esta idea, la respuesta eléctrica de la piel aparece disminuida, como si no hubiera reconocimiento afectivo (Ellis, Young, Quayle & DePauw, 1997; Hirstein & Ramachandran, 1997). Por último, Brighetti y colaboradores (2007) han mostrado que, además de la hiporreactividad en conductancia observada en estudios anteriores, el síndrome de Capgras se relaciona también con una reducción en el número de fijaciones que estos pacientes realizan en la zona ocular de los rostros de personas que consideran haber sido sustituidos por impostores (Brighetti, Bonifacci, Borlimi & Ottaviani, 2007).

A partir de estudios recientes sobre los mecanismos neurales de la expresión y comunicación emocional a través del rostro, se ha acumulado evidencia a favor de la ruta afectiva. Esta línea de investigación, que tiene sus raíces en los planteamientos expuestos por Darwin en su obra *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* (1872), ha sido ampliamente desarrollada desde la segunda mitad del siglo pasado (Ekman, 1973; Izard, 1977; Tomkins, 1962). La metodología de investigación se basa igualmente en la visualización de fotografías de rostros aunque, en este caso, expresando emociones como por ejemplo, miedo, ira o alegría.

Los estudios de neuroimágenes más recientes muestran de forma consistente que la visualización de rostros con expresiones emocionales activa las áreas cerebrales implicadas en el procesamiento emocional (amígdala y núcleo acumbens) explicando que se activen tales emociones y se observen las respuestas periféricas que las acompañan. También demuestran que la activación emocional contribuye a facilitar el procesamiento cognitivo posiblemente a través de un mecanismo de feedback o reentrada desde los centros emocionales hacia la corteza sensorial (Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver & Dolan, 2004). Los datos más consistentes, sin embargo, vuelven a ser los relacionados con las emociones negativas. La inducción de emociones positivas a través de la visualización de rostros alegres no llega a alcanzar los mismos niveles de expresión corporal e intensidad subjetiva que los alcanzados con la visualización de rostros que expresan miedo o ira.

La investigación sobre patrones de respuesta autonómicos y somáticos asociados a la visualización de expresiones faciales ha sido menor y ha proporcionado, en términos generales, resultados más inconsistentes que los obtenidos con imágenes procedentes del IAPS, cuestionando la capacidad de los estímulos faciales para provocar estados afectivos (Wangelin, Bradley, Kastner & Lang, 2012). Este aparente mosaico de resultados queda reflejado en estudios que informan sobre respuestas en conductancia eléctrica de la piel mayores para expresiones de alegría en comparación con expresiones de ira (Vrana & Gross, 2004), respuestas decelerativas en la tasa cardiaca tanto ante caras que muestran enfado como ante caras que muestran alegría (Dimberg, 1982), ausencia de modulación del reflejo de sobresalto ante expresiones faciales con distinta valencia afectiva (Alpers & Adolph, 2006; Spangler, Emlinger, Meinhardt & Hamm, 2001), potenciación del parpadeo sólo ante caras masculinas con expresión de ira (Hess, Sabouriny & Kleck, 2007), o ausencia de inhibición de dicho reflejo ante expresiones faciales de alegría (Anokhin & Golosheykin, 2010).

Por el contrario, los trabajos que han utilizado medidas de la actividad electromiográfica facial (músculos corrugador y cigomático) han encontrado un alto grado de paralelismo entre los resultados obtenidos con expresiones faciales y aquellos derivados del uso de estímulos emocionales más complejos. En este contexto, se ha encontrado que expresiones faciales negativas provocan un incremento significativo de la respuesta del músculo corrugador, mientras que la visualización de expresiones faciales de valencia positiva se asocia con una mayor activación del cigomático (Dimberg & Petterson, 2000; Vrana & Gross, 2004).

Dado el calado teórico de las discrepancias anteriormente mencionadas, algunos autores han sugerido la posibilidad de que mientras que las expresiones faciales pueden influir en la atención y otros procesos cognitivos, quizá carezcan de la capacidad para generar cambios a nivel autonómico y somático que son indicativos de una clara reacción emocional” en contextos de laboratorio (Wangelin et al., 2012, pp. 103).

1.2.3. EL PROCESAMIENTO AFECTIVO DE CARAS QUERIDAS

El estudio de los mecanismos psicofisiológicos de las emociones positivas se ha abordado recientemente desde una perspectiva diferente. En el modelo de Haxby y Gobbini (2011) sobre procesamiento de caras que comentábamos en el apartado anterior se resalta el papel que juegan factores de tipo cognitivo, relacionados con el conocimiento que tenemos acerca de una persona en particular, y factores de tipo emocional, relacionados con las respuestas emocionales asociadas a una determinada

cara, para realizar una identificación exitosa. A la hora de determinar qué papel juegan la familiaridad y la emoción en el reconocimiento de la identidad a través de la visualización de rostros, algunos autores han optado por la utilización de caras familiares de diversa índole en combinación con el registro de índices electrofisiológicos (EEG, ERPs) y hemodinámicos (fMRI) de la actividad cerebral.

Los estudios que han utilizado índices electrofisiológicos han informado de manera consistente, entre otros efectos, de incrementos en la amplitud del P300 y el potencial positivo tardío ante caras de personas queridas, en comparación con caras familiares de control -por ejemplo, caras cuya familiaridad se adquiere durante el propio procedimiento experimental- o caras de personas desconocidas (Bobes, Quiñonez, Pérez, León & Valdés-Sosa, 2007; Grasso, Moser, Dozier & Simons, 2009; Herzmann, Schweinberger, Sommer & Jentsch, 2004; Langeslag, Hansma, Franken & Strien, 2007). Estos resultados han sido interpretados en términos de una mayor atención hacia estímulos personalmente relevantes y un acceso más rápido a la información de tipo social y emocional que comportan.

Por su parte, las técnicas de neuroimagen han servido para estudiar los correlatos neurales asociados a la visualización de rostros de personas queridas. En este ámbito se han estudiado, fundamentalmente, dos tipos de relaciones personales: el amor filial y el amor romántico. Por ejemplo, Bartels y Zeki (2000) estudiaron la actividad cerebral presente en una muestra de 17 sujetos mientras visualizaban imágenes de sus parejas frente a la provocada por fotografías de amigos. Los resultados mostraron que la visualización de la imagen de la pareja provocaba incrementos en la activación bilateral de la ínsula, el córtex cingulado anterior, el núcleo caudado y el putamen. Igualmente de interés fue la asociación entre la imagen de la pareja y las desactivaciones selectivas de áreas como la amígdala y el cingulado posterior. Finalmente, las imágenes de la pareja también provocaron respuestas significativamente mayores en conductancia. Dado que tanto el patrón de activaciones como de desactivaciones fue específico de las caras de la pareja y que la configuración de áreas cerebrales significativas era distinta a las encontradas en estudios previos sobre emoción, los resultados del presente estudio se interpretaron como evidencia a favor de la existencia de un sistema específico a nivel cerebral para estados afectivos concretos.

Un estudio posterior (Bartels & Zeki, 2004) permitió analizar las similitudes y diferencias entre el amor romántico y el amor maternal en un grupo de madres a las que se presentaron fotografías de sus propios bebés, de bebés desconocidos, de sus mejores

INTRODUCCIÓN

amigos o de simples conocidos. Los patrones de activación obtenidos en este estudio se compararon con los resultados del estudio anterior, permitiendo establecer qué áreas eran específicas para cada tipo de emoción positiva (cingulado anterior, área tegmental ventral, para el amor romántico; córtex orbitofrontal y sustancia gris periacueductal para el amor maternal) y qué otras eran compartidas (cingulado anterior ventral, núcleo caudado, hipocampo). Estos estudios sugieren que el apego humano implica un mecanismo de desactivación de las redes neurales propias de las emociones negativas – el sistema motivacional defensivo- mientras se activan los circuitos propios del refuerzo y las emociones positivas –el sistema motivacional apetitivo-. Otros estudios realizados en el ámbito de la neurociencia han aportado resultados similares (Aron et al., 2005; Fisher et al., 2005; Zeki, 2007; Xu et al., 2011; Acevedo, Aron, Fisher & Brown, 2011).

A pesar de la importancia de los resultados descritos anteriormente, la investigación sobre los mecanismos neurofisiológicos implicados en el procesamiento de caras de personas queridas no está exenta de limitaciones de tipo metodológico. Uno de los principales problemas a los que se enfrenta este campo es la falta de una distinción clara entre los efectos debidos a la valencia afectiva, al arousal indiferenciado y a la familiaridad de los estímulos empleados. Esta cuestión conforma el objetivo fundamental de la presente tesis.

El arousal emocional hace referencia a la intensidad de una emoción sin considerar su valencia afectiva, sea ésta aversiva o apetitiva. La diferenciación entre las contribuciones relativas de estas dos dimensiones emocionales ha sido posible gracias a la combinación de tres elementos: el paradigma de visualización pasiva de imágenes, el registro simultáneo de un amplio conjunto de medidas psicofisiológicas que responden de manera diferencial a cada una de estas dimensiones y el empleo de un conjunto de estímulos que difieren entre sí en cuanto a sus valoraciones afectivas y de activación. Esto ha permitido establecer de manera clara los patrones de respuestas asociados a estímulos positivos y negativos. Entre los patrones asociados a los estímulos altamente positivos (valencia positiva y alto arousal) se encuentran la tasa cardíaca (aceleración cardíaca después de una deceleración inicial), la activación del músculo cigomático mayor y la inhibición del músculo corrugador superciliar. Justo el patrón contrario se asocia a estímulos altamente negativos (valencia negativa y alto arousal). Igualmente, se conocen los patrones de respuestas asociados al arousal indiferenciado: incrementos en la conductancia eléctrica de la piel y en los potenciales evocados tardíos (LPP).

La familiaridad es otro factor generalmente confundido en los estudios sobre procesamiento de caras queridas. En el contexto de las investigaciones de las emociones positivas utilizando las imágenes del IAPS, no se produce tal confusión porque todas las imágenes del IAPS presentadas son desconocidas para los participantes (no existe familiaridad). En todo caso, la familiaridad se produce si las imágenes se repiten dentro de la misma sesión o en sesiones diferentes, pudiendo estar, por tanto, la familiaridad controlada experimentalmente. Cuando se utilizan rostros de personas conocidas, el propio conocimiento puede activar respuestas fisiológicas, tanto periféricas como centrales, que se pueden confundir con las respuestas debidas al afecto evocado por la identificación del rostro. Este efecto es particularmente importante en el caso de determinadas respuestas fisiológicas periféricas, como la conductancia eléctrica de la piel, y de algunas respuestas fisiológicas centrales, como los potenciales evocados P300 y LPP. Estas respuestas pueden indicar tanto activación emocional (arousal emocional indiferenciado) como activación cognitiva. Ambas medidas se han utilizado, por ejemplo, como indicadores del reflejo de orientación. La mayoría de estudios sobre procesamiento de caras queridas han intentado controlar el efecto de la familiaridad incluyendo como estímulos de control rostros de personas famosas, o rostros aprendidos experimentalmente. Pero es evidente que si la familiaridad se operacionaliza en términos de tiempo y/o frecuencia de los encuentros con las personas cuyos rostros se presentan durante la sesión de registro, difícilmente se pueden igualar en familiaridad los rostros de familiares queridos con los rostros de personas no familiares por muy famosas que sean.

Pese a estos retos metodológicos, los estudios que conforma la presente tesis pretenden avanzar en el conocimiento de las emociones positivas utilizando el mismo paradigma que ha permitido avanzar en el conocimiento de los mecanismos psicofisiológicos de las emociones negativas (el paradigma de visualización pasivo de imágenes), aunque sustituyendo las imágenes afectivas del IAPS por los rostros de personas queridas. Una de las ventajas de este paradigma es que permite investigar las relaciones e interacciones entre los sistemas motivacionales apetitivo y defensivo, entendiendo que dichos sistemas, lejos de funcionar de forma independiente, guardan estrechas relaciones entre sí pudiendo co-activarse, co-inhibirse o actuar de forma recíproca. Otra de sus ventajas es que favorece la integración de variables fisiológicas centrales, tradicionalmente utilizadas en el estudio de los procesos cognitivos, y variables fisiológicas periféricas, tradicionalmente utilizadas en el estudio de los procesos afectivos. Este tipo de integración es una de las claves para avanzar en el estudio neurocientífico de la conducta humana, así como para entender mejor los mecanismos amortiguadores que las emociones positivas ejercen sobre las emociones negativas y el estrés,

INTRODUCCIÓN

contribuyendo con ello (1) a mejorar los procedimientos clínicos de evaluación, diagnóstico y tratamiento de los trastornos emocionales, y (2) a potenciar los métodos educativos basados en el manejo de las emociones positivas en cuanto facilitadoras tanto del rendimiento académico como de comportamientos prosociales y cooperativos.

Capítulo 2. Objetivos de la Tesis.

En base a las consideraciones expuestas anteriormente, nos planteamos como Objetivo General de este proyecto avanzar en el conocimiento de los mecanismos psicofisiológicos que subyacen a las emociones positivas producidas durante la visualización de caras de personas queridas.

La perspectiva evolucionista de Darwin expresada en su libro *La expresión de las emociones en hombres y animales* (1872) ha constituido el punto de partida de la mayor parte de los estudios dentro de la Psicología que investigan aspectos relacionados con la percepción y el reconocimiento de caras. Estos estudios están enfocados en su mayoría en las expresiones faciales emocionales, entendidas como aspectos clave en la comunicación social y emocional tal y como exponían en sus trabajos Tomkins (1962), Izard (1971, 1977, 1994) y Ekman (1980, 1992).

El rostro es considerado como una fuente de transmisión de información muy potente para los seres humanos y muy ligado a aspectos básicos de nuestra supervivencia. La cara transmite información al resto de individuos sobre nuestros sentimientos, a través de nuestra expresión facial, además de evocar la activación de información en la memoria del observador sobre quienes somos, es decir, sobre nuestra identidad personal. A través de la cara podemos obtener también información sobre aspectos personales como nuestro comportamiento social, nuestras intenciones y pensamientos o aspectos más generales como nuestro sexo, nuestra edad o nuestra raza (Adolphs, 2009; Dekowska et al., 2008).

La investigación científica sobre expresiones faciales se ha beneficiado de forma significativa de las aportaciones que Ekman incorporó en este campo (Ekman, 1992). Sus trabajos han supuesto un gran punto de partida para los estudios neurofisiológicos posteriores sobre la percepción de caras. Ekman asumía la universalidad de las expresiones faciales y la relación existente entre aspectos naturales de la crianza con la expresión emocional. Su interés se centró en encontrar aspectos fisiológicos específicos para cada emoción y en identificar los eventos específicos que preceden a las emociones. Además, Ekman aportó una visión ontológica del desarrollo emocional y destaca la importancia de la comunicación no verbal en las interacciones sociales enfatizando el papel de las expresiones faciales como gestos comunicativos que ofrecen

OBJETIVOS

información al observador sobre aspectos emocionales importantes de la persona. Ekman considera las emociones, así como las expresiones faciales emocionales, como familias que comparten aspectos comunes en su expresión y fisiología y las considera como estados discretos más que dimensionales. En realidad enfatiza la existencia de un número reducido de emociones con expresiones faciales universales distintivas.

A partir de este avance en el conocimiento de las emociones surge el interés científico basado en observar aspectos fisiológicos de la emoción que lleven a conclusiones objetivas y medibles en un laboratorio. Para ello, en las siguientes décadas, un gran número de estudios emplearon técnicas electrofisiológicas (EEG, ERP, MEG) y metabólicas (PET, fMRI) que permiten entender los mecanismos cerebrales de la percepción y el reconocimiento facial (Adolphs, 2002; LaBar, Crupain, Voyvodic & McCarthy, 2003; Fairhall & Ishai, 2007; Dekowska et al., 2008; Li, Chan, McAlonan & Gong, 2010). Con el registro de los potenciales evocados (ERP) y el empleo de técnicas de imagen funcional se han identificado diferentes componentes de ERPs que muestran los pasos que sigue el procesamiento de la información facial: P1, N170, N200, P300 y N400. La mayor parte de estos potenciales provienen de áreas temporales-parietales del hemisferio derecho y están representados por componentes tempranos que nos dan información sobre aspectos centrales relacionados con el procesamiento de la configuración estructural de la cara y el reconocimiento de la identidad, y con componentes tardíos que indican la recuperación de información biográfica y emocional (Bentin et al., 1996; Bruce & Young, 1986). El empleo de técnicas de neuroimagen ha supuesto un avance importante pues ha permitido identificar las áreas del cerebro que están implicadas de forma específica en la percepción y en el reconocimiento de la cara, incluyendo el reconocimiento de la expresión emocional (Adolphs, 2002; Gobbini & Haxby, 2007; Zeki, 2007). Estas áreas representan una red neuronal distribuida con un sistema nuclear integrado por áreas corticales en la región visual (gyrus occipital inferior, gyrus lateral fusiforme y sulcus superior temporal) y una red extensa que procesa, no solo el conocimiento sobre la persona (córtez anterior temporal, paracingulado anterior y precuneus), sino también las emociones asociadas con esa persona (amígdala, ínsula y sistema de recompensa).

El interés por el procesamiento afectivo de caras ha seguido creciendo hasta la actualidad y los investigadores más recientes incluyen imágenes de caras de personas amadas familiares en sus estudios (parientes, hijos/as o parejas románticas) usando registros psicofisiológicos y técnicas de fMRI (Aron et al., 2005; Baçar, Schmiedt-Fehr, Örniz & Baçar-Eroglu, 2008; Bartels & Zeki, 2000, 2004; Bobes et al., 2007; Fisher et al.,

2005; Grasso et al., 2009; Herzmann et al., 2004; Langeslag et al., 2007). Sin embargo, al no incluir registros psicofisiológicos periféricos, estos estudios no permiten discriminar de la respuesta registrada aspectos fundamentales del procesamiento emocional como son el arousal emocional y la familiaridad. Algunos estudios añaden información subjetiva al registro psicofisiológico central, siendo éste un método que presenta algunos problemas de validez (Podsakoff, MacKenzie, Lee & Podsakoff, 2003). Solo algunos estudios siguen las sugerencias de Ekman (1992), sobre la importancia de la información emocional proveniente de aspectos periféricos, e incluyen en sus estudios el registro de la conductancia de la piel (Bartels & Zeki, 2000; Bobes et al., 2007). Una línea de investigación que emplea el registro de medidas psicofisiológicas centrales y periféricas es la que trabaja con personas que presentan problemas de reconocimiento de caras familiares (Bauer, 1984; Ellis, Shepherd & Davies 1979; Hirstein & Ramachandran, 1997; Tranel & Damasio, 1985). Estas personas presentan una patología denominada Prosopagnosia o padecen el Síndrome de Capgras. Las personas con Prosopagnosia, como comentábamos anteriormente, se caracterizan por su incapacidad para reconocer caras familiares. Sólo pueden reconocerlas a través de otras fuentes de información como sus voces o sus gestos. El Síndrome de Capgras se considera un estado psiquiátrico en la cual los pacientes reconocen las caras familiares pero creen que impostores que han reemplazado a sus familiares. Para explicar estos déficits, algunos investigadores han propuesto que el procesamiento de la identidad de la cara incluye dos rutas paralelas (Breen et al., 2000): *la ruta cognitiva* que permite el reconocimiento consciente de la identidad y capacita para acceder a la memoria semántica y episódica sobre la persona y la *ruta emocional* que permite el reconocimiento encubierto de la identidad a través de las respuestas afectivas evocadas. La primera ruta se ha estudiado fundamentalmente a través índices electrofisiológicos de la actividad cerebral mientras que la segunda ha sido investigada por medio de índices periféricos de actividad autonómica, particularmente la respuesta de la conductancia de la piel (Bauer, 1984; Brighetti et al., 2007; Dobel, Putsche, Zwitserlood & Junghöfer 2008; Ellis et al., 1979; Ellis & Lewis, 2001; Hirstein & Ramachandran, 1997; Tranel & Damasio, 1985). Sin embargo, la conductancia cutánea no se puede relacionar únicamente con el procesamiento emocional pues también puede reflejar procesamiento cognitivo, como ocurre durante la respuesta de orientación (Dawson, Schell & Fillion, 2007). Y los índices electrofisiológicos de la actividad cerebral no solamente aportan información sobre procesamiento cognitivo puesto que algunos componentes de ERP indican procesamiento emocional, aunque indiferenciado respecto a la valencia afectiva y al arousal emocional como ocurre con la conductancia cutánea (Schupp et al., 2000; 2004; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003).

OBJETIVOS

A partir de la situación descrita, planteamos nuestros estudios con el Objetivo General de aclarar los mecanismos corticales y periféricos subyacentes al procesamiento de caras familiares amadas distinguiendo la contribución de la valencia afectiva, el arousal emocional indiferenciado y la familiaridad. En nuestros estudios se trabaja en el mismo contexto en el que se estudian las emociones negativas con una metodología basada en *el paradigma de visualización de imágenes* (Bradley & Lang, 2007a; Codispoti et al., 2001; Lang, 1995; Lang et al., 2000; Lang & Davis, 2006). Este paradigma experimental es capaz de discriminar los efectos relacionados con la valencia afectiva y el arousal emocional. En nuestros estudios se combina el empleo de imágenes extraídas del “Sistema Internacional de Imágenes Afectivas” (International Affective Picture System, IAPS) elaborado por Peter Lang y colaboradores citado anteriormente, con el uso de imágenes de caras personales conocidas y queridas para las participantes. Durante la visualización de imágenes se realiza el registro simultáneo de un extenso grupo de medidas periféricas y centrales y, al finalizar dicha visualización, las participantes realizan informes verbales subjetivos a través del Maniquí de Auto-Evaluación o SAM (Lang, 1980). Los estímulos experimentales presentan diferentes niveles de valencia afectiva, arousal emocional y familiaridad.

Por tanto, a partir del Objetivo General se generan objetivos específicos:

1.- Determinar las contribuciones relativas a la valencia afectiva y al arousal emocional. Para ello contamos con el empleo simultáneo de registros psicofisiológicos corticales y periféricos y la utilización de medidas subjetivas.

2.- Discriminar el efecto de la familiaridad de las caras presentadas frente al efecto de las emociones que evocan y, al mismo tiempo, del agrado que produce la imagen en sí misma.

3.- Resolver las dificultades que presenta el IAPS cuando se trabaja en contextos experimentales que requieren el uso de imágenes con valencia positiva y alto nivel de arousal. Para ello introducimos en nuestros estudios el empleo controlado de fotografías personales de caras de personas queridas para las participantes.

Las imágenes empleadas en numerosos estudios, como comentamos anteriormente, proceden del “Sistema Internacional de Imágenes Afectivas” (International Affective Picture System, IAPS) elaborado Peter Lang y colaboradores citado anteriormente. Es importante recordar que, a pesar de su gran utilidad en el estudio científico de la emoción, el IAPS presenta algunas carencias en cuanto a la existencia de un menor número de imágenes afectivas altamente positivas que de imágenes afectivas altamente negativas. Además, existen diferencias de género con respecto a la evaluación de las imágenes como altamente positivas ya que los hombres asignan mayor puntuación

a imágenes eróticas y las mujeres a imágenes de bebés y parejas románticas, como vimos anteriormente. Es importante destacar que en el paradigma de visualización de imágenes utilizado en estudios psicofisiológicos sobre la emoción, se pretende identificar, entre otros factores, los patrones de respuesta que discriminan emociones positivas y negativas controlando el efecto del arousal afectivo. Para ello es necesario contar con imágenes agradables y desagradables igualadas en arousal y compararlas con imágenes neutras de bajo arousal. Con el “Sistema Internacional de Imágenes Afectivas” con el que contamos, resulta difícil realizar esto pues, según este criterio, las imágenes positivas más adecuadas serían las de contenido erótico y cabe la duda de si las imágenes sexuales pueden considerarse inductoras de emociones positivas en sentido estricto. El hecho de que para las mujeres las imágenes de bebés y familias sean positivas pero poco activantes impide realizar comparaciones bien controladas con las imágenes negativas. Las imágenes relacionadas con contenido emocional negativo no presentan estas dificultades pues existe una selección más amplia y completa (Vila et al., 2001; Moltó et al., 1999). Los dos estudios que constituyen la parte experimental de la presente Tesis pretenden resolver estas limitaciones.

Estudio 1. Procesamiento Afectivo de Caras Queridas: Contribuciones de la Electrofisiología periférica y central.

Participantes.

Treinta mujeres que en el momento del experimento mantengan una relación de pareja satisfactoria y que estén dispuestas a tomar fotografías de las caras de familiares, de la pareja y de amigos/as siguiendo instrucciones.

Diseño y materiales.

Dos bloques de visualización pasiva de caras pertenecientes a cinco categorías (5 queridas, 5 desconocidas, 5 famosas, 5 neutras y 5 bebés), uno con un procedimiento de presentación lenta de las caras (4 segundos de presentación con un intervalo entre presentaciones de 16-20 segundos), con el objetivo de optimizar el registro de las respuestas fisiológicas periféricas (conductancia eléctrica de la piel, tasa cardíaca y electromiografía del músculo cigomático), y el otro con un procedimiento de presentación rápido (500 milisegundos con un intervalo entre presentaciones de 1100-1200 milisegundos) con el objetivo de optimizar el registro de las respuestas fisiológicas centrales (Potenciales Evento-Relacionados: N1, P3 y LPP). La presentación de las caras en el bloque lento seguía un procedimiento de cuadrado latino 5x5 repetido dos veces. La

OBJETIVOS

presentación de las caras en el bloque rápido seguía un orden semi-aleatorio con 8 presentaciones por cada cara. Al finalizar los dos bloques, las participantes evaluaban la valencia, el arousal y la dominancia de cada una de las caras utilizando el Manikí de Auto-Evaluación (Self-Assessment Manikin).

Aparatos

(a) Polígrafo Grass para registro del electrocardiograma (EKG), el electroencefalograma (EEG) en tres colocaciones (Fz, Cz y Pz) y el electrooculograma (EOG).

(b) Polígrafo Coulbourn, modelo V-Link, para registro de la conductancia eléctrica de la piel y la electromiografía directa e integrada del músculo cigomático.

(c) Programa software VPM 11.0 (Cook III, 1997) para el registro digitalizado de las señales fisiológicas y el control de la secuencia de los estímulos.

(d) Programa software E-Prime para control de la presentación de las caras.

(e) Cámara digital, modelo Kodak Easy Share DX6490, para obtener las fotografías de las personas queridas.

Estudio 2. Amor filial versus amor romántico: Contribuciones desde la Electrofisiología Periférica y Central.

Participantes

Treinta y cinco mujeres que tengan una relación romántica y una relación positiva con sus padres, y dispuestas a tomar fotografías de las caras siguiendo instrucciones

Diseño y materiales

Un único bloque de visualización pasiva de 5 caras (pareja, padre, control pareja, control padre y bebé). Cada cara se repetía 20 veces siguiendo un procedimiento de cuadrado latino 5x5 repetido cuatro veces. El tiempo de presentación de las caras era similar al utilizado en el primer estudio. Al finalizar el bloque, las participantes evaluaban la valencia, el arousal y la dominancia de cada una de las caras utilizando el Manikí de Auto-Evaluación (Self-Assessment Manikin).

Aparatos

- (a) Polígrafo Coulbourn, modelo V-Link, para registro del EKG, la conductancia eléctrica de la piel y la electromiografía directa e integrada del músculo cigomático.
- (b) Registrador ANT (AdvancedNeuroTechnology) de EEG con 32 canales.
- (c) Programa software VPM 11.0 (Cook III, 1997) para el registro digitalizado de las señales fisiológicas periféricas y el control de la secuencia de los estímulos.
- (d) Programa software E-Prime para control de la presentación de las caras.
- (e) Cámara digital, modelo Kodak Easy Share DX6490, para obtener las fotografías de las personas queridas.

Capítulo 3.

Affective processing of loved faces: Contributions from peripheral and central electrophysiology.

3.1. INTRODUCTION

Because the face constitutes such an important aspect of social and emotional communication, it has been the target of much study throughout the past decades. In the realm of cognitive and affective neuroscience, research on face processing has focused on the cognitive mechanisms of face perception and recognition, including recognition of personal identity (Bobes et al., 2007; Bruce & Young, 1986; Gobbini & Haxby, 2007; LaBar et al., 2003).

Recognition of personal face identity involves activation of a core system integrated by specific visual brain areas with access to an extended network that processes, in addition to knowledge about the person, the emotional aspects linked to that person (Gobbini & Haxby, 2007). Recent research on the emotional processing associated with the recognition of familiar faces has focused on electrophysiological and fMRI indices of brain activity. A number of studies have examined EEG and ERP modulation during the processing of the familiar faces of loved people (Baçar et al., 2008; Bobes et al., 2007; Grasso et al., 2009; Herzmann et al., 2004; Langeslag et al., 2007). Despite a recent study (Grasso et al., 2009) reporting differences in the early N1 and N2 components of the ERP, the most consistent electrophysiological finding is an increase in amplitude of late positive components (P3 and LPP) at posterior locations, which is elicited by loved faces compared to control familiar and unfamiliar faces. Interestingly, similar enhanced late positivities have been consistently found in association with explicit memory for faces (Eimer, 2000; Voss & Paller, 2006, 2007), thus calling into question whether the larger positivity evoked by loved faces indexes specific emotional mechanisms or simply reflects greater familiarity with those same faces.

Functional imaging techniques have also been utilized to study the neural correlates of perceiving loved familiar faces (Aron et al., 2005; Bartels & Zeki, 2000, 2004; Zeki, 2007). However, with the exception of the study by Bobes et al., (2007), none of

these studies recorded simultaneously peripheral and central indices of emotional processing.

In contrast, research on those deficits that impair the recognition of familiar faces, such as Prosopagnosia or Capgras syndrome, has traditionally employed both central and peripheral physiological measures in order to differentiate the cognitive and emotional components involved in the recognition of face identity (Bauer, 1984; Breen et al., 2000; Dobel et al., 2008; Ellis et al., 1979; Hirstein & Ramachandran, 1997). Patients with Prosopagnosia are unable to identify familiar faces, although they do recognize the voices and gestures of familiar people. In contrast, individuals with Capgras syndrome are able to recognize familiar faces but believe familiar people have been replaced by identical-looking impostors. To explain these deficits, it has been proposed that the processing of face identity involves two parallel routes (see Breen et al., 2000): the cognitive route, supposedly impaired in prosopagnosics but intact in Capgras patients, which would mediate conscious recognition of identity and have access to semantic and episodic memory pertaining to the individual; and the emotional route, allegedly intact in prosopagnosics but impaired in Capgras patients, which would allow covert recognition of identity by selectively engaging emotional responses. In the context of these studies, the emotional route has been studied by means of peripheral indices of autonomic reactivity, particularly the skin conductance response, whereas the cognitive route has been studied by means of electrophysiological indices of brain activity (Brighetti et al., 2007; Dobel et al., 2008; Ellis et al., 1979; Ellis & Lewis, 2001; Hirstein & Ramachandran, 1997; Tranel & Damasio, 1985).

It should be noted, however, that the use of skin conductance as an index of emotional processing and of brain potentials as indices of cognitive processing poses several difficulties. First, it identifies skin conductance with emotional processing, when skin conductance may also reflect cognitive processing, such as that inherent in the orienting response (Dawson et al., 2007). Secondly, although skin conductance can indeed reflect emotional processing (Bradley, 2009), it does not help differentiate positive from negative emotions (Bradley & Lang, 2007a). Finally, electrophysiological indices of brain activity do not solely reveal cognitive processing: some ERP components also indicate emotional processing, although, as in the case of skin conductance, without differentiating the affective valence of the emotional response (Carretie et al., 2009; Schupp et al., 2000, 2003, 2004).

Here we propose that the aforementioned problems could be lessened and the investigation of face recognition improved by adding to previous research a number of the tools used in recent studies of emotional processing. The picture viewing paradigm used by Lang and colleagues (Bradley & Lang, 2007a; Codispoti et al., 2001; Lang, 1995; Lang & Davis, 2006; Lang et al., 2000), for instance, permits differentiation of emotional valence (positive vs. negative) from emotional arousal (intensity of the emotion, irrespective of its affective valence). In this paradigm, the modulation of peripheral and central physiological measures is simultaneously examined during the passive viewing of pleasant, neutral, and unpleasant pictures selected from the “International Affective Picture System” (Lang et al., 2008), an instrument that provides normative values of subjective valence, arousal, and dominance for each picture. Highly arousing pleasant pictures are associated with: (a) reduced startle responses, (b) a pattern of accelerative changes in heart rate, and (c) increases in zygomatic activity. The opposite response pattern is associated with highly arousing unpleasant pictures. In addition, highly arousing pleasant and unpleasant pictures, as compared to low arousing neutral pictures, produce: (a) larger skin conductance responses, and (b) higher amplitudes of the late positive potential (LPP) of the ERP recorded from central and parietal locations. Therefore, using the appropriate set of central and peripheral measures, the picture viewing paradigm can unambiguously identify the presence of emotional processing differentiating positive and negative emotion from emotional arousal.

The aim of the present study was to investigate the neurophysiological mechanisms associated with the affective processing of familiar loved faces by combining the peripheral and central electrophysiological techniques mentioned above, while separating the relative contributions of valence (i.e., positive affect vs. negative affect), arousal (i.e., more activation vs. less activation), and familiarity (i.e., known faces vs. unknown faces). Skin conductance, heart rate, and electromyography of the zygomatic major muscle (the muscle mediating the smile), as well as ERP measures, were obtained along with subjective ratings of valence, arousal, and dominance for each picture. In addition to faces of loved people, four different sets of control pictures were compared in order to examine the independent effects of facial pleasantness and familiarity: babies faces vs. neutral faces (for pleasantness), and famous faces vs. unknown faces (for familiarity). It was hypothesized that: (i) loved faces would show higher indices of emotional processing than all other four types of control faces, reproducing the pattern of changes observed in the picture viewing paradigm for highly arousing pleasant pictures, and (ii) babies and famous faces would show higher indices of emotional arousal than neutral and unknown faces, respectively. Finally, in order to further explore the role of

familiarity and the connection between subjective and physiological measures, the responses to different subcategories of loved people (i.e., parents, siblings, romantic partners, and friends) were also examined.

3.2. METHOD

3.2.1. Participants

Thirty female undergraduate students, ranging in age between 20 and 27 years, volunteered their participation. Participants were informed that the purpose of the study was to examine physiological responses to familiar faces. They were required to have a current romantic relationship and to reside in close proximity to five loved ones, including the partner, so as to be able to take their photograph. Categories of loved ones, in addition to the romantic partner, could include parents, siblings, second-degree relatives, and friends. None of the participants reported current physical or psychological problems and none were under pharmacological treatment. All were right-handed and had normal or corrected-to-normal vision. All subjects signed informed consent forms and received course credit for their participation.

3.2.2. Design and materials

Participants viewed faces belonging to one of five categories in two separate blocks that differed in presentation parameters and were administered in counterbalanced order. The “slow” block consisted of 4-s picture presentations and inter-stimulus intervals of 16–20 s to optimize magnitude and modulation of peripheral responses; in the “fast” block, pictures were presented for 500ms and inter-stimulus intervals varied between 1100 and 1200 ms to optimize ERP responses. All pictures were presented in black and white. The study included five photographs of faces in each of five groups or categories: neutral, unknown, famous, babies, and loved ones. Neutral faces were selected from Ekman and Friesen’s (1978) “Facial Action Coding System”. Unknown faces were selected among the photographs of loved ones provided by other participants, after ensuring that none of the photographs depicted someone known to that participant. Famous faces were selected by each participant, prior to the experimental session, from a set of nine possible photographs portraying famous people that appeared frequently in the Spanish media. Participants were asked to identify the famous people as such, and were expected to know them but not feel strong attraction or rejection towards any of the people included in the final set of five pictures. Faces of babies were selected from the

International Affective Picture System" (IAPS; Lang et al., 2008) among those with higher valence scores. The five selected pictures (codes # 2050, 2070, 2240, 2058, and 2071) had valence scores over 7 (rating scale from 1 to 9) in the Spanish norms (Moltó et al., 1999; Vila et al., 2001). Photographs of loved ones were provided by each participant a few days before the experimental session following specific instructions on which categories of loved ones were appropriate and how to take the photographs (i.e., face looking at the camera with neutral expression while standing at a short distance from the camera and in front of a light background). All photographs were edited using Corel-Draw Photo-Paint software (versión 7). Photographs were matched in size, color, and background. All had 650 pixels, were transformed into a common gray scale (8 bits), and were inserted into a circle surrounded by a black background.

3.2.3. Blocks

The session was divided in two blocks, differing in rate of presentation. During the slow presentation block, each picture was presented twice following a double Latin Square design. The first Latin Square was formed by a 5×5 matrix where in each column and each row there was only one picture belonging to each category. The second Latin Square was an inverted mirror of the first one. Each participant had a different Latin Square order to guarantee that all orders of faces were equally distributed within the complete sample. The block started with a 5-min rest period, followed by 50 trials with the following structure per trial: 4-s baseline, 4-s picture presentation, and 4-s post-picture interval. The inter-trial interval varied randomly between 4 and 8 s and there was no ongoing recording at that time. During the fast presentation block, each picture was presented 8 times in quasi-random order with the restriction that the same picture could not be presented in more than two consecutive trials. This block started with a 2-min rest period, followed by 200 trials of continuous recording and the following sequence per trial: 100ms of baseline, 500ms of picture presentation, and 500ms of post-picture interval. Inter-trial intervals varied randomly between 100 and 200 ms. Participants were administered both blocks in counterbalanced order. Thus, 15 participants had the slow presentation block followed by the fast presentation block, while the other 15 participants received the inverse order.

On both blocks, participants were instructed to just look at the screen and the pictures appearing in it for as long as they were on, while trying to withhold from blinking or blinking only during the ITI, if it was necessary. After the second block of trials,

participants evaluated the valence, arousal, and dominance of each of the 25 pictures according to the Self-Assessment Manikin (Bradley & Lang, 1994).

3.2.4. Apparatus

The following equipment was used: (a) a Grass polygraph, model 7E, with a 7P4 preamplifier to record the electrocardiogram (EKG) at lead II using standard Beckman silver/silver chloride electrodes with hypertonic electrolyte paste, three 7P5 preamplifiers to record the EEG at Fz, Cz, and Pz, reference to the left mastoid, using Grass silver cap electrodes with EC2 electrolyte paste, and two 7P3 preamplifiers to record vertical EOG from the upper and lower area of the right eye, with a common reference electrode at the external cantus, using standard Beckman silver/silver chloride electrodes with hypertonic electrolyte paste; (b) a Coulbourn polygraph, model V-Link, with a V71-23 amplifier to record skin conductance from the hypothenar area of the right hand using standard Beckman silver/silver chloride electrodes with isotonic electrolyte paste, and a V75-04 bio-amplifier together with a V76-23 integrator to record direct and integrated EMG from the right zygomatic major muscle using small In Vivo Metrics silver/silver chloride electrodes with hypertonic electrolyte paste; (c) VPM 11.0 software program (Cook III, 1999) controlling an Advantech card, model PCL812PG, with a 12 bit A/D converter and digital input-output functions, run by a Pentium 4 computer, to monitor sequence of stimulus presentation and physiological recording; (d) E-Prime software (Psychological Tools, Pittsburgh) to control the actual presentation of the pictures using a second Pentium 4 computer connected to the principal computer through the serial port; and (e) a digital camera, model Kodak Easy Share DX6490, to obtain the photographs of loved ones.

3.2.5. Dependent measures

3.2.5.1. Skin conductance (SC)

Skin conductance in μS was recorded with a sampling rate of 50 Hz and averaged every half second during the 8 s following picture onset. Then each half second value was expressed in terms of differential scores with respect to the averaged SC during 4 s before stimulus onset (baseline).

3.2.5.2. Zygomatic electromyography (EMG)

Direct EMG was recorded using a band-pass filter of 90–1000 Hz and transformed into integrated EMG in μV using a time constant of 500 ms. The integrated EMG was

recorded with a sampling rate of 100 Hz and averaged every half second during the 8 s following picture onset. Then each value was expressed in terms of differential scores with respect to the averaged EMG during 4 s before stimulus onset (baseline).

3.2.5.3. Heart rate (HR)

Heart rate was obtained from the EKG measuring the time interval in milliseconds between consecutive R waves (cardiac period). Cardiac period was then transformed into weighted averaged HR in beats per minute every half second during the 8 s following picture onset and expressed in terms of differential scores with respect to the averaged HR during 4 s before stimulus onset (baseline).

3.2.5.4. Event-related potentials (ERPs)

The electroencephalogram (EEG) at the Fz, Cz, and Pz electrode sites of the 10–20 system was recorded using a band-pass filter of 0.5–35 Hz and a sampling rate of 250 Hz. The ERPs evoked by the faces were obtained separately for each presentation block by averaging the EEG signal of the trials corresponding to each face category (i.e., 10 trials in the slow presentation block and 40 trials in the fast presentation block for each subject). The epoch started 100 ms before picture onset and ended 500 ms after picture offset. Average EEG amplitude in the 100 ms preceding picture onset served as baseline correction. EOG recordings were used to determine and eliminate from statistical analysis those trials that were contaminated by eye-blinks and/or eye movements within each ERP window. Trials were manually selected for deletion by visually determining whether the EOG epoch contained an eye-blink or saccadic eye movement that exceeded by 50% the average amplitude range of the 500 pre-stimulus baseline. Due to excessive number of artifacts or noise in the EEG recording, five participants were eliminated from the statistical analysis. Individual ERP components (N1, P3, and LPP) were analyzed by computing the mean amplitude for a window of 50, 120, and 350 ms around the maximum peak of N1, P3, and LPP, respectively, estimated from the grand average for all subjects. Maximum peaks in the slow presentation block were found at 150, 360, and 590 ms for N1, P3, and LPP, respectively. Maximum peaks in the fast presentation block were found at 150, 380, and 550 ms for N1, P3, and LPP, respectively.

3.2.5.5. Subjective ratings (SAM)

Valence, arousal, and dominance of the 25 faces were assessed, after the end of the second block of physiological recordings, using the Self-Assessment Manikin (Bradley & Lang, 1994). These three SAM scales consist of five humanoid figures representing the intensity levels within each dimension: from a figure with a large smile to a figure with a pronounced frown (for valence), from a figure that appears agitated to a figure that looks drowsy (for arousal), and from a very small figure to a very large figure (for dominance). Each scale provides a score ranging from 1 to 9. Following the standard procedure, the participant viewed the picture for 6 s and then made the three ratings before the next picture was presented. Due to missing data in the arousal and dominance scales of one participant, the total number of subjects for the statistical analysis of these two variables was reduced to 29.

3.2.6. Statistical analysis

Physiological data were averaged across trials within the same Face Category and order of block presentation, and analyzed by means of repeated measures ANOVAs. Peripheral physiological variables were analyzed using a 5×16 design, with the first factor being Face Category (Babies, Loved, Unknown, Famous, and Neutral) and the second factor, Time, in 16 half-second increments following stimulus onset. Amplitude of the N1, P3, and LPP components of the ERP was analyzed with Face Category and Electrode Location (Fz, Cz, and Pz) as main factors. Subjective ratings were analyzed using repeated measures ANOVAs with Face Category as a single factor. The Greenhouse-Geisser epsilon correction was applied to correct for sphericity. Analysis of significant interactions was performed identifying the levels of the interacting factors explaining the significant effects. Then, specific contrasts were performed to test our hypotheses concerning differences among face categories. First, we tested whether responses to faces of loved ones were significantly different from responses to the four types of control faces. Second, we tested whether responses to babies and famous faces were significantly different from responses to neutral and unknown faces, respectively. These planned comparisons were performed using t-tests. Non-planned multiple comparisons were performed using Bonferroni tests. Finally, comparisons within the Face Category of

loved ones was performed on the four most frequent subcategories among participants¹: partner (30 participants), parents (22 participants), siblings (20 participants), and friends (21 participants). Given the reduced number of trials per subcategory (two trials in the slow presentation block and eight trials in the fast presentation block), this analysis was not conducted for ERP measures. Analyses were performed in two ways: first, using repeated measures ANOVAs for each pair of subcategories² while including the two trials of the slow presentation block as a repeated measure factor (Subcategory × Time × Trial) and, second, using within-subject correlations between the subjective and physiological measures, averaged across subjects³. The level of significance was set at 0.05 for all analyses.

3.3. RESULTS

3.3.1. Skin conductance

Fig. 3 displays the skin conductance response across the five face categories. All categories show a SC response starting around 2.5 s following stimulus onset, with the response to faces of loved ones being larger than all others. The ANOVA results yielded significant effects of Face Category ($F(4, 116) = 8.42, p < 0.003, \eta^2 = 0.225$), Time ($F(15, 435) = 8.81, p < 0.002, \eta^2 = 0.233$), and Face Category × Time ($F(60, 1740) = 7.48, p < 0.003, \eta^2 = 0.205$).

Analysis of the Face Category × Time interaction yielded significant Face Category effects for all Time points from second 3 to second 8 (all p -values < 0.03). Planned comparisons showed significant differences between faces of loved ones and all other categories at all these time points (all p -values < 0.02). No significant differences were found between babies and neutral faces, or between famous and unknown faces.

¹When participants had more than one loved person per subcategory, the following selection criterion was used: for siblings and friends, the first loved person presented in the first Latin square of the slow presentation block (6 participants selected more than one sibling, and 8 participants included more than one friend); for parents, the selected person was always the mother (15 participants included both parents, 6 participants only selected the mother, and 1 participant included just her father).

²Due to differences in the number of participants within each subcategory, separate repeated measures ANOVAs were performed for each pair of subcategories.

³For the correlation analysis, response amplitude of the three physiological measures was defined as the maximum change from baseline within the following specific windows: from 1 to 8 s after picture onset for skin conductance and zygomatic electromyography, and from 2 to 5 s after picture onset for heart rate.

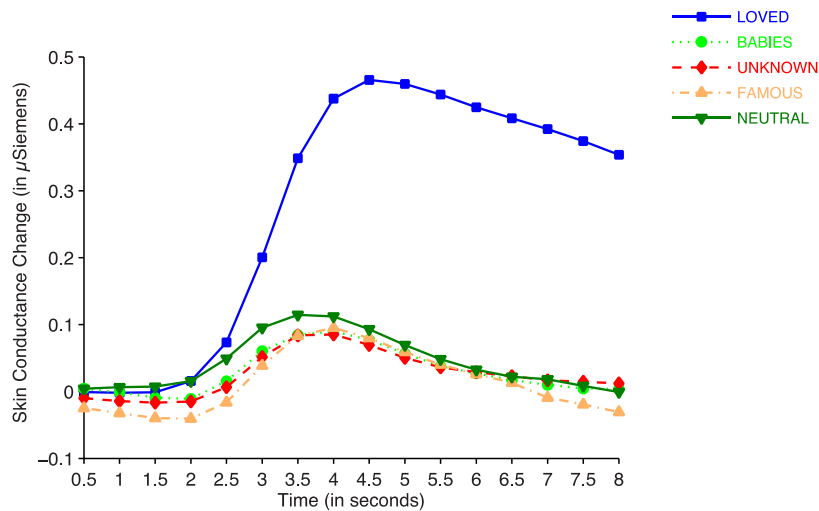


Fig.3. Skin conductance response as a function of face category and time.

3.3.2. Zygomatic electromyography

Fig. 4 shows the changes in zygomatic activity during face presentation. Only the faces of loved ones show a clear response, starting immediately after stimulus onset and continuing until the end of the 8-s recording period. A less pronounced response is also observed during presentation of baby faces. The ANOVA yielded significant effects of Face Category ($F(4, 116) = 9.74, p < 0.002, \eta^2 = 0.251$), Time ($F(15, 435) = 3.56, p < 0.04, \eta^2 = 0.109$), and Face Category \times Time ($F(60, 1740) = 3.59, p < 0.007, \eta^2 = 0.110$). Analysis of the Face Category \times Time interaction revealed significant Face Category effects for all Time points from second 1.5 to second 8 (all p -values < 0.02). In all these points (except seconds 6 and 6.5), the faces of loved ones differed significantly from all others (all p -values < 0.04). There were also significant differences between babies and neutral faces in seconds 2.5 and 3 (both $p < 0.05$). No significant differences were found between famous and unknown faces.

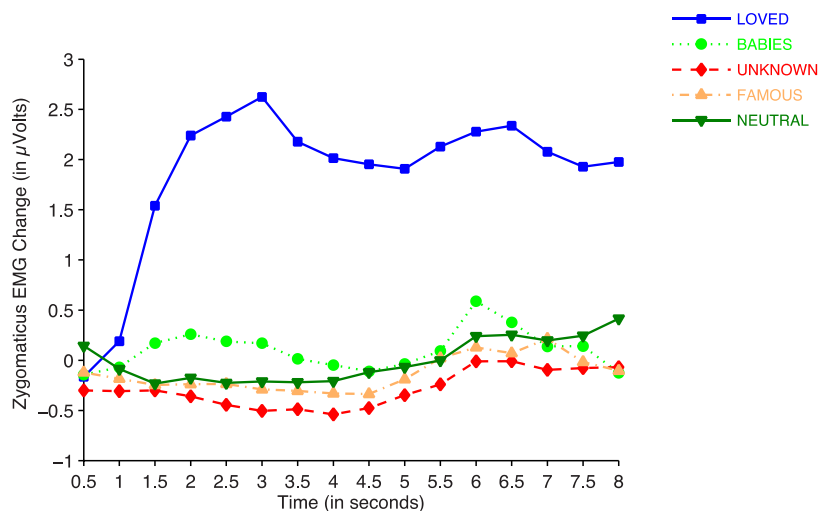


Fig.4. Zygomaticus emg activity as a function of face category and time.

3.3.3. Heart rate

Fig. 5 displays the heart-rate response obtained during face presentation. All faces, except those of loved ones, induced a decelerative response that was maintained approximately until second 5. In contrast, faces of loved ones, after the initial deceleration, induced a pronounced acceleration/deceleration. All faces showed a return to baseline after 5 s.

Significant effects were obtained for Time ($F(15, 435) = 23.23p < 0.0001, \eta p^2 = 0.445$) and Face Category \times Time ($F(60, 1740) = 3.35, p < 0.003, \eta p^2 = 0.103$). Analysis of the Face Category \times Time interaction showed significant effects of Face Category for all Time points from 2.5 to 4.5 s (all p -values < 0.02). At all these time points, significant differences were found between the faces of loved ones and all other categories (all p -values < 0.05). No other significant differences were observed.

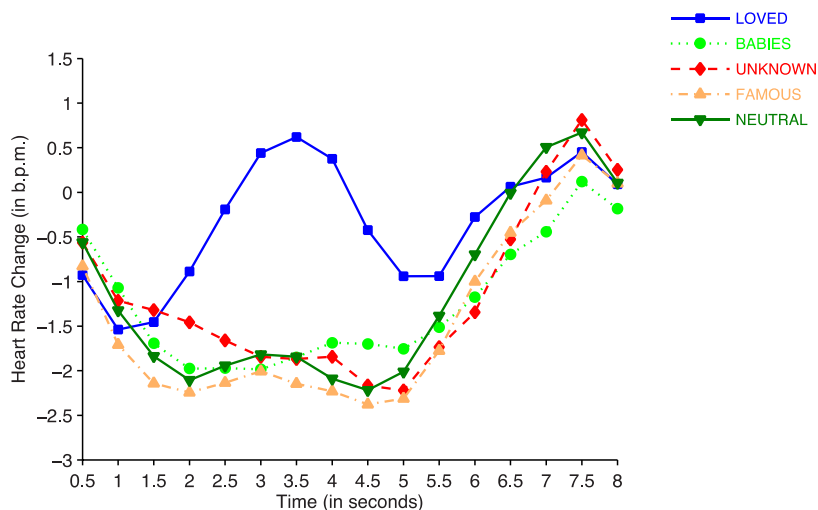


Fig.5. Heart rate response as a function of face category and time.

3.3.4. Event-related potentials in slow presentation block

Fig. 6 (left column) displays the ERPs elicited by each of the five categories of faces presented during the Slow Presentation Block. Note that several ERP components can be identified, including N1, P3, and LPP. In general, there is a greater positivity at Pz than at other locations across all categories of faces, and a larger P3 and LPP for faces of loved ones than for other faces across all locations.

N1 amplitude was largest at the Fz site ($F(2, 48) = 23.94, p < 0.0001, \eta p^2 = 0.499$), with no significant differences found between Cz and Pz, when using the Bonferroni correction. No other significant effects were found for this component.

In contrast, P3 amplitude differentiated across Face Categories ($F(4, 96) = 6.76$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.220$) and Electrode Locations ($F(2, 48) = 54.85$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.696$). Planned comparisons of the Face Category effect revealed significant differences between faces of loved ones and all other face categories (all p -values < 0.02). P3 amplitude was also larger when evoked by baby than by neutral faces ($p < 0.05$), while the famous faces vs. unknown faces comparison did not reach significance. Bonferroni post-hoc comparisons of the topographical effect revealed significant differences between Pz and Fz ($p < 0.001$), and Cz and Fz ($p < 0.001$), with no significant differences between Cz and Pz, where P3 amplitudes were largest. LPP amplitude was also modulated by Face Category ($F(4, 96) = 26.83$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.528$) and Electrode Location ($F(2, 48) = 55.8$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.699$). Planned comparisons of the Face Category effect revealed significant differences between faces of loved ones and all other face categories (all p -values < 0.001), with LPP amplitude being largest for faces of loved ones. Bonferroni post-hoc analysis of the Electrode Location effect revealed significant differences between Pz and Fz ($p < 0.001$), and Cz and Fz ($p < 0.001$), with Pz and Cz both having larger LPP amplitudes than Fz, and no differences between the two.

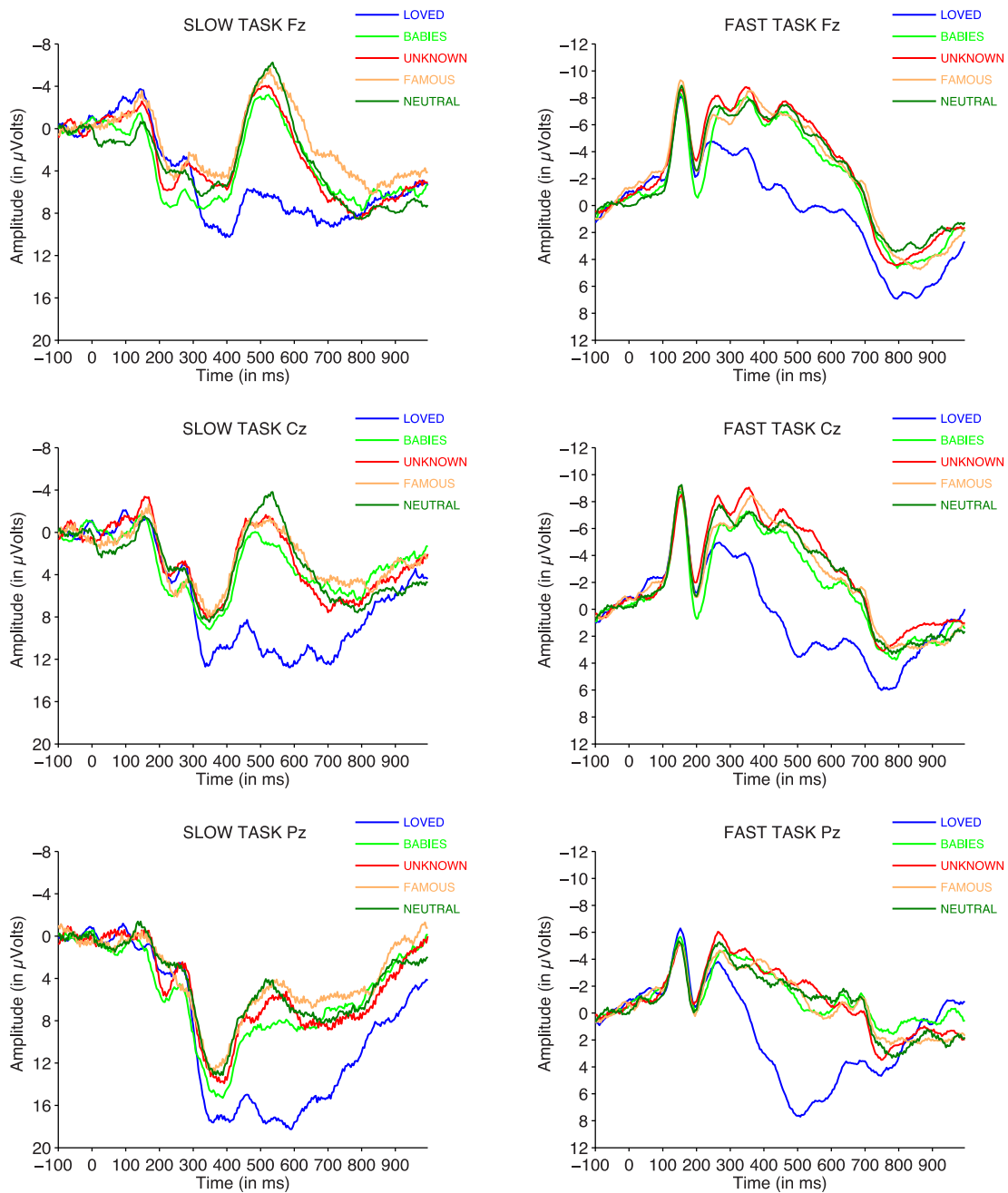


Fig.6. Event-related potentials (ERPs) for the Slow (left column) and Fast (right column) Blocks as a function of Face Category and Electrode Location: Fz (top), Cz (middle), and Pz (bottom).

3.3.5. Event-related potentials in fast presentation block

Fig. 6 (right column) displays the ERPs elicited by each of the five categories of faces in the Fast Presentation Block. Note that here, as well as in the Slow Presentation Block, several ERP components can be identified including the N1, P3, and LPP, with the N1 showing maximum amplitude at Fz, and the P3 and LPP being largest in amplitude at Pz. Faces of loved ones evoked the greatest positivity of all face categories.

The amplitude of the N1 component was not affected by the Face Category ($p > 0.05$), though it changed across Electrode Locations ($F(2, 48) = 36.28, p < 0.0001, \eta^2 = 0.602$), with Bonferroni post-hoc comparisons revealing significant differences between Fz and Cz ($p < 0.001$), and Fz and Pz ($p < 0.001$), and maximum N1 amplitude at Fz.

P3 amplitude, on the other hand, was affected by Face Category ($F(4, 96) = 13.18, p < 0.001, \eta^2 = 0.355$), being largest when evoked by the faces of loved ones than by all other face categories (all p -values < 0.001). No significant differences were found between babies and neutral faces, or between famous and unknown faces. The largest amplitudes of the P3 were found at Pz and Cz ($F(2, 48) = 70.49, p < 0.0001, \eta^2 = 0.438$), with both electrodes sites differing significantly from the Fz location ($p < 0.001$).

LPP amplitude was also modulated by Face Category ($F(4, 96) = 31.15, p < 0.0001, \eta^2 = 0.565$) and differed across Electrode Locations ($F(2, 48) = 113.37, p < 0.0001, \eta^2 = 0.825$). Planned comparisons of the Face Category effect revealed significant differences between the amplitude of the LPP evoked by faces of loved ones and all other face categories (all p -values < 0.001). A significant difference was also found between famous and unknown faces ($p < 0.05$). In these comparisons, LPP amplitude was largest when evoked by faces of loved ones and famous faces. No significant difference was found between babies and neutral faces. Bonferroni post-hoc analysis of the topographical effect revealed significant differences between Pz and Fz ($p < 0.001$), and Cz and Fz ($p < 0.001$), Pz and Cz having both larger LPP amplitude than Fz.

3.3.6. Subjective ratings

Table 1 contains the means (and standard deviations) of SAM scale scores, showing how participants felt while viewing the faces. Statistical analyses yielded significant effects of Face Category for the three scales: valence ($F(4, 116) = 74.06, p < 0.0001, \eta^2 = 0.719$), arousal ($F(4, 112) = 26.62, p < 0.0001, \eta^2 = 0.487$), and dominance ($F(4, 112) = 13.84, p < 0.001, \eta^2 = 0.331$). Planned comparisons showed the following results: (i) in the valence scale, viewing faces of loved ones elicited higher positive feelings than viewing all other faces (all p -values < 0.008); viewing babies elicited higher positive feelings than viewing neutral faces ($p < 0.001$); and viewing famous faces elicited higher positive feelings than viewing unknown faces ($p < 0.001$). (ii) In the arousal scale, faces of loved ones elicited higher arousal than all other faces (all p -values < 0.001); and babies elicited higher arousal than neutral faces ($p < 0.003$); with no

significant difference being found between famous and unknown faces. (iii) Finally, in the dominance scale, faces of loved ones elicited feelings of lower dominance than babies, neutral, and unknown faces (all p-values < 0.04), while babies elicited feelings of higher dominance than neutral faces ($p < 0.001$); with no significant difference being found between famous and unknown faces.

Table 1. Means (and standard deviations) of subjective ratings of valence, arousal, and dominance evoked by the five face categories.

	Loved	Babies	Neutral	Famous	Unknown
Valence	7.96 (1.5)	7.04 (1.04)	4.48 (0.88)	5.23 (0.86)	4.52 (0.92)
Arousal	6.08 (1.48)	4.51 (1.79)	3.53 (1.58)	3.67 (1.62)	3.43 (1.56)
Dominance	4.66 (1.08)	6.28 (1.77)	5.22 (0.99)	5.05 (0.93)	5.19 (1.14)

3.3.7. Differences between subcategories of loved faces

Fig. 7 displays the average skin conductance, zygomatic and heart rate response across the four subcategories of loved faces. The skin conductance and the zygomatic activity show larger responses to the face of the partner than to the faces of the parent, sibling, or friend. No obvious differences across the subcategories are observed for heart rate. Separate ANOVAs for each pair of subcategories yielded significant differences for skin conductance between partner and parent ($F(1, 20) = 4.77, p < 0.04, \eta^2 = 0.192$), partner and sibling ($F(1, 18) = 4.29, p < 0.05, \eta^2 = 0.192$), and partner and friend ($F(1, 19) = 9.27, p < 0.007, \eta^2 = 0.328$). Significant differences were also found for zygomatic activity, but only in the first trial, between partner and friend ($F(1, 18) = 4.015, p < 0.05, \eta^2 = 0.157$). The differences between partner and parent ($F(1, 21) = 3.75, p < 0.07, \eta^2 = 0.160$), and partner and sibling ($F(1, 19) = 3.346, p < 0.08, \eta^2 = 0.165$), also in the first trial, were marginally significant. No other significant differences were found in terms of physiological measures. Regarding the subjective measures (see Table 2), there were only significant differences in arousal ratings. Partners elicited higher feelings of arousal than parents ($F(1, 20) = 20.033, p < 0.0001, \eta^2 = 0.513$), siblings ($F(1, 19) = 8.59, p < 0.009, \eta^2 = 0.328$), and friends ($F(1, 20) = 5.62, p < 0.03, \eta^2 = 0.211$).

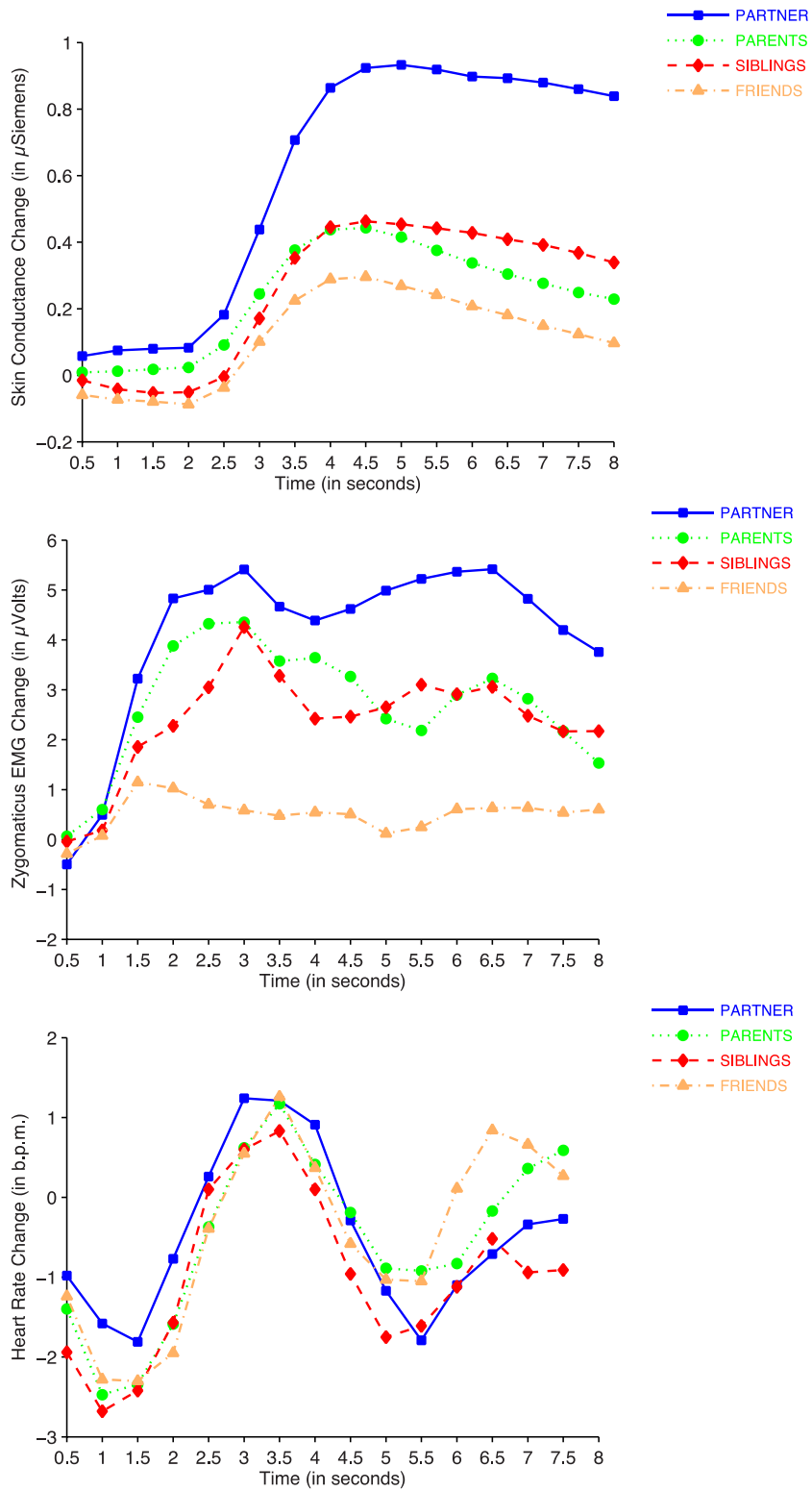


Fig. 7. Skin conductance (top), zygomatic activity (middle), and heart rate (bottom) as a function of subcategory of loved faces (partner, parent, sibling, and friend).

Table 2. Means (and standard deviations) of subjective ratings of valence, arousal, and dominance evoked by the four subcategories of loved faces.

	Partner	Parents	Siblings	Friends
Valence	8.67 (0.73)	8.05 (1.16)	8.37 (0.90)	8.30 (0.98)
Arousal	7.52 (1.81)	5.14 (2.22)	6.25 (1.71)	6.19 (2.16)
Dominance	4.52 (1.91)	4.05 (2.11)	4.83 (1.86)	5.14 (1.65)

3.3.8. Within-subject correlations for subcategories of loved faces

Table 3 includes average within-subject correlations for subcategories of loved faces, showing that arousal was positively correlated with valence and negatively correlated with dominance. Arousal also correlated positively with skin conductance. In terms of physiological measures, zygomatic activity correlated positively with skin conductance and heart rate.

Table 3. Within-subject correlations for subjective and physiological measures, averaged across subjects, for loved faces.

	Valence	Arousal	Dominance	SC	EMG
Valence	1.000				
Arousal	0.362*	1.000			
Dominance	-0.270	-0.275*	1.000		
Conductance	0.121	0.337	-0.128	1.000	
EMG	0.111	0.144	0.094	0.399**	1.000
Heart rate	0.064	0.043	0.110	0.190	0.305*

* $p < 0.05$

** $p < 0.005$

3.4. DISCUSSION

As we had anticipated, the present results revealed highly significant differences between face categories, thus confirming our first hypothesis. Faces of loved ones elicited larger autonomic (skin conductance and heart rate), electromyographic (zygomatic activity), and ERP (P3 and LPP) responses than all other faces. Loved faces also elicited stronger feelings of pleasantness and higher levels of arousal, but weaker feelings of dominance, than faces from all other control categories. When subcategories of loved faces were examined, differences also appeared among subcategories in terms of skin conductance, zygomatic activity, and arousal ratings. In these three measures, the

face of the partner produced more prominent responses than the faces of parents, siblings, or friends. Correlational analyses among subcategories of loved faces further confirmed a positive covariation within and between subjective (valence and arousal) and physiological (skin conductance, zygomatic activity, and heart rate) measures, and a negative covariation between arousal and dominance.

Perhaps the most remarkable finding of this study is the consistency and magnitude of the effects elicited by loved faces, which clearly suggest that intense positive affect rather than emotional arousal or familiarity modulates our physiological responses, a claim never substantiated in previous studies. Although some additional differences across face categories were also obtained, most anticipated results were either not present or much smaller than the striking contrast observed between faces of loved ones and all other faces. The consistency of these findings highlights the value of simultaneously recording central and peripheral physiological measures, in addition to subjective indices of valence, arousal, and dominance, in order to unravel the complex mechanisms underlying the affective processing of loved faces. Below, we will discuss the implications derived from each of these measures as they pertain to emotional processing. Next we will consider the issue of familiarity to then finalize by presenting an integrated account of the findings in relation to the brain mechanisms of love.

3.4.1. Peripheral physiological measures

The autonomic and somatic responses evoked by the faces of loved ones support an interpretation of our results in terms of intense positive affect; that is to say of positive valence plus emotional arousal. In the context of the picture viewing paradigm (Bradley & Lang, 2007a), zygomatic and heart-rate data are considered reliable indices of emotional valence (i.e., positive emotion vs. negative emotion), while skin conductance is regarded as a reliable index of emotional arousal (i.e., the intensity of the emotion). Positive emotions induced by highly arousing pleasant pictures (e.g., erotica and sport images) are associated with increases in zygomatic activity and with a pattern of heart-rate changes identical to the accelerative pattern observed in this study. In contrast, negative emotions induced by highly arousing unpleasant pictures (e.g., mutilation and threat images) are associated with the opposite response pattern (i.e., decreases in zygomatic activity and larger heart-rate deceleration). Skin conductance does not differentiate positive from negative emotions. Highly arousing pleasant and unpleasant pictures, compared to low arousing ones, are associated with a pronounced increase in skin conductance identical to the response pattern to loved faces found in our study. Thus, our three peripheral

measures consistently indicate that both positive valence and high emotional arousal play an important role in the processing of loved faces.

3.4.2. Central physiological measures

Event-related potentials have been recorded both while subjects viewed pictures (Cuthbert et al., 2000; Sabatinelli, Lang, Keil, & Bradley, 2007; Schupp et al., 2000, 2004) and while they selectively processed faces (Bobes et al., 2007; Grasso et al., 2009; Herzmann et al., 2004; Langeslag et al., 2007). In the picture viewing paradigm, the most consistent finding is an amplitude increase of the late positive potentials (LPP) associated with highly emotional pictures, whether pleasant or unpleasant, which is interpreted as an arousal effect. In our study, there was a highly significant increase in P3 and LPP amplitude while subjects were looking at the faces of loved ones, regardless of presentation speed. In contrast, there were no significant differences among the five categories of faces in the amplitude of the N1 component, which could be construed as an index of perceptual processing (Vogel & Luck, 2000). Interestingly, there were a larger number of P3 and LPP differences in the slow than in the fast presentation block. The slow presentation block was designed to optimize the recording of peripheral and not central measures, as the number of trials was necessarily smaller at the slow rate. However, this presentation rate generated more measurable differences than the fast one, despite the reduced number of trials included in the ERP average (i.e., only 10 trials per subject and category) and the long inter-stimulus intervals (i.e., 16–20 s). This outcome confirms previous reports of adequate ERP indices obtained in emotion research using reduced numbers of trials and long inter-stimulus intervals (Schupp et al., 2003).

3.4.3. Subjective measures

Results obtained with subjective measures confirmed the expected differences in terms of valence and arousal. Loved faces obtained the highest ratings in both valence and arousal. Thus, the high level of pleasantness and arousal induced by viewing the faces of loved people, when compared to viewing other face categories, may be the major determinant of the significant peripheral and central physiological responses found in our study. Similarly, the higher level of arousal induced by looking at the face of the partner, compared to other subcategories of loved faces (parents, siblings, or friends), seems to be the main determinant of the larger physiological responses (i.e., skin conductance and zygomatic activity) associated with the partner's face when compared to all other loved faces. But perhaps the most surprising finding from the subjective measures was the

dominance ratings associated with viewing the faces of loved ones. Based on the positive correlation frequently reported between valence and dominance (Bradley & Lang, 2007a), it was expected that loved faces would elicit more feelings of pleasantness, arousal, and dominance than all other faces. This expected positive relationship was indeed obtained in the case of baby faces. Loved faces, however, showed the opposite relationship; the feelings induced by loved faces were rated as the most pleasant and arousing of all, but also as the least dominant. This negative correlation, also reported in the context of research in addictions and eating disorders (Muñoz, Fernández, Peralta-Ramírez, Cepeda-Benito & Vila, 2009; Rodríguez, Fernández, Cepeda-Benito & Vila, 2005, Rodríguez, Mata, Lameiras, Fernández & Vila, 2007), supports the notion of dominance (also called strength, confidence, or control; Mehrabian & Russel, 1974) as an independent subjective dimension, which may show positive, negative, or no correlations with valence and arousal, depending on the research context. When passively viewing loved and baby faces, the dominance scale (feeling big vs. feeling small) could be interpreted in terms of protection or control (feeling protective or in control vs. feeling protected or controlled).

3.4.4. The familiarity issue

A major methodological issue in the study of the emotional processing of familiar faces has always been the proper experimental control of familiarity, with familiarity being defined as a form of explicit memory (Voss & Paller, 2006, 2007). ERP studies have reported that familiar faces are associated with amplitude enhancements of the late positivities found at posterior electrode locations (Eimer, 2000; Voss & Paller, 2006; Yovel & Paller, 2004). These are precisely the brain potentials recorded in studies of loved familiar faces (Bobes et al., 2007; Grasso et al., 2009; Herzmann et al., 2004; Langeslag et al., 2007) as well as those that use the passive picture viewing paradigm and highly pleasant and unpleasant pictures (Cuthbert et al., 2000; Sabatinelli et al., 2007; Schupp et al., 2000, 2004). In the latter studies, the effect has been interpreted in terms of emotional arousal, since all picture stimuli are new and there is no explicit memory involvement in the task. In the former studies, however, the familiarity of loved faces is necessarily conflated with emotional responses. Procedures typically used to control for familiarity include viewing faces of acquaintances, famous people, friends, or newly learned faces. But familiarity of loved people (usually, parents, children, siblings, or partners) will normally exceed that of control faces because of the greater amount of time spent with them (Grasso et al., 2009). Thus, the greater ERP indices found for loved familiar faces can be attributed to familiarity and not to emotional arousal. A similar argument may apply

to skin conductance since this autonomic measure is also sensitive to attentional and memory factors (Dawson et al., 2007; Jennings, 1986). In our study, the only physiological measures that cannot be interpreted in terms of familiarity are heart rate and zygomatic activity, since both measures show response patterns specifically associated with positive emotional valence.

The present study was not designed to control the level of familiarity of the included faces of loved people. Still, we indirectly examined the effects of familiarity on face processing in two ways; on one hand, we compared famous and unknown faces and, on the other, we contrasted loved faces with different levels of familiarity among themselves. The first comparison yielded the expected greater LPP amplitude for famous faces (only in the fast presentation block), accompanied by a higher subjective rating of positive valence. In contrast, peripheral measures did not differentiate famous and unknown faces. The second comparison (i.e., of subcategories of loved faces among themselves) yielded a greater skin conductance response to the face of the partner than to the faces of parents or siblings (which were presumably more familiar to participants than the partner) or friends (which were probably about as familiar or less familiar than the partner), accompanied by higher subjective reports of emotional arousal. These findings suggest that emotional arousal, rather than familiarity, is the major contributing factor in determining the sizeable skin conductance response to loved faces found in our study. Regrettably, methodological considerations prevented us from gathering ERP responses to subcategories of loved faces. This and other limitations of our study, such as the absence of a precise familiarity metric (e.g., the length of time spent with various categories of people, number of previous encounters, duration of the relationship, or amount of knowledge about the person), preclude conclusions about the association between brain mechanisms of familiarity and emotion that future research will have to address.

3.4.5. An integral explanation

The emotional processing of loved familiar faces involves a complex pattern of neurophysiological responses that single physiological measures, whether central or peripheral, would fail to capture accurately. Here, the use of the passive picture viewing paradigm affords the simultaneous recording of central and peripheral physiological measures, in addition to subjective indices of valence, arousal, and dominance, which facilitate a comprehensive look at the brain mechanisms involved in perceiving and identifying loved familiar faces. From a subjective point of view, and when the loved ones

are adults, the faces of loved people induce strong feelings of positive affect and emotional arousal, together with feelings of being protected and safe. In contrast, when the loved ones are babies, these latter feelings may change to feelings of offering protection. Peripheral physiology demonstrates that loved familiar faces elicit a pattern of autonomic (heart rate) and somatic (zygomatic activity) responses specifically associated with positive emotions, in addition to a strong sympathetic response (skin conductance) indicative of increased emotional arousal. Central physiology, on the other hand, reveals that the P3 and LPP components of the ERP clearly differentiate loved faces from all other face categories. P3 has been considered an index of the perceptual discrimination leading to top-down allocation of attentional resources for memory updating (Polich, 2007). Here, the increase in P3 amplitude associated with the passive viewing of loved faces could be interpreted as evidence of effortless face discrimination and recognition, and/or as a sign of specific allocation of attention to those same faces. On the other hand, LPP has been considered an ERP component that reflects motivational engagement (Lang et al., 1997; Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2004) and explicit memory retrieval associated with familiarity of faces (Voss & Paller, 2006, 2007). Therefore, the enhanced LPP amplitude obtained in this study could be interpreted as the mobilization of attentional resources towards the most pleasant and familiar faces, probably related to numerous aspects or characteristics of that loved person.

The present approach to study emotional processing adds peripheral circuitry to the complex neural network involved in the processing of loved familiar faces. A simplified scheme of this network can be outlined based on the integration of previous findings (Adolphs, 2002; Critchley, Wiens, Rotshtein, Öhman & Dolan, 2004; Fairhall & Ishai, 2007; Gobbini & Haxby, 2007; Zeki, 2007) and the results obtained here. Initially, the network is functionally activated in a core system integrated by specific brain areas in the visual region (inferior occipital gyrus, lateral fusiform gyrus, and superior temporal sulcus), leading to face perception and recognition of personal identity. This core system then accesses extended networks that process semantic, biographic, and episodic memory about the person, including anterior temporal cortex, anterior paracingulate, and precuneus. If the face is identified as that of a loved one, those brain regions involved in emotional processing (i.e., orbital frontal cortex, insula) are also activated. The extended emotional system subsequently activates peripheral physiological responses involved in positive emotions (facial expressions and autonomic reactions of the perceiver), providing simultaneous feedback to the central network in order to facilitate further cognitive processing and attention to the faces.

Capítulo 4.

Filial versus romantic love:

Contributions from peripheral and central electrophysiology.

4.1. INTRODUCTION

Recent neuroscience research has studied the neural correlates of the perception of loved familiar faces. The face communicates important social and emotional aspects as well as conveys information regarding feelings and identity. Most studies on facial emotional processing have investigated facial expressions (see Tomkins, 1962; Izard, 1971, 1977, 1994; Ekman, 1980, 1992; Russell, 1994; Dimberg, 1997; Whalen et al., 1998; Öhman, Lundquist & Esteves, 2001; Adolphs, 2002; Vuilleumier & Pourtois, 2007; Eimer & Holmes, 2007; Li et al., 2010). Much less research has examined the emotional processing associated with identity recognition. Recognizing facial identity involves activation of a complex pattern of neurophysiological mechanisms that process the physical characteristics of a face, knowledge about the person, and emotions associated with that person (Bruce & Young, 1986; LaBaret et al., 2003; Gobbini & Haxby, 2007; Bobes et al., 2007; Dekowska et al., 2008). A number of recent studies on emotional processing associated with the recognition of loved familiar faces has examined electrophysiological and fMRI indices of brain activity (Bartels & Zeki, 2000, 2004; Herzmann et al., 2004; Aron et al., 2005; Fisher et al., 2005; Bobes et al., 2007; Langeslag et al., 2007; Baçar et al., 2008; Grasso et al., 2009; Xu et al., 2011). These studies converge with those that integrate neuroscience and social psychology approaches to understand the neural mechanisms of social and cultural cognition (Tomasello, Carpenter, Call, Behne & Moll, 2005; Amodio & Frith, 2006; Herrmann, Call, Hernández-Lloreda, Hare & Tomasello, 2007). However, a major problem with these studies is the absence of evidence concerning the elicitation of a genuine positive emotional response (i.e., love) toward familiar faces. Two confounds are always present in the experimental designs that exclusively use central physiological measures: familiarity and emotional arousal.

Research examining the recognition of loved familiar faces defines familiarity as a form of explicit or declarative memory (Voss & Paller, 2006, 2007; Gobbini & Haxby, 2007). This type of memory involves the ability to recollect events and factual knowledge (Eimer, 2000). Thus, facial familiarity refers to factual knowledge about a person, which depends on length of time spent with the person, the number of previous encounters with the person, or the amount of information accumulated about the person. Attempts to control for familiarity include viewing faces of acquaintances, famous people, friends, or newly learned faces. But the familiarity of loved people will always exceed that of control faces because of the greater amount of knowledge and time spent with them (Grasso et al., 2009). Thus, the most consistent finding of electrophysiological brain responses to loved familiar faces, larger P3 amplitudes and late positive potentials (LPPs) at posterior locations, cannot be attributed to positive emotional responses alone because similar enhanced brain responses are consistently associated with explicit facial memory (Eimer, 2000; Yovel & Paller, 2004; Voss & Paller, 2006).

Emotional arousal refers to the intensity of an emotion, regardless of its affective valence. Interestingly, the same electrophysiological brain responses to loved familiar faces (i.e., larger P3s and LPPs) have been found in response to highly unpleasant pictures (e.g., mutilated faces or attacking animals), thus calling into question whether the larger late positivity that loved faces evoke is indicative of positive emotional mechanisms or simply reflects undifferentiated emotional arousal (Palomba et al., 1997; Cuthbert et al., 2000; Schupp et al., 2000, 2004; Sabatinelli et al., 2007; Bradley, 2009). Although emotional arousal and familiarity are not necessarily confounded (novel emotional pictures or well-known faces without explicit emotional attachments can elicit the same physiological responses), these variables are confounded with regard to loved faces due to the fact that they elicit explicit memories and emotions.

Functional imaging techniques used to investigate the mechanisms of love through the visual perception of familiar faces do not circumvent the confounding problem (Bartels & Zeki, 2000, 2004; Aron et al., 2005; Fisher et al., 2005; Zeki, 2007; Xu et al., 2011; Acevedo et al., 2011). None of these studies has recorded peripheral physiological indices that might unequivocally differentiate positive affect from emotional arousal and familiarity. Most have relied on subjective reports, a method with well-known validity problems (see Podsakoff et al., 2003). Interestingly, some studies have recorded skin conductance response (Bartels & Zeki, 2000; Bobeset et al., 2007) in line with classic studies on familiar face recognition in patients with Prosopagnosia (Ellis et al., 1979; Bauer, 1984; Tranel & Damasio, 1985). However, skin conductance (SC) is not an unambiguous index of

emotional processing. SC can also be a reliable index of cognitive processing, such as that inherent in the orienting response (Dawson et al., 2007). Moreover, when SC does reflect emotional processing, it does not differentiate positive from negative affect – as in the case of the late positive potentials – being considered a specific index of arousal rather than valence (Bradley & Lang, 2007a; Bradley, 2009).

Vico et al., (2010) recently reported central and peripheral electrophysiological responses to loved familiar faces using Lang's passive picture viewing paradigm (Lang, 1995). In this paradigm (see Bradley & Lang, 2007a; Lang et al., 2008), people view pleasant, neutral, and unpleasant pictures selected from the "International Affective Picture System" (IAPS), while a set of peripheral and central physiological measures are recorded. Using an adaptation of this paradigm, Vico et al., (2010) demonstrated that pictures of loved familiar faces (e.g., romantic partners, parents, siblings, second-degree relatives, and friends) produce increases in zygomatic activity and heart rate (HR) specifically indicative of positive emotional valence, and simultaneous increases in SC and LPP specifically indicative of emotional arousal. No control picture (e.g., famous faces, unknown faces, babies, and neutral faces) produced such responses. However, Vico et al., did not control for familiarity. These authors obtained some indirect evidence against the familiarity confound by comparing loved faces to famous faces. But as already indicated, the familiarity of loved faces and famous faces is not comparable.

The present study specifically controlled for familiarity, in addition to emotional arousal, in female undergraduate students. We chose two categories of loved faces: fathers and romantic partners (i.e., boyfriends). Participants must have lived with their father until they were at least 18 years old, whereas participants' relationship with their romantic partner could not exceed 6 years. We used the unfamiliar images of the fathers and romantic partners of different participants as well as a baby picture selected from the IAPS as control faces⁴. We expected that the similarities and differences between responses to participants' fathers and their romantic partners would identify the basic neurophysiological mechanisms that underlie filial versus romantic love, further helping to disentangle the effects of positive valence from those of familiarity.

⁴We had two reasons for including a baby picture. First, we sought to differentiate pleasantness induced by recognition of a loved one from pleasantness induced by physical characteristics of the picture, given that women evaluate IAPS baby pictures as the most pleasant (Bradley & Lang, 2007a). Second, the baby picture controlled for the potential differences in the frequency (i.e., oddball effect) and salience (i.e., von Restorff effect) of the pictures because it was the least frequent and most physically salient stimulus.

Romantic love involves three basic mechanisms: attachment, care-giving, and sexual attraction (see Mikulincer & Goodman, 2006). If the sexual component is absent in filial love, we expect a reduction in participants' emotional response. On the other hand, if familiarity is lesser in romantic love compared to filial love, then we expect a reduction in participants' explicit memory response. Accordingly, we hypothesized that (a) loved faces (both of father and partner) should show greater activation of the central and peripheral measures that reflect intense positive affect (valence + arousal) compared to unknown faces (control father, control partner and baby faces), replicating Vico et al.'s results; (b) the loved face with less familiarity but higher emotional response (i.e., the romantic partner) should show greater activation of the central and peripheral measures that reflect intense positive affect compared to the loved face with more familiarity but less emotional response (i.e., the father); and (c) the loved face with higher familiarity but lower emotional response (i.e., the father), should show higher activation of the central and peripheral measures that reflect familiarity compared to the loved face with lower familiarity but higher emotional response (i.e., the romantic partner).

4.2. METHOD

4.2.1. Participants

The study was in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the local Ethic Committee of the University of Granada. Thirty-five female undergraduate students, ranging from 20 to 29 years of age (mean = 21.71 years; standard deviation = 1.24 years), participated in this study. Participants were in a current romantic relationship and resided in close proximity to both their family and their partner so as to be able to take their photograph. They were also required to have a positive relationship with their fathers. No participant reported current physical or psychological problems, and no participant was under pharmacological treatment. All participants were right-handed and had normal or corrected-to-normal vision. All participants provided informed consent and received course credit for their participation.

4.2.2. Stimuli

Participants passively viewed faces belonging to one of five categories: boyfriend, father, control boyfriend, control father, and baby. The participants provided photographs of their boyfriends and fathers a few days before the experimental session using detailed experimenter-provided instructions on how to take the photographs (i.e., neutral

expressions, looking straight at the camera, and in front of a light-colored background). We selected control boyfriend and control father pictures from the photographs of other participants' boyfriends and fathers after ensuring these pictures were not familiar to that participant. The baby picture was selected from the Spanish IAPS (Moltó et al., 1999; Vila et al., 2001) with a positive valence score greater than 7 (rating scale range = 1–9). Participant-provided pictures were taken using a Nikon D-60 camera. We edited all pictures using Corel-Draw Photopaint software (v.7) and matching pictures for size, color, and background; specifically, all photographs had 650 pixels, were shown in 8-bit grayscale, and inserted into a circle surrounded by a black background. Presentation software (Neurobehavioral Systems, CA) presented pictures on a 19 in. flat monitor approximately 0.6 m from participants.

4.2.3. Passive-viewing task

We presented each picture 20 times following a quadruple Latin Square design. The first Latin Square consisted of a 5×5 matrix in which each row and each column contained one picture category. The rest of the Latin Squares were inverted mirrors of the first. We created five different sequences of pictures, each starting with a different category and equally distributed within the 35 participants. We randomly assigned participants to one of the five different sequences in groups of five. The paradigm began with a 5 min baseline, followed by 100 trials with the following structure: 4 s baseline, 4 s picture presentation, and 4 s post-picture period. The inter-trial interval varied randomly from 1 to 3 s (mean = 2 s). We did not record data during this period. Participants viewed the pictures for the entire time that they were on the screen.

4.2.4. Physiological measures

Heart rate (HR) was derived from electrocardiogram recorded with a Coulbourn V75-04 bioamplifier at lead II using three standard In Vivo Metrics silver/silver chloride electrodes filled with conductive gel. Frequencies below 8 Hz and above 30 Hz were filtered out using a Coulbourn V75-48 band-pass filter. The signal was amplified by 5000 and sampled at 1000 Hz. Zygomaticus major EMG activity (EMG) was measured using miniature In Vivo Metrics silver/silver chloride electrodes filled with conductive gel. EMG activity was sampled at 100 Hz. The raw EMG signals were amplified by 5000 and band-pass filtered (13–1000 Hz) with a Coulbourn V75-04 bioamplifier. It was then rectified and integrated using a Coulbourn V75-23A integrator. Time constant for Zygomaticus activity was 500 ms. Skin conductance (SC) was recorded using a Coulbourn bioamplifier V75-

23. Electrodes were placed on the hypothenar eminence of the left hand using standard In Vivo Metrics electrodes filled with isotonic gel. The signal was acquired at a sampling rate of 50 Hz.

EEG recording was accomplished using an IBM-compatible computer running ASA-lab software (Advanced Neuro Technology B.V., Netherlands). EEG was recorded at 32 locations using an Active-Shield cap (Advanced Neuro Technology B.V., Netherlands) with a sampling rate of 256 Hz. All electrode impedances were kept below 10 k Ω . During the recording, all activity was referenced to the left mastoid (M1), then re-referenced to linked mastoids and band-pass filtered (0.016–40 Hz) off-line. Blink and eye movements artifacts were corrected using the PCA method (Ille, Berg & Scherg, 2002).

Stimulus control and peripheral physiological data acquisition were accomplished using an IBM-compatible computer running VPM data acquisition and reduction software (Cook, 1997).

4.2.5. Self-report measures

Self-Assessment Manikin (SAM) (Bradley & Lang, 1994). Valence, arousal, and dominance ratings of each picture were assessed using the Self-Assessment Manikin. The SAM consists of three scales each one depicting five humanoid figures that represent the intensity levels of three emotional dimensions (valence, arousal, and dominance): from a figure with a large smile to a figure with a pronounced frown for valence, from a figure that appears agitated to a figure that looks drowsy for arousal, and from a very small figure to a very large figure for dominance. Each scale provides a score rating from 1 to 9.

4.2.6. Procedure

We first contacted participants by phone to invite them to attend two laboratory sessions. The first session ensured that participants complied with the inclusion criteria and to provide them with the camera and instructions on how to take photographs. In this session, participants rated familiarity and quality of their relationship with the father and boyfriend using a rating scale from 0 to 100. As expected, the relationship with both the father and the boyfriend was highly positive (father: $M = 91.2$, $SD = 9.7$; boyfriend: $M = 90.6$, $SD = 9.5$). Differences between father and boyfriend were evident regarding familiarity (father: $M = 90.8$, $SD = 11.8$; boyfriend: $M = 48.9$, $SD = 22.9$; $p < 0.0001$). At the

second session, we administered the physiological test to participants. Upon arrival in the laboratory, we invited the participants to sit on a reclining chair in a dimly lit room. After we placed the sensors, participants viewed a series of pictures. We instructed them to view each picture for the entire time it was on screen. After this task, we removed the sensors, and the participant evaluated the valence, arousal, and dominance of the five pictures using the Self-Assessment Manikin (SAM; Bradley & Lang, 1994). Finally, we thanked participants for their time and fully explained the purpose of our study.

4.2.7. Data reduction and analysis

We determined heart rate, zygomatic electromyography (EMG), and skin conductance responses by averaging across each half-second and subtracting the same activity 1 s prior to stimulus onset. We averaged event-related potentials (ERPs) for each picture category and defined individual components (N1, N170, N2, P3, and LPP) as the average amplitude within the following time windows after picture onset: 100–150, 155–185, 185–240, 350–410, and 550–725 ms, respectively. We subtracted the activity 250 ms prior to the picture onset from the activity that occurred during 1 s after picture presentation. We excluded one participant from statistical analysis due to experimental error.

A 5 (category -e.g., boyfriend, father, control-boyfriend, control-father, and baby-) × 16 (time -the 16 half-second bins following stimulus onset-) repeated measures ANOVA analyzed the peripheral physiological variables⁵. Four 5 (category) × 3 (location -Fz, Cz, and Pz-) repeated-measures ANOVAs analyzed the central physiological variables (the N1, N2, P3, and LPP amplitudes). Four one-way repeated-measure ANOVAs with category as the single factor analyzed the N170 amplitude at P8 and the three SAM ratings. The Greenhouse–Geisser epsilon corrected for sphericity violations in the repeated-measure designs. Upon finding significant main or interaction effects of category, we conducted the following posthoc comparisons to test our hypotheses: (a) loved faces (father + boyfriend) versus unknown (control father + control boyfriend) and baby faces and (b) father versus boyfriend. We set the level of significance at 0.05 for all analyses.

⁵For heart rate data, the time factor was limited to 14 half-second bins, instead of 16, because the heart periods are not completely synchronous with regards the 8 s recording period after picture onset (the last heart period is normally incomplete because the last R wave does not coincide with the end of the recording period).

4.3. RESULTS

4.3.1. Peripheral measures

4.3.1.1. Skin conductance

Fig. 8 shows the SC response for the 5 facial categories. As can be seen, all categories showed a typical SC response starting approximately 2.5 s after picture onset. The ANOVA results yielded significant effects for category ($F(4,136) = 7.775, p < 0.0001, \eta^2 = 0.186$), time ($F(15,510) = 6.264, p < 0.002, \eta^2 = 0.156$), and category \times time ($F(60,2040) = 6.645, p < 0.0001, \eta^2 = 0.163$). Planned comparisons revealed the following results: (a) loved faces produced significantly larger SC responses compared to unknown ($p < 0.0001$) and baby ($p < 0.002$) faces; and (b) fathers and boyfriends elicited SC responses that were not significantly different ($p > 0.51$).

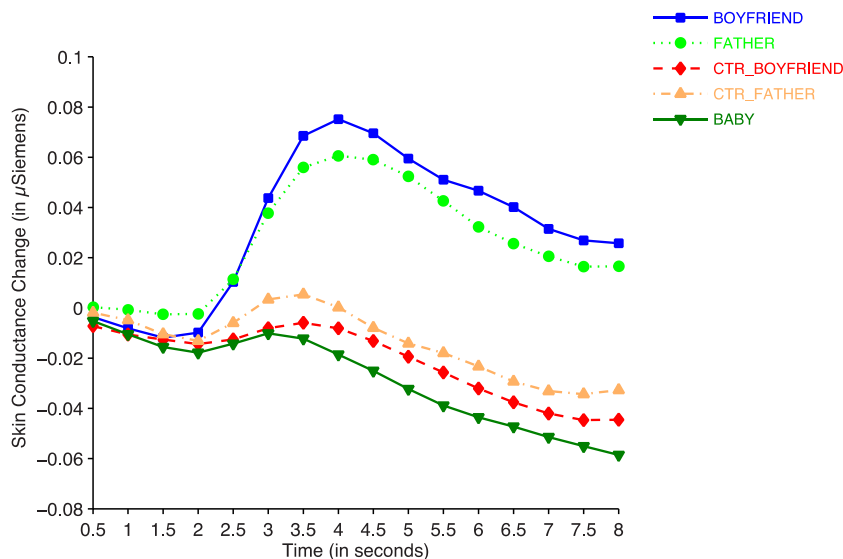


Fig. 8. Skin conductance response as a function of face category and time.

4.3.1.2. Zygomatic EMG

Fig. 9 shows the changes in zygomatic activity for the 5 facial categories. The ANOVA results yielded significant effects of category ($F(4,136) = 12.825, p < 0.0001, \eta^2 = 0.274$), time ($F(15,510) = 4.889, p < 0.017, \eta^2 = 0.126$), and category \times Time ($F(60,2040) = 7.307, p < 0.001, \eta^2 = 0.177$). Planned comparisons revealed the following results: (a) loved faces produced significantly larger EMG responses than unknown ($p <$

0.001) and baby ($p < 0.001$) faces; and (b) boyfriend faces produced significantly greater EMG responses than father faces ($p < 0.02$).

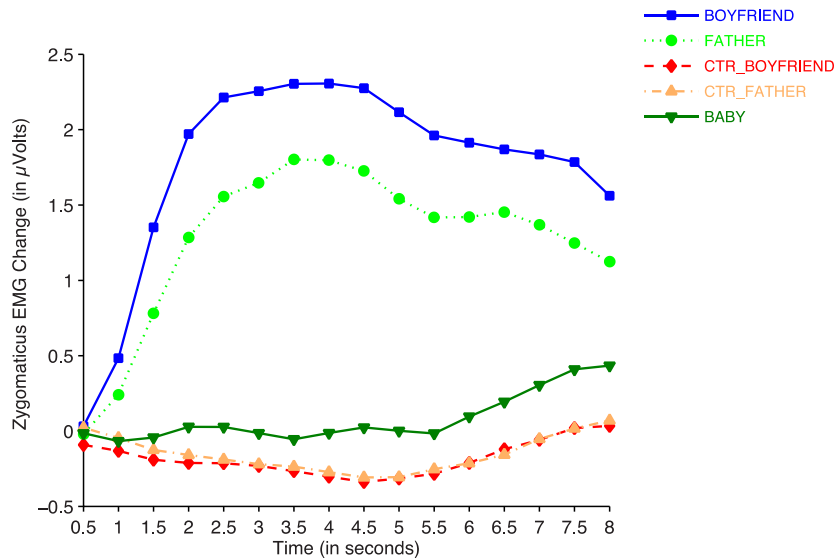


Fig.9. Zygomaticus emg activity as a function of face category and time.

4.3.1.3. HR

Fig. 10 displays the HR responses for the 5 facial categories. The ANOVA results yielded significant effects for category ($F(4,136) = 4.492, p < 0.004, \eta^2 = 0.117$) and time ($F(13,442) = 16.948, p < 0.0001, \eta^2 = 0.333$). Planned comparisons revealed the following results: (a) loved faces produced significantly larger accelerative HR responses compared to unknown faces ($p < 0.001$); loved and baby faces produced HR responses that were not significantly different from each other ($p > 0.57$), and (b) the faces of fathers and boyfriends produced HR responses that were not significantly different from each other ($p > 0.86$).

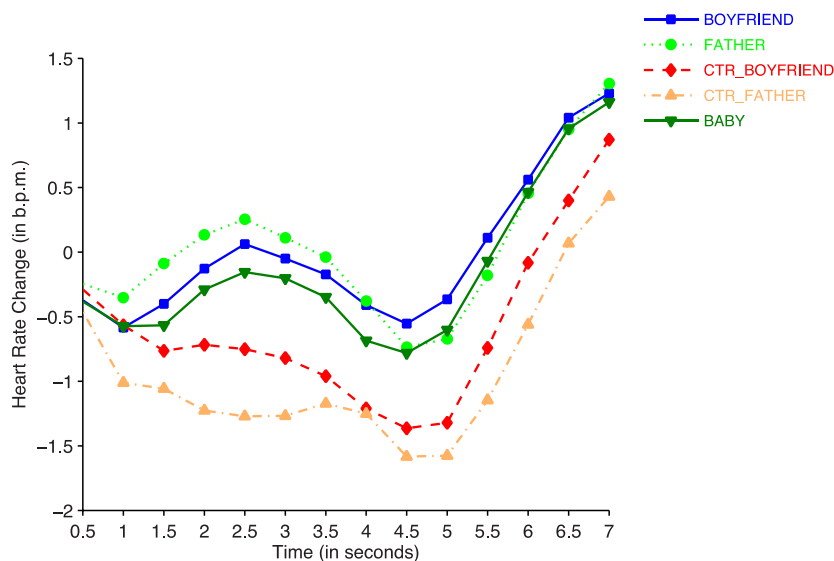


Fig. 10. Heart rate responses as a function of face category and time.

4.3.2. Central measures

Fig. 11 displays the ERPs at Fz, Cz, Pz, and P8. Loved faces evoked greater positivity after approximately 200 ms than unknown and baby faces at most locations. However, father faces seemed to differ from boyfriend faces with regard to the P3 component around frontal and central areas. P8 shows the expected N170 for all faces with no apparent differences among faces.

4.3.2.1. N1 amplitude at Fz, Cz, and Pz

The 5 (category) \times 3 (location) ANOVA yielded only a significant effect of location ($F(2,66) = 22.05$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.401$). The N1 amplitude was larger at Cz and Fz compared to Pz ($p < 0.001$). We did not find a significant main or interaction effect of category ($p > 0.33$).

4.3.2.2. N170 amplitude at P8

The one-way ANOVA for category yielded no significant effects ($F(2,66) = 2.01$, $p > 0.103$, $\eta^2 = 0.57$).

4.3.2.3. N2 amplitude at Fz, Cz, and Pz

The 5 (category) \times 3 (location) ANOVA yielded significant effects for category ($F(4,132) = 8.93$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.213$), location ($F(2,66) = 39.77$, $p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.546$), and category \times location ($F(8,264) = 4.00$, $p < 0.004$, $\eta^2 = 0.108$). An analysis of the interaction yielded a significant category effect for all three locations (all $ps < 0.004$) and significant location effects for all five categories (all $ps < 0.0001$). In general, the amplitudes were larger at Fz and Cz sites compared to Pz (all $ps < 0.001$) and for unknown and baby faces compared to loved faces (all $ps < 0.03$). Moreover, there were no differences between Fz and Cz sites ($p > 0.07$) or between unknown and baby faces ($p > 0.58$). Planned comparisons revealed the following results: (a) loved faces produced smaller N2 amplitudes at all three locations compared to unknown (all $ps < 0.0001$) and baby (all $ps < 0.03$) faces, and (b) N2 amplitudes of father and boyfriend faces were not significantly different from each other at any location (all $ps > 0.53$).

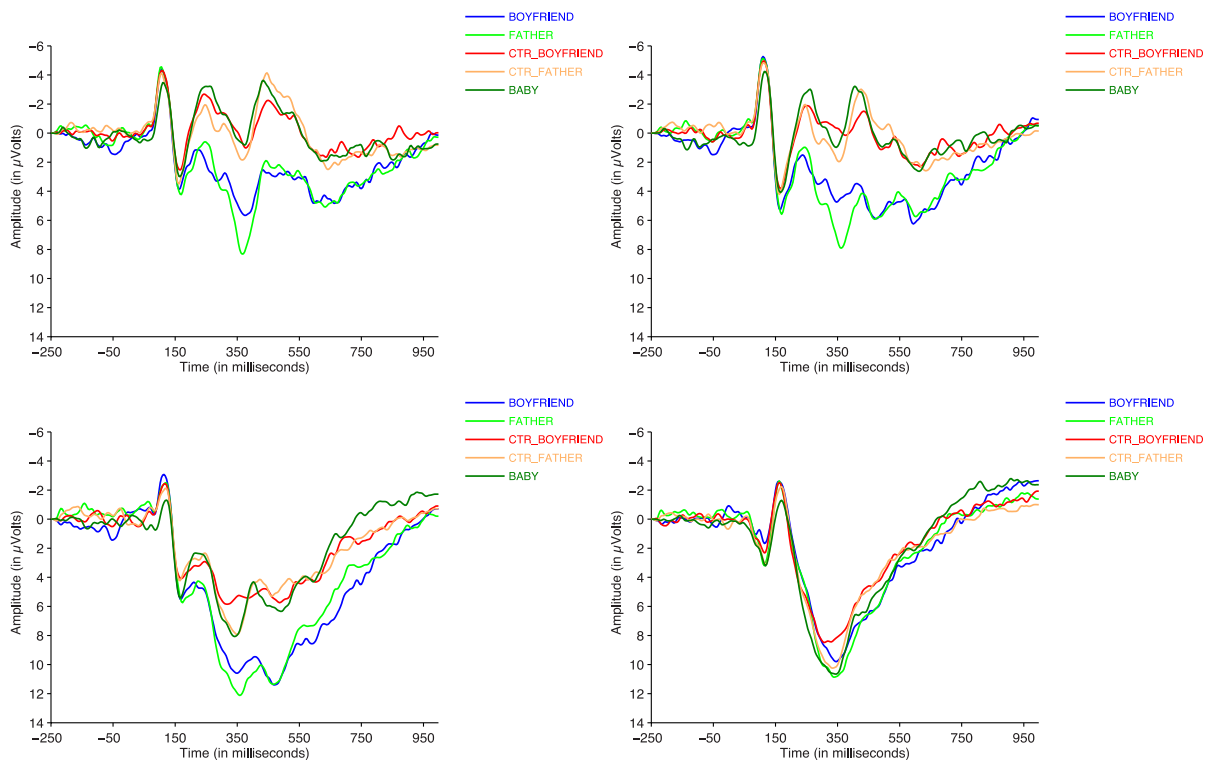


Fig.11. ERP components at Fz (top left), Cz (top right), Pz (bottom left), and P8 (bottom right) as a function of face category (boyfriend, father, control boyfriend, control father, and baby)

4.3.2.4. P3 amplitude at Fz, Cz, and Pz

The 5 (category) \times 3 (location) ANOVA yielded significant effects for category ($F(4,132) = 25.82, p < 0.0001, \eta^2 = 0.439$), location ($F(2,66) = 70.47, p < 0.0001, \eta^2 = 0.681$), and category \times location ($F(8,264) = 2.49, p < 0.04, \eta^2 = 0.07$). An analysis of the interaction yielded a significant category effect at all three locations (all p s < 0.0001) and significant location effects for all five categories (all p s < 0.0001). In general, the P3 amplitudes were larger at Pz than at Fz and Cz (all p s < 0.0001), although there were no differences between Fz and Cz ($p > 0.74$). Furthermore, there were larger P3 amplitudes for loved faces than for unknown and baby faces, but no difference between unknown and baby faces ($p > 0.96$) were observed. Planned comparisons revealed the following results: (a) loved faces produced larger P3 amplitudes at the three locations than unknown (all p s < 0.0001) and baby (all p s < 0.0001) faces, and (b) the father faces produced larger P3 amplitudes than boyfriend faces at Fz ($p < 0.04$) and Cz sites ($p < 0.02$). There was no significant difference at Pz ($p > 0.08$).

4.3.2.5. LPP amplitude at Fz, Cz, and Pz

The 5 (category) × 3 (location) ANOVA yielded significant effects for category ($F(4,132) = 15.82, p < 0.0001, \eta^2 = 0.439$) and location ($F(2,66) = 12.47, p < 0.0001, \eta^2 = 0.681$). The interaction was not significant ($p > 0.2$). In general, the LPP amplitudes were larger at Pz compared to Cz sites ($p < 0.0001$), and at Cz compared to Fz sites ($p < 0.0001$). Furthermore, LPP amplitudes were larger for loved faces than for unknown and baby faces. There were no differences between unknown and baby faces ($p > 0.08$). Planned comparisons revealed the following results: (a) loved faces produced larger LPP amplitudes than unknown and baby faces at all three locations (all $ps < 0.0001$), and (b) the father faces did not produce significantly different LPPs than boyfriend faces at any location (all $ps > 0.35$).

4.3.3. Subjective measures

4.3.3.1. SAM

Table 4 shows the mean (and standard deviations) of SAM scores for valence, arousal, and dominance. One-way ANOVAs yielded significant category effects for valence ($F(4,132) = 128.029, p < 0.0001, \eta^2 = .795$), arousal ($F(4,132) = 25.248, p < 0.0001, \eta^2 = .433$), and dominance ($F(4,132) = 9.135, p < 0.0001, \eta^2 = .217$). In general, loved faces were rated as more pleasant and arousing but less dominant than unknown and baby faces. Planned comparisons showed the following results: (a) loved faces elicited stronger positive feelings than unknown ($p < 0.0001$) and baby ($p < 0.0001$) faces; (b) boyfriend faces elicited stronger positive feelings than father faces ($p > 0.02$); (c) loved faces elicited more arousal than unknown ($p < 0.0001$) and baby ($p < 0.0001$) faces; (d) boyfriend faces were rated significantly more arousing than father faces ($p < 0.0001$); (e) loved faces were rated significantly less dominant than baby ($p < 0.0001$) faces, but there was no significant difference between loved and unknown faces ($p > 0.4$); and (f) father faces were rated significantly less dominant than boyfriend faces ($p < 0.0001$).

Table 4. Means and (standard deviations) for valence, arousal, and dominance elicited by the 5 face categories (partner, father, control-partner, control-father, and baby).

	Partner	Father	Control-partner	Control-father	Baby
Valence	8.54 (0.70)	8.03 (1.34)	4.77 (0.97)	4.34 (0.91)	6.53 (1.50)
Arousal	6.40 (2.19)	5.11 (2.14)	3.14 (1.65)	3.71 (1.74)	3.76 (1.86)
Dominance	5.54 (1.52)	4.26 (1.54)	5.49 (1.31)	5.09 (1.69)	6.29 (1.49)

4.4. DISCUSSION

The present results replicate Vico et al., (2010) and confirm our first hypothesis: loved faces (fathers and romantic partners) elicited greater autonomic (SC and HR), somatic (zygomatic activity), and central (P3 and LPP) responses (but lower N200 amplitudes) than unknown faces. Loved faces also elicited stronger feelings of pleasantness and higher levels of arousal than unknown faces. We found the same differences between loved and baby faces, except for the HR response in which the larger response to loved faces was not significant, and for the dominance scale in which loved faces were rated significantly less dominant than baby faces. When we compared boyfriend and father faces, significant differences were observed regarding zygomatic activity, P3 amplitude, and ratings of valence, arousal, and dominance. Romantic partner faces elicited a larger zygomatic responses and higher levels of pleasantness, arousal, and dominance compared to father faces. Conversely, father faces elicited larger P3 amplitudes at Fz and Cz locations than romantic partner faces. Both types of faces evoked similar SC, HR, N200, and LPP responses.

These results reinforce Vico et al.'s interpretation of the electrophysiological responses elicited by loved faces in terms of intense positive affect, rather than undifferentiated emotional arousal. Our results also provide first evidence against an interpretation of the responses in terms of familiarity, in line with our second hypothesis. Below, we discuss the implications of our findings regarding the arousal and familiarity issues and present an integrated account of our results in relationship to the electrophysiological mechanisms that underlie filial and romantic love.

4.4.1. Positive valence versus undifferentiated emotional arousal

In Lang's picture viewing paradigm, zygomatic and HR responses are reliable indices of emotional valence, whereas SC and LPP are reliable indices of emotional arousal (Bradley & Lang, 2007a; Lang & Bradley, 2010). Highly arousing pleasant pictures, such as erotica and sports images, compared to neutral pictures, elicit increases in zygomatic activity and a pattern of HR accelerative changes similar to those elicited by the loved faces in our study. Conversely, highly arousing unpleasant pictures, such as mutilated faces and threatening images, compared to neutral pictures, elicit the opposite response pattern: decreases in zygomatic activity and HR decelerative changes. SC and LPP do not differentiate positive from negative emotions. Compared to low arousing pictures, both high arousing pleasant and unpleasant pictures elicit a pronounced

increase in SC and a large LPP identical to those responses elicited by loved faces in our study. Thus, our peripheral and central physiological measures consistently indicated that both positive valence and intense arousal are involved in the processing of loved faces, confirming the subjective indices. Given the presence of both positive valence and intense arousal, the physiological indices of arousal cannot be interpreted in terms of undifferentiated arousal. Instead, our data indicate that viewing loved faces induces strong feelings of positive affect (valence and arousal) accompanied by peripheral and central physiology specifically associated with intense positive emotions.

4.4.1.1. Positive valence versus familiarity

The control of familiarity (defined as a form of explicit memory; Voss & Paller, 2006, 2007) is always a major methodological problem in studies on the emotional processing of loved faces. ERP studies report that explicit memory for faces and words is associated with greater late positivity at posterior electrode locations. These are the same brain potentials recorded in studies using Lang's picture viewing paradigm with highly pleasant and unpleasant pictures (Palomba et al., 1997; Schupp et al., 2000, 2004; Cuthbert et al., 2000; Sabatinelli et al., 2007), as well as in studies on loved familiar faces (Herzmann et al., 2004; Bobes et al., 2007; Langeslag et al., 2007; Grasso et al., 2009). In the former studies, the greater positivity is interpreted in terms of emotional arousal because all pictures are novel and cannot evoke explicit memory. In the latter studies, however, facial familiarity is always confounded with the emotional response. Our study controlled for facial familiarity by contrasting two types of loved faces with different levels of familiarity. We hypothesized that if familiarity determines the electrophysiological response to loved faces, then we would observe larger responses to loved faces with higher familiarity (i.e., father faces). Our results do not support this prediction. Except for the P3 amplitude, all physiological responses showed similar or larger responses to the less familiar faces compared to the more familiar ones. The larger zygomatic response evoked by the less familiar face (i.e., romantic partners) can be explained by the higher positive emotionality presumably present in romantic love, due to the presence of sexual attraction, a love component absent in filial love. Similarly, the larger P3 amplitudes (an ERP component widely accepted to reflect cognitive processing; Polich, 2007) evoked by the more familiar face (i.e., fathers), can be explained by the greater amount of explicit memory presumably associated in our participants with fathers, due to the greater amount of time spent with them (Grasso et al., 2009).

4.4.1.2. Filial versus romantic love

The most remarkable finding of our study is the magnitude and consistency of the subjective and physiological responses elicited by loved faces, which clearly contrast with the responses elicited by unknown and baby faces. Baby faces, despite being the most pleasant IAPS pictures for women, elicited much smaller physiological responses in our female participants than loved familiar faces (except for HR), whereas unknown faces elicited even smaller responses. The consistency and magnitude of our findings were maintained when we compared the two loved faces with each other. Both father and boyfriend faces elicited similar large responses, with differences in one peripheral measure (zygomatic activity), one central measure (P3 amplitude), and three subjective measures (valence, arousal, and dominance). Romantic partners elicited a larger zygomatic and a smaller P3 amplitude response, which is consistent with their presumed higher positive emotionality and lower familiarity, respectively. Romantic partner faces also elicited higher feelings of positive emotion, arousal, and dominance than father faces, which is also consistent with the presumed higher emotionality of romantic partners (i.e., valence and arousal) and with an interpretation of the dominance scale in terms of protection or control (Vico et al., 2010): participants felt more protected or controlled when viewing the face of the father than when viewing the face of the romantic partner.

The three ERP components that differentiate loved faces from unknown and baby faces (N2, P3, and LPP) provide new insights on the temporal pattern of the cognitive processes that underlie filial and romantic love. The absence of differences in the N1 and N170 components suggests that these early components are not involved in the affective processing linked to identity recognition. The N2 is our first ERP component modulated by loved familiar faces. The N2 amplitude diminishes when participants view faces of their fathers and romantic partners, which is consistent with previous reports that the N2 reduces when mothers view pictures of their own children (Grasso et al., 2009). N2 has been interpreted in many different ways (Folstein & Van Petten, 2008). An interpretation is in terms of novelty processing (the reverse of familiarity): baby and unknown faces are more novel (less familiar) and consequently would show larger N2 than boyfriend and father faces (Ferrari, Bradley, Codispoti & Lang, 2009). An alternative interpretation, suggested by Grasso et al., (2009) in the context of mothers viewing faces of their own children, is in terms of action inhibition. If the later interpretation is correct, our data would suggest that when a face is recognized as that of a loved person either the action inhibition is suppressed or an opposite action disposition is activated presumably to facilitate approach behaviors. The N2 reduction is followed by P3 increases to loved

faces. P3 is considered an index of perceptual discrimination, which leads to top-down attention allocation for memory updating (Polich, 2007). In this study, the larger increase in P3 amplitude for father faces (compared to the boyfriend) might be interpreted as higher attentional allocation for the more familiar face. Finally, the subsequent LPP component modulated by loved faces is considered to reflect both motivational engagement (Schupp et al., 2004; Bradley, 2009) and explicit memory (Voss & Paller, 2006, 2007). Therefore, enhanced LPP amplitudes for both father and the romantic partner faces might be interpreted as the combined mobilization of motivational and attentional resources toward the most emotionally salient (romantic partner) and familiar (father) faces.

The magnitude and consistency of our findings highlight the value of simultaneously recording central and peripheral physiological measures, as well as subjective indices of valence, arousal, and dominance, to investigate the complex neurophysiological mechanisms that underlie filial and romantic love. Social psychologists conceptualize romantic love as involving three mechanisms: attachment, caregiving, and sexual attraction (Mikulincer & Goodman, 2006). These mechanisms share a common evolutionary function: to maintain and perpetuate the species. As Bartels & Zeki have suggested (Bartels & Zeki, 2000, 2004), they also share common neural mechanisms that are linked to positive emotions and reward. Their neuroimaging studies on the affective processing of loved faces have shown that both romantic and maternal love activate specific brain regions in the reward system and deactivate a common set of regions associated with negative emotions.

Recent studies have confirmed that reward areas (i.e., anteriorcingulate and striatum) and the medial prefrontal cortex are implicated in the processing of both loved faces and pleasant pictures from the IAPS (Bobes et al., 2007; Bobes, Quiñonez & Valdés-Sosa, 2010; Sabatinelli et al., 2007; Valdés-Sosa, Vega-Hernández, Sánchez-Bornot, Martínez-Montes & Bobes., 2009; Xu et al., 2011; Acevedo et al., 2011). These activated reward areas, together with the medial prefrontal cortex activation, contribute to guaranteeing attachment and cooperation between individuals (Tomasello et al., 2005; Amodio & Frith, 2006; Herrmann et al., 2007). These neural regions also contribute to the strong feelings of pleasantness, arousal, and protection (both giving and receiving) that characterize feelings of love, the differences between romantic and filial love relying on some indices of positive emotionality (higher for romantic than filial love) and some indices of familiarity (higher for filial than for romantic love). In summary, the present approach to study the affective processing of loved familiar faces integrates central and peripheral

physiological measures to disentangle the separate contributions of affective valence, emotional arousal, and familiarity, as well as to provide a comprehensive understanding of the complex mechanism underlying love. Our results allow us to conclude that viewing pictures of loved familiar faces elicits an intense positive emotional reaction that cannot be explained either by undifferentiated emotional arousal or familiarity.

Capítulo 5. Discusión.

Las emociones forman parte de nuestra vida y, podemos decir, que definen nuestras acciones, nuestras elecciones, nuestras conductas y, en definitiva, nuestra vida y por ello es importante que aprendamos a gestionarlas correctamente. Las emociones nos acompañan cada día en cada situación apareciendo por causas diversas (externas e internas), expresándose de formas distintas, con múltiples funciones y consecuencias para nosotros y para nuestro comportamiento. Las emociones nos hacen sentir de cierta manera por lo que se consideran estados afectivos subjetivos, pero también producen respuestas biológicas y cambios fisiológicos que preparan al cuerpo de forma adaptativa. Los cambios fisiológicos producidos por la emoción (el corazón y nuestra respiración se aceleran, los músculos se tensan, comenzamos a sudar...) nos preparan para luchar o huir de manera que sobrevivamos a un peligro potencial. Además, es importante considerar el componente social de las emociones. Los demás pueden captar que emoción estamos sintiendo a través de nuestras expresiones faciales y de nuestros cambios corporales estableciendo así una comunicación con las personas que nos rodean. Esta multidimensionalidad característica de la emoción confirma la dificultad histórica para entenderla y definirla. Y es posible que, precisamente esta dificultad de poder comprender completamente un aspecto tan presente en nuestra vida, sea lo que ha llevado a algunos investigadores a introducir la emoción en un laboratorio para observarla desde un punto de vista objetivo y llegar a conclusiones certeras.

Dentro del contexto psicológico, la emoción, por tanto, es entendida como un conjunto de experiencias que se suelen presentar prácticamente al mismo tiempo y tienen una finalidad concreta. De este modo el componente cognitivo-subjetivo aporta el estado afectivo de la emoción, su significado personal; el componente fisiológico incluye respuestas fisiológicas centrales y periféricas (somático y autonómico); el componente funcional ofrece estrategias para interactuar con el entorno y, por último, su componente expresivo es una herramienta fundamental para relacionarnos con los demás de manera adaptativa y comunicarnos de forma efectiva. Este componente nos permite interpretar las emociones de los demás y ajustar nuestra conducta en consecuencia. La emoción resulta entonces un campo fascinante pues envuelve a la persona en su totalidad, causando sus sentimientos y pensamientos, sus reacciones fisiológicas, sus intenciones y elecciones y, por supuesto, su conducta. Y además, supone un reto para los investigadores interesados por la dificultad que presenta su definición y su estudio

científico controlando la gran cantidad de variables que potencialmente pueden afectar a los resultados.

Los planteamientos teóricos de Lang y colaboradores (Lang, 1995), desarrollados a lo largo de más de tres décadas, han tenido una gran influencia en la investigación psicofisiológica sobre la emoción y han conseguido abordar los diferentes aspectos que componen la emoción superando concepciones históricas parciales, como se ha comentado anteriormente. Lang, como vimos anteriormente, considera la emoción como un fenómeno con tres sistemas de respuesta relativamente independientes: la conducta externa, los informes verbales y los cambios fisiológicos (Lang 1968). Partiendo de un análisis del fenómeno emocional que tiene en cuenta estos tres sistemas de respuesta, Lang llega a una definición de emoción como una “disposición a la acción” (Frijda, 1986) y propone un modelo teórico que implica la existencia de una organización jerárquica en la emoción con un nivel inferior donde predominan los patrones específicos de respuesta emocional y un nivel superior donde predominan las disposiciones dimensionales. Las emociones se manifiestan como conductas específicas que se originaron a lo largo de la evolución a partir de comportamientos básicos adaptativos. Pero estos actos específicos se pueden agrupar en tres dimensiones de respuesta: mayor o menor requerimiento de energía (intensidad), aproximación o evitación (valencia) y continuidad o interrupción de la secuencia conductual (control). Además, de acuerdo con su modelo bio-informacional, entiende la emoción como una disposición a la acción determinada por una estructura específica de información almacenada en la memoria. Cuando esta estructura se activa, se producen las manifestaciones cognitivas, conductuales y fisiológicas de la emoción. La estructura de información en la memoria es una estructura cognitiva formada por datos codificados formando una red asociativa y entre estos datos se encuentran también los datos relativos a las respuestas verbales, conductuales y fisiológicas de la emoción de forma que los componentes periféricos de la emoción están representados en la estructura central de información siendo, además, los que aportan el carácter afectivo-emocional a la estructura cognitiva.

Por tanto, el estudio del fenómeno emocional, como se ha indicado anteriormente, requiere la obtención de datos relativos a los tres sistemas de respuesta: el verbal-expresivo, el conductual y el fisiológico. Y, sin restar importancia a la información obtenida a través de los auto-informes, es necesario emplear datos fisiológicos y conductuales que nos ofrezcan información acerca de aspectos de la emoción claves como los procesos emocionales pre-conscientes y los cambios emocionales que ocurren en tiempos demasiado rápidos como para detectarlos a través de otro tipo de registros.

Para ello el empleo de registros psicofisiológicos centrales y periféricos en el estudio de la emoción así como el uso de técnicas de neuroimagen, han supuesto un avance significativo en la investigación científica de este campo.

Centrándonos en el objeto de estudio de la presente tesis, hay que destacar que durante la historia de la humanidad, uno de los estímulos más importantes para el hombre ha sido y es el rostro humano (Kanwisher & Moscovitch, 2000; Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000; Lopera, 2000). El rostro ha sido objeto de estudio en muchas investigaciones relacionadas con la emoción. En este campo destaca el estudio del papel de las expresiones faciales emocionales. Los dos sistemas de puntuación facial más populares en uso son el "Facial Action Coding System" de Paul Ekman y Wallace Friesen (FACS, Ekman y Friesen, 1978) y el "Maximally Discriminative Facial Movement Coding System" de Carroll Izard (MAX, Izard, 1979). En los dos sistemas de puntuaciones se combinan patrones específicos de conducta facial para expresar emociones discretas. Charles Darwin sostenía que la expresión facial de las emociones es universal, pero las imperfecciones de sus trabajos facilitaron la oposición de sus adversarios, para quienes las expresiones del rostro son modeladas por la cultura. De hecho, desde 1920 hasta 1960, muchos psicólogos importantes manifestaban que las expresiones faciales constituían un factor socialmente aprendido y variable dependiendo de la cultura sin existir una relación fija entre la expresión y su significado (Bruner & Tagiuri, 1954; Hunt, 1941; Klineberg, 1938; Landis, 1924; Munn, 1940). Pero en 1970 comenzaron a realizarse estudios que obtenían resultados contrarios a las suposiciones anteriores (Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972; Izard, 1971). En estos estudios se mostraban diferentes fotografías de expresiones faciales representadas por personas de diferentes culturas y se examinaba la identificación de las emociones de los observadores. Los resultados mostraron un gran acuerdo entre los criterios de personas procedentes de culturas diferentes cuando evaluaban emociones de alegría, ira, miedo, tristeza, asco y sorpresa. Estos datos defienden la universalidad de las emociones pero resulta interesante observar como la cultura influye a la hora de realizar expresiones faciales en contextos sociales. De hecho, algunos estudios en los que se comparan expresiones faciales de japoneses y americanos en contexto de laboratorio cuando estaban a solas y cuando se encontraban con otras personas (Ekman & Friesen, 1971; Ekman, 1972) encuentran que solo existen diferencias en las expresiones cuando los participantes están frente a otras personas. Estos resultados, unidos a otras evidencias, nos llevan a confirmar la universalidad de las expresiones faciales como defendió Tomkins (1962) y mucho antes Darwin (1872). Estas investigaciones son un ejemplo del papel del rostro y, en este caso, de las expresiones faciales en la comprensión más profunda de las

DISCUSIÓN

emociones. Su importancia es mayor si consideramos que el rostro no solo expresa la emoción permitiendo su identificación sino que también puede provocarla. De hecho, cuando una persona genera una emoción adoptando las acciones físicas asociadas como sonreír, por ejemplo, para generar alegría, los cambios musculares faciales voluntarios producen cambios involuntarios en la actividad del sistema nervioso autónomo (Ekman et al., 1983).

Los estudios interesados en la investigación de la emoción a través del rostro humano utilizan diferentes tipos de estímulos. Algunos emplean fotografías con rostros expresando emociones o con gestos neutrales (Ekman & Friesen, 1975, 1976, 1978). Otros científicos han empleado dibujos con formas esquemáticas de rostros mostrando un gesto neutral, feliz e infeliz (Öhman et al., 2001). Algunas investigaciones, mediante condicionamiento clásico, asocian fotografías de caras con diferente contenido emocional a ruidos blancos, estudiando el papel de la amígdala en el aprendizaje humano (Morris, Öhman & Dolan 1998). Otros estudios interesados en el papel de cada hemisferio en la percepción de emociones, han encontrado, que el hemisferio izquierdo se relaciona más con la experiencia y expresión de estímulos afectivos positivos. Los participantes experimentan un sentimiento más intenso de felicidad cuando se presenta un rostro alegre en su campo visual derecho, es decir, en el hemisferio izquierdo (Davidson, Mednick, Moss, Saron & Schaffer, 1987). Por su parte, los estudios con bebés que visualizan las caras de sus madres y de personas desconocidas, (Fox & Davidson, 1987, 1988) ponen en evidencia la presencia precoz en el ser humano de cambios fisiológicos relacionados con las emociones y, además, resaltan los beneficios de incluir, en las investigaciones sobre las emociones, rostros de personas familiares para el participante frente a la visualización de rostros desconocidos.

El procesamiento de caras y, en particular, el procesamiento de la identidad facial, es un tema que ha recibido mucho interés en el campo de la neurociencia. La cara es un estímulo presente en todas las relaciones interindividuales y sociales encontrándose en ella las claves de la identidad de las personas, además de los signos que acompañan a la comunicación verbal y a las expresiones emocionales. Por tanto, se puede asumir que el cerebro humano dispone de mecanismos específicos para codificar, discriminar y reconocer caras. Los datos aportados por la Neuropsicología tienen una gran importancia en este campo puesto que permiten constatar la disociación que se produce entre el procesamiento de caras y el procesamiento de otras categorías de estímulos. A través de estudios con pacientes con trastornos neuropsicológicos como la Prosopagnosia o el síndrome de Capgras, como vimos anteriormente, se ha podido determinar la existencia

de zonas cerebrales implicadas en la activación afectiva, intacta en los pacientes con Prosopagnosia, (Bauer, 1984; Tranel & Damasio, 1985) y relacionadas con la ruta cognitiva, sin daños en pacientes con síndrome de Capgras, (Ellis et al., 1997; Hirstein & Ramachandran, 1997).

En resumen, los estudios sobre el procesamiento de caras apuntan a la existencia de mecanismos afectivos y cognitivos que pueden ser de gran relevancia para avanzar en el conocimiento de los procesos que regulan las emociones tanto positivas como negativas. Siguiendo esta idea, la presente investigación pretende profundizar en los mecanismos psicofisiológicos de las emociones positivas utilizando como paradigma de investigación la visualización de caras de personas queridas. Para ello se diseñaron dos estudios que ponen de manifiesto la importancia de emplear registros fisiológicos centrales y periféricos así como medidas subjetivas en el contexto experimental de la emoción. De esta forma se superan limitaciones de interpretación de los resultados encontrados en estudios anteriores que se decantan por el registro psicofisiológico de un solo tipo de variables y puede observarse de forma específica la aportación de factores implicados que en numerosas investigaciones no se han diferenciado creando confusión, interfiriendo entre ellos y enmascarando el verdadero efecto de la emoción. Estos factores son la valencia afectiva, el arousal emocional y la familiaridad. Esta diferenciación nos permite discriminar de los resultados obtenidos los mecanismos corticales y periféricos implicados en las emociones positivas y, en concreto, en el Amor. Una emoción universal que contribuye al bienestar de las personas y a la supervivencia de las especies. Una emoción reconocida en todos los ámbitos del ser humano como la emoción universal, implicada en nuestras relaciones interpersonales más importantes, y muy difícil de estudiar en el ámbito experimental.

5.1. VALENCIA VERSUS AROUSAL

Los resultados obtenidos en los estudios presentados, basados en el registro de respuestas autonómicas y somáticas y en la realización de medidas subjetivas por las participantes a partir de la visualización de caras de personas queridas, nos llevan a determinar que las participantes experimentan una emoción positiva intensa. Esta experiencia incluye dos factores determinantes: la valencia positiva y el arousal emocional.

5.1.1. VARIABLES FISIOLÓGICAS PERIFÉRICAS

Si centramos nuestra atención únicamente en las variables fisiológicas periféricas registradas, los resultados nos llevan a determinar que en el procesamiento de caras queridas, tanto la valencia positiva como el alto arousal emocional están presentes en el procesamiento afectivo jugando un papel importante. De este modo, la tasa cardiaca y la actividad electromiográfica del músculo cigomático, que indican la valencia emocional del estímulo presentado diferenciando entre emociones positivas y negativas, mostraban en nuestros estudios un incremento en su actividad, en el caso del músculo cigomático, y un patrón acelerativo en el caso de la tasa cardiaca, cuando las participantes visualizaban las imágenes de caras queridas. Estos mismos resultados se observan durante el paradigma de visualización pasiva de imágenes cuando se visualizan imágenes agradables y de alto arousal emocional (Bradley & Lang, 2007a). Es más, en este paradigma, las imágenes desagradables con alto arousal emocional producen los efectos contrarios en ambas variables psicofisiológicas. La conductancia cutánea por su parte, relacionada con la intensidad de la emoción y, por tanto, con el arousal emocional (Lang & Bradley, 2010), mostró cambios significativos ante las caras de personas queridas. Esta variable no permite diferenciar entre emociones positivas y negativas ya que reacciona ante imágenes agradables y desagradables siempre que sean de alto arousal, disminuyendo su intensidad ante estímulos de bajo arousal, independientemente de la valencia emocional experimentada.

5.1.2. VARIABLES FISIOLÓGICAS CENTRALES

Considerando la ventaja del uso combinado de medidas fisiológicas centrales y periféricas que caracteriza nuestros estudios, podemos centrarnos por un momento en los resultados obtenidos a través de las medidas fisiológicas centrales para profundizar más en los aspectos relacionados con los efectos de la valencia afectiva y el arousal emocional. En el paradigma de visualización pasiva de imágenes, la onda de positividad tardía (LPP), del mismo modo que le ocurre a la conductancia eléctrica de la piel, no se activa de forma diferente en función de la valencia del estímulo. De hecho, ambas muestran un patrón de activación diferenciado cuando las participantes visualizan imágenes de alto arousal, en comparación con las imágenes de bajo arousal, independientemente de su valencia. En nuestros estudios ambas variables elicitaron este incremento de activación en respuesta a las caras queridas por las participantes.

Además, en nuestros estudios, se encontró un incremento fuertemente significativo en la amplitud de los componentes P3 y LPP cuando las participantes visualizaban las caras de personas queridas, incluso cuando la tasa de presentación era lenta, bloque de presentación diseñado para optimizar el registro de medidas periféricas y no centrales, con un número de ensayos necesariamente menor que para la tasa rápida (solo 10 ensayos por sujeto y categoría) y con largos intervalos entre-estímulos (16-20 segundos). Este resultado confirma los descubrimientos previos de potenciales evocados como índices que pueden obtenerse durante la investigación emocional también usando un número reducido de ensayos e intervalos largos entre-estímulos (Schupp et al., 2003).

Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas a través de las cinco categorías de caras en la amplitud del componente N1. Este componente ha sido interpretado como un índice del procesamiento perceptual (Vogel & Luck, 2000).

Por tanto, tanto las medidas fisiológicas periféricas como las centrales confirman que tanto la valencia afectiva como el arousal emocional están implicados en el procesamiento de caras queridas, aspecto que, como veremos, confirman también los índices subjetivos. La visualización de caras queridas, por tanto, produce cambios fisiológicos centrales y periféricos asociados específicamente con emociones positivas intensas implicando ambos factores, valencia afectiva y arousal emocional.

5.1.3. MEDIDAS SUBJETIVAS

Nuestros estudios emplearon el registro de medidas subjetivas para profundizar en los diferentes factores implicados en el procesamiento afectivo de caras queridas y para discriminar el efecto de cada uno. En este sentido las caras queridas, que contienen un alto nivel de agradabilidad y de intensidad, obtuvieron las mayores puntuaciones en valencia afectiva y arousal emocional en comparación con la visualización de otras categorías de caras. Este resultado se corresponde con los encontrados en relación a los registros de respuestas fisiológicas centrales y periféricas encontrados. Además, los análisis realizados dentro de la categoría de caras queridas, reflejaron incrementos en variables periféricas (conductancia cutánea y actividad del músculo cigomático) durante la visualización de la cara de la pareja en comparación con la cara de familiares o amigos.

Las medidas subjetivas además, aportaron información muy valiosa. Se encontró una correlación negativa entre la escala de dominancia y la de valencia afectiva y arousal emocional contraria a la esperada (Bradley & Lang, 2007a). Curiosamente esta

correlación ha sido encontrada en investigaciones sobre adicciones y desórdenes de alimentación (Muñoz et al., 2009; Rodríguez et al., 2005; Rodríguez et al., 2007). Desde estas investigaciones se refuerza la percepción de la dominancia como una dimensión subjetiva independiente y demuestra que la correlación positiva, negativa o la inexistencia de correlación con la valencia afectiva y el arousal emocional dependen del contexto de investigación.

En nuestros estudios las caras de bebés elicitaron una correlación positiva entre las tres dimensiones de la escala, sin embargo, las caras queridas mostraron la relación opuesta. El hecho de que las caras queridas produzcan altos niveles de agradabilidad y de intensidad pero sean percibidas como menos dominantes y que los bebés eliciten altos niveles en todas las dimensiones, puede ser interpretado en términos de protección o control. En el caso de los bebés, las participantes expresan sentimientos de protección hacia el bebé, lo cual actúa a favor de la supervivencia de la especie y, sin embargo, las caras de personas queridas eliciten sentimientos relacionados con sentirse protegidas.

5.2. FAMILIARIDAD

En la investigación científica de la emoción resulta imprescindible determinar si los resultados obtenidos se pueden deber a la familiaridad producida por el contacto directo con la persona de la cual se presenta la imagen. La familiaridad la entendemos como el contenido de la memoria explícita que tenemos acerca de esa persona (Voss & Paller, 2006, 2007). Cuanto más tiempo hayamos pasado con esa persona, mayor información sobre su cara tendremos y más familiar será para nosotros. Los estudios emplean diferentes métodos para controlar este efecto. De este modo, se incluyen entre las categorías de imágenes, rostros conocidos, caras de gente famosa, caras de amigos o caras recién aprendidas en contexto de laboratorio. Pero la familiaridad que producen las caras de personas queridas de nuestro entorno, como padres, hermanos o parejas será superior a la expresada por las caras control pues el tiempo transcurrido con ellos es mayor y existe más información sobre ellas en nuestra memoria explícita (Grasso et al., 2009).

Teniendo en cuenta la importancia del efecto de la familiaridad y los resultados de nuestros estudios, podemos afirmar que, aunque el primer estudio no fue diseñado para controlar la familiaridad de las caras presentadas si se realizaron dos tipos de comparaciones que pueden llevar a conclusiones interesantes. Se compararon caras de personas famosas, hacia las que las participantes no sentían ninguna emoción, agradable ni desagradable, con caras completamente desconocidas. Los resultados de

esta comparación muestran una amplitud mayor de LPP para las caras de famosos (solo en el bloque de presentación rápido) y una puntuación subjetiva más alta en valencia positiva. Las medidas fisiológicas periféricas registradas no diferenciaron las caras de famosos de las caras desconocidas.

Es interesante considerar que los estudios de potenciales evocados encuentran asociación entre las caras familiares y un aumento de amplitud de las positividads tardías en localizaciones de electrodos posteriores (Eimer, 2000; Voss & Paller, 2006; Yovel & Paller, 2004). Estos mismos potenciales cerebrales se encuentran en estudios de caras queridas familiares (Bobes et al., 2007; Grasso et al., 2009; Herzmann et al., 2004; Langeslag et al., 2007) y en aquellos que usan paradigmas de visualización pasiva de imágenes con imágenes altamente agradables y desagradables (Palomba et al., 1997; Schupp et. al, 2000, 2004; Cuthbert et al., 2000; Sabatinelli et al., 2007). En estos últimos estudios, el efecto ha sido interpretado en términos de arousal emocional, ya que los estímulos de imágenes son novedosos y no hay memoria explícita participando en esta tarea. En los primeros estudios, sin embargo, la familiaridad de las caras queridas se encuentra combinada con las respuestas emocionales.

En algunos estudios se ha relacionado la conductancia cutánea, así como los índices de ERP, con la familiaridad del estímulo y no con el arousal emocional identificando ambas variables con factores de memoria y atencionales (Dawson et al., 2007; Jennings, 1986). En nuestro primer estudio pudimos contrastar estos datos a través de una segunda comparación en la que se observaban los resultados obtenidos para cada subcategoría dentro de la categoría de caras queridas. Los resultados mostraron una mayor respuesta de conductancia cutánea para la cara de la pareja que para las caras de los padres, hermanos y amigos y los informes subjetivos puntuaban más alto en la dimensión de arousal emocional. Estos resultados sugieren que el arousal emocional, más que la familiaridad, es el factor que más contribuye en el aumento de la respuesta en conductancia cutánea hacia caras queridas encontrada en este estudio ya que los padres y hermanos, que deben ser más familiares para las participantes que las de las parejas al haber pasado más tiempo junto a ellos, obtuvieron respuestas en conductancia más bajas respecto a las parejas, y lo mismo ocurre con los amigos, los cuales eran probablemente igual o menos familiares que las de la pareja.

Nuestro segundo estudio si fue diseñado específicamente para controlar el efecto de la familiaridad facial y del arousal emocional sobre nuestros resultados. Observamos mayores respuestas en las medidas fisiológicas periféricas registradas y en los informes subjetivos en relación con las caras de las parejas, es decir, las menos familiares y

mayores amplitudes del P3 para las caras de los padres (con mayor familiaridad). Esto resulta coherente pues este componente se ha relacionado en numerosas ocasiones con mecanismos de procesamiento cognitivo (Polich, 2007) y, sobre el padre es sobre quien las participantes poseen mayor cantidad de información en la memoria debido a la mayor cantidad de tiempo pasado con ellos (Grasso et al., 2009).

Por su parte, la mayor respuesta del músculo cigomático evocada por la cara menos familiar (parejas) puede ser explicada por la existencia de una emocionalidad más positiva presente en el amor romántico, debido a la presencia de componentes como la atracción sexual, que no se encuentran en el amor filial.

Por último cabe destacar que la tasa cardiaca y la actividad del músculo cigomático, constituyen las medidas fisiológicas registradas en nuestros estudios que no pueden ser interpretadas en términos de familiaridad ya que ambas medidas muestran patrones de respuesta específicamente asociados con valencia emocional positiva.

5.3. AMOR ROMÁNTICO VERSUS AMOR FILIAL

El interés por diferenciar el amor romántico del amor dirigido a otras personas como familiares o amigos ha crecido en diferentes ámbitos de la Psicología. En concreto, los psicólogos sociales han conceptualizado que el amor romántico implica la acción de tres mecanismos: el apego, el cuidado y la atracción sexual (Mikulincer & Goodman, 2006). Si nos paramos un momento a reflexionar sobre estos tres factores podemos llegar a la conclusión de que todos estos mecanismos son necesarios para mantener con vida nuestra especie tal y como ya sugerían Bartels y Zeki (2000, 2004). Ellos profundizaron en este contexto y desarrollaron estudios de neuroimagen basados en la diferenciación entre amor romántico y amor filial a través del procesamiento afectivo de caras. Encontraron que ambos tipos de amor activan regiones específicas del cerebro relacionadas con el sistema de recompensa. Además, tanto el amor romántico como el filial, desactivan regiones comunes relacionadas con emociones negativas. Estudios posteriores confirmaron que efectivamente estas áreas de recompensa (cingulado anterior y striatum) y el córtex prefrontal medial están implicadas en el procesamiento de caras queridas y de imágenes agradables del IAPS (Bobes et al., 2007, 2010; Sabatinelli et al., 2007; Valdés-Sosa et al., 2009; Xu et al., 2011; Acevedo et al., 2011). La activación de estas áreas de recompensa y la del córtex prefrontal medial, contribuyen a garantizar mecanismos de apego y colaboración entre individuos (Tomasello et al., 2005; Amodio & Frith, 2006; Herrmann et al., 2007). Estas regiones neuronales participan entonces en la creación de fuertes sentimientos de agradabilidad, arousal y la protección mutua que

sentimos cuando amamos a alguien. Descubrimientos similares relacionados con la activación de regiones del sistema de recompensa (área ventral tegmental, striatum dorsal, caudado) se han observado posteriormente en periodos tempranos (Xu et al., 2011) y periodos tardíos (Acevedo et al., 2011) cuando los participantes visualizaban caras de sus parejas. Usando el paradigma de visualización de imágenes, se han examinado también las estructuras activadas cuando los participantes visualizan imágenes agradables (eróticas, parejas románticas) neutrales (gente inexpresiva) y desagradables (cuerpos mutilados, operaciones dentales, gente amenazadora) (Sabatinelli et al., 2007). En este estudio, solo las imágenes agradables activaron el córtex prefrontal medial y el núcleo accumbens, consistente con el punto de vista de que estas estructuras están implicadas en el sistema de recompensa. Finalmente, Bobes y colegas investigaron los componentes de ERP implicados y las estructuras cerebrales activadas en un contexto de visualización de caras conocidas con carga emocional, comparado con caras desconocidas y con caras aprendidas artificialmente (Bobes et al., 2007, 2010; Valdés-Sosa et al., 2009). Encontraron un potencial específico frontal, el componente P3, evocado por las caras conocidas cargadas emocionalmente con actividad en el córtex orbitofrontal medial, rectus, insula y cíngulo anterior. Las respuestas de BOLD hacia el mismo tipo de caras confirmaron la implicación del córtex orbitofrontal medial y el cíngulo anterior en el procesamiento de caras conocidas cargadas emocionalmente.

A partir de los resultados tan consistentes obtenidos en nuestro primer estudio y de revisar estudios previos muy interesantes, necesitábamos profundizar en las diferencias existentes dentro de la categoría de caras queridas. Partíamos de la base de que las diferencias entre amor romántico y amor filial se basan en índices de emocionalidad positiva (mayor para amor romántico que filial) y en índices de familiaridad (mayor para amor filial que para romántico). De esta forma nos propusimos descubrir aspectos relacionados directamente con la familiaridad de los estímulos, es decir, con la cantidad de información que tenemos de ellos antes de la sesión experimental, así como sobre registros relacionados más directamente con la emocionalidad del estímulo. Para ello diseñamos nuestro segundo estudio enfocado en la diferenciación de dos emociones íntimas e intensas pero que presentan diferencias entre sí: el amor romántico y el amor filial. Los resultados mostraron una gran consistencia. Las caras de bebés, a pesar de ser las imágenes del IAPS más agradables para las mujeres, elicitaban respuestas fisiológicas más pequeñas que las caras queridas (excepto para la tasa cardiaca), mientras las caras desconocidas elicitaban incluso respuestas más pequeñas. Entrando a diferenciar específicamente ambos tipos de amor, encontramos que la cara de los

padres y de las parejas elicitaron grandes respuestas. Las diferencias se encontraron en la actividad del cigomático, en la amplitud del P3 y en las tres dimensiones subjetivas evaluadas. Tal y como se esperaba, las parejas elicitaron mayores respuestas del músculo cigomático y una amplitud más pequeña del P3 ya que se trata de un estímulo de mayor emocionalidad positiva y de menor familiaridad, respectivamente. Las participantes evaluaron las caras de las parejas con mayor puntuación en valencia positiva, arousal emocional y dominancia que las caras de los padres. Esto es evidente ya que existe una mayor emocionalidad respecto a la pareja por lo que las dimensiones de valencia y arousal están más implicadas y, además, puntúan más alto en la escala de dominancia indicando sensación de protección y control respecto a su pareja y sensación de sentirse protegidas ante la cara de su padre.

En este segundo estudio además, conseguimos profundizar en el patrón temporal de los procesos cognitivos implicados en el amor romántico y en el amor filial. Esto fue posible a través de la observación de tres componentes de ERP que diferencian caras queridas de caras desconocidas y de bebés. Estos componentes son N2, P3 y LPP. Los componentes N1 y N170 mostraron ausencia de diferencias entre las categorías sugiriendo que estos componentes tempranos no están implicados en el procesamiento afectivo de caras relacionado con el reconocimiento de la identidad.

El N2 es el primer componente de ERP modulado por caras familiares queridas en nuestro estudio. En otros estudios se encuentra que el N2 se reduce cuando las madres visualizan a sus propios hijos (Grasso et al., 2009), por lo que no nos sorprendió encontrar que la amplitud del N2 fue menor para las caras de los padres y también de sus parejas. Este componente ha recibido diferentes interpretaciones (Folstein & Van Petten, 2008). Una de ellas hace referencia a que este componente aumenta su amplitud durante el procesamiento de un estímulo novedoso. Esto es coherente con nuestros resultados ya que los bebés y las caras desconocidas elicitaban respuestas de N2 mayores que las caras de padres y parejas más familiares para las participantes. Pero Grasso y colaboradores (2009) sugirieron otra interpretación para este componente relacionándolo con un mecanismo de acción implicado en la inhibición de la conducta. De este modo, cuando una cara es reconocida como de una persona querida esta inhibición es suprimida o una disposición a la acción opuesta es activada de manera que se facilita un comportamiento de aproximación.

El incremento de P3, índice de discriminación perceptual, encontrado hacia caras queridas, tras la reducción observada del componente N2, se puede interpretar como una distribución atencional mayor para la cara que resulta más familiar, en concreto en

nuestro estudio para la cara del padre. De hecho, las caras de los padres elicitaban amplitudes de P3 mayores en Fz y Cz que las caras de parejas románticas. Este aumento de amplitud representa la distribución de la atención realizada para actualizar la información de la memoria (Polich, 2007).

Por último, el componente LPP posterior modulado por las caras queridas se considera un reflejo de ambas implicaciones motivacional (Schupp et al., 2004; Bradley, 2009) y de memoria explícita (Voss & Paller, 2006, 2007). Por lo tanto, las amplitudes de LPP realizadas para ambas caras de padres y pareja romántica pueden ser interpretadas como la movilización combinada de fuentes atencionales y motivacionales hacia las caras más destacadas emocionalmente (pareja romántica) y más familiares (padre). En otros estudios, Lang y colegas (Lang & Bradley, 2010) emplearon técnicas de registro de potenciales evocados y de neuroimagen para identificar las estructuras cerebrales que subyacen al componente LPP cuando los sujetos visualizan imágenes agradables y desagradables. Encontraron un aumento de activación de este componente en relación a ambos tipos de imágenes emocionales, comparado con las neutrales, en regiones occipitales y parietales implicadas en el procesamiento visual secundario, así como en la amígdala y en el córtex infero-temporal (Sabatinelli et al., 2005, 2007). Lang y Bradley postulan que esta gran amplitud y su duración sostenida en estas regiones cerebrales pueden atribuirse a las proyecciones de re-entrada hacia el sistema sensorial desde los circuitos motivacionales cerebrales relacionados con el núcleo central de la amígdala.

Cabe destacar que la magnitud y consistencia de nuestros descubrimientos ponen en evidencia la importancia de registrar de forma simultánea medidas fisiológicas centrales y periféricas, además de índices subjetivos de valencia afectiva, arousal emocional y dominancia, para investigar las emociones y, en concreto la que más nos interesa aquí que es el Amor.

5.4. USO COMBINADO DE MEDIDAS INTEGRADAS

Como hemos comentado anteriormente, el procesamiento afectivo de caras queridas incluye un patrón complejo de respuestas neurofisiológicas lo cual requiere de forma determinante usar la combinación de registros fisiológicos centrales y periféricos además del empleo de medidas subjetivas. De esta forma, a pesar de aumentar la dificultad de la investigación, podemos extraer de los resultados el papel de los diferentes factores que están participando (valencia afectiva, arousal emocional, familiaridad) y determinar su implicación en los diferentes aspectos del procesamiento afectivo de caras. El registro simultáneo de medidas fisiológicas centrales y periféricas ha sido posible en

nuestros estudios debido al uso del paradigma de visualización pasiva de imágenes. Esta combinación de medidas fisiológicas y subjetivas hace posible llegar a conclusiones consistentes como las que se derivan de nuestros estudios. Entonces podemos afirmar que cuando las participantes están visualizando las caras de personas queridas, experimentan fuertes sentimientos de afecto positivo y arousal emocional, además de sentirse protegidas y estar seguras. Sin embargo, cuando las caras que visualizan pertenecen a bebés, estos últimos sentimientos se transforman en sentimientos de protección relacionados con la escala de dominancia. Gracias al registro de medidas fisiológicas periféricas encontramos que las caras queridas elicitaban un patrón de respuestas autonómicas (tasa cardíaca) y somáticas (actividad del músculo cigomático) asociadas con emociones positivas, además de una respuesta fuerte simpática (conductancia cutánea) indicativa de arousal emocional. Por su parte, las medidas fisiológicas centrales, revelan que los componentes P3 y LPP del ERP diferencian claramente caras queridas del resto de categorías de caras. Como comentamos anteriormente, el incremento de la amplitud del P3 elicitado durante la visualización de caras queridas puede ser interpretado en términos de discriminación natural de caras y también como reconocimiento facial, además en un signo de fijación de la atención hacia esas caras.

Por otra parte, el componente LPP ha sido considerado un componente de ERP que refleja implicación motivacional (Lang et al., 1997; Schupp et al., 2004) y la recuperación de memoria explícita asociada con caras familiares (Voss & Paller, 2006, 2007). Por tanto, el aumento de amplitud del LPP obtenida en nuestros estudios puede ser interpretado como una dirección de la atención hacia las caras más familiares y agradables, relacionada con aspectos o características de esa persona querida.

Considerando de forma conjunta los resultados expuestos en este apartado, obtenidos gracias al registro simultáneo de variables fisiológicas centrales y periféricas y al uso de medias subjetivas, podemos dar un paso más e incorporar dentro del estudio del procesamiento afectivo de caras queridas un circuito periférico a la compleja red neuronal implicada en el procesamiento de caras queridas. Se puede describir un esquema simplificado de esta red basándonos en la integración de descubrimientos previos (Adolphs, 2002; Critchley et al., 2004; Fairhall & Ishai, 2007; Gobbini & Haxby, 2007; Zeki, 2007) y de los resultados obtenidos en nuestros estudios. Inicialmente, la red es activada funcionalmente en un sistema nuclear integrado por áreas cerebrales específicas en la región visual (giro inferior occipital, giro fusiforme lateral y sulcus temporal superior), lo que lleva a la percepción de caras y al reconocimiento de su

identidad personal. Este sistema nuclear, accede a las redes extendidas del procesamiento semántico, biográfico y de la memoria episódica sobre la persona que estamos visualizando, incluyendo al córtex temporal anterior, paracingulado anterior y precuneus. En este momento, si la cara es identificada como de una persona querida, las zonas cerebrales implicadas en el procesamiento emocional (como córtex orbital frontal e ínsula) también se activan. El sistema emocional activado produce a continuación respuestas fisiológicas periféricas relacionadas con las emociones positivas (expresiones faciales y reacciones autonómicas de la persona que las visualiza), proporcionando feedback simultáneos a la red central para facilitar el procesamiento cognitivo y dirigir la atención hacia esas caras.

En resumen, podemos afirmar que la presente aproximación al estudio del procesamiento afectivo de caras queridas integra medidas fisiológicas centrales y periféricas, además de medidas subjetivas, para determinar por separado las contribuciones de la valencia afectiva, el arousal emocional y la familiaridad, así como para proporcionar un entendimiento integral del complejo mecanismo neurofisiológico subyacente al Amor. Nuestros resultados nos permiten concluir que la visualización de imágenes de caras queridas elicitaba una reacción emocional intensa positiva que no puede ser explicada ni por arousal emocional indiferenciado ni por familiaridad. Es evidente que el arousal emocional y la familiaridad están implicados en el procesamiento de caras queridas. De hecho, la respuesta emocional positiva se produce cuando el sistema motivacional/emocional apetitivo se activa después de que el estímulo facial se haya procesado perceptualmente y se haya reconocido la cara, dando acceso a la memoria biográfica y episódica sobre la persona (Gobbini & Haxby, 2007; Lang & Bradley, 2010). De este modo, la familiaridad es una condición necesaria, pero no suficiente, para que la respuesta emocional tenga lugar. Si la cara es identificada como de un ser querido, las áreas corticales y subcorticales implicadas en el procesamiento emocional de caras se activan elicitando respuestas periféricas autonómicas y somáticas. Estas respuestas contribuyen a la intensidad (arousal) y a la dirección de la respuesta emocional (valencia positiva), proporcionando retroalimentación simultánea hacia los circuitos cerebrales centrales, para facilitar un mayor procesamiento cognitivo del estímulo y dirigir la atención hacia la cara queridas.

Además, tal y como pretendíamos con esta investigación, hemos podido comprobar las ventajas de emplear imágenes de caras de personas queridas conocidas en lugar de las imágenes agradables procedentes del IAPS en el contexto de estudio del procesamiento afectivo de caras superando así las dificultades que se han encontrado en

investigaciones anteriores. Estas dificultades están relacionadas con la duda que existe sobre si las imágenes sexuales pueden considerarse imágenes inductoras de emociones positivas en sentido estricto. Además, en el caso de las mujeres, es evidente que las imágenes sexuales no son evaluadas como las más positivas. Y las que si lo son, las imágenes de bebés y familias, tienden a ser evaluadas como poco activantes (con bajo arousal emocional), lo que impide realizar comparaciones bien controladas con las imágenes negativas que si son evaluadas con alto arousal. Por tanto, la metodología empleada en nuestros estudios puede servir de referencia para otros estudios científicos sobre emoción.

5.5. LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS

Nuestros estudios no están exentos de limitaciones metodológicas. Mencionamos aquí algunas de las más representativas. El hecho de haber contado únicamente con mujeres como participantes en nuestros dos estudios limita la capacidad de generalizar los resultados obtenidos a la población masculina. Trabajar con una muestra equitativa de hombres y mujeres, ampliaría el conocimiento adquirido sobre el procesamiento afectivo de caras por lo que constituye un objetivo para futuras investigaciones. Además, en el primer estudio, la familiaridad no pudo controlarse correctamente debido a que las caras familiares de cada participante no coincidían en todos los casos, excepto en el caso de la pareja romántica.

Por otra parte, en nuestro segundo estudio, debido al reducido número de caras queridas y de repeticiones de las caras, no se pudieron agrupar las respuestas de ERP en subcategorías de caras queridas. Esta y otras limitaciones de nuestro estudio, tales como la ausencia de una métrica precisa de la familiaridad (como la cantidad de tiempo pasado con las personas pertenecientes a las diferentes categorías, el número de encuentros previos, la duración de la relación o la cantidad de conocimiento sobre la persona), impiden profundizar más sobre la asociación entre mecanismos cerebrales de familiaridad y de emoción que investigaciones futuras podrán aclarar.

5.6. PERSPECTIVAS FUTURAS

La combinación de registros de medidas fisiológicas centrales y periféricas además del empleo de medidas subjetivas, supone un avance en cuanto a precisión y consistencia de los resultados. Esta metodología puede beneficiar el estudio científico de la emoción y permitir el avance en algunos campos como puede ser el estudio clínico de déficits emocionales y/o cognitivos presentes en pacientes con enfermedades como la

Prosopagnosia o el síndrome de Capgras. En futuras investigaciones nos planteamos la incorporación de técnicas de neuroimagen en nuestros estudios para obtener mayor información sobre las estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento emocional de caras queridas. Esto constituiría un avance importante en este contexto de investigación.

Sería interesante incorporar diversos estímulos en la fase experimental, como nombres escritos de personas queridas, para comprobar la generalización de los datos encontrados partiendo de estímulos diferentes a las fotografías de caras.

Otra perspectiva de futuro sería incluir el estudio de reacciones defensivas dentro del paradigma de visualización de caras queridas para profundizar sobre el efecto los sentimientos elicitados por las caras queridas en dichas reacciones. Sospechamos que la visualización de caras queridas pueda contrarrestar la acción del reflejo de sobresalto al activar el sistema motivacional apetitivo opuesto al defensivo activado durante dicho reflejo. Si la fuerza de acción del sistema motivacional apetitivo consigue inhibir la potencia del reflejo de sobresalto, podríamos dar base científica a la expresión tan popular “El Amor lo cura todo” considerando los beneficios que las relaciones cercanas de amor y apoyo podrían tener en la prevención de enfermedades físicas y mentales o en la gestión del estrés y de la ansiedad.

Capítulo 6. Conclusiones Finales.

- En nuestros estudios investigamos índices electrofisiológicos centrales y periféricos así como medidas subjetivas asociados con la percepción de caras queridas.
- Ambas medidas electrofisiológicas, centrales y periféricas, diferencian las caras de seres queridos del resto de categorías presentadas elicitando una mayor tasa cardiaca, conductancia de la piel y actividad del músculo cigomático así como mayores amplitudes de componentes de ERP tardíos, P3 y LPP. Las caras queridas también obtienen mayores puntuaciones subjetivas en valencia afectiva y arousal emocional pero menores en la escala de dominancia. Además, los resultados muestran diferencias adicionales dentro de las subcategorías incluidas en la categoría de caras queridas. Las caras de las parejas románticas elicitaban respuestas fisiológicas mayores (conductancia cutánea y actividad del músculo cigomático) y subjetivas (arousal emocional) que los padres, hermanos o amigos sugiriendo que visualizar la imagen de alguien querido evoca un fuerte afecto positivo y arousal emocional/cognitivo que va más allá de un sentimiento de familiaridad o simple reconocimiento.
- Nuestros estudios solventan la dificultad encontrada en investigaciones anteriores para discriminar aspectos como la familiaridad y el arousal emocional de la verdadera emoción de Amor. Se controlaron ambos factores eligiendo dos categorías de caras queridas: una con mayor familiaridad pero menor emocionalidad (padres) y la otra con mayor emocionalidad pero menor familiaridad (parejas románticas), además de las categorías control (caras de desconocidos y caras de bebés). Los resultados muestran que la visualización de caras queridas elicitaba una reacción emocional positiva intensa que no puede ser explicada ni por familiaridad ni por arousal. Las diferencias entre amor romántico y amor filial aparecen en la magnitud de algunos índices subjetivos y periféricos de emocionalidad (actividad del cigomático, valencia afectiva, arousal emocional y dominancia) que fue mayor para imágenes de las parejas románticas y un índice central de familiaridad (la amplitud del P3), que fue mayor para imágenes de sus padres.

CONCLUSIONES

- Nuestros estudios apoyan las ventajas del uso de imágenes de caras de personas queridas familiares en contexto experimental para estudiar aspectos relacionados con el procesamiento afectivo de caras. Estos estímulos son de alta agradabilidad para las participantes y presentan altos niveles de arousal emocional al mismo tiempo. Estas características son difíciles de encontrar en otros estímulos emocionales de valencia positiva.
- La integración de medidas fisiológicas centrales y periféricas, además de medidas subjetivas, en este contexto experimental contribuye de forma importante a discriminar las contribuciones relativas a la valencia afectiva, el arousal emocional y la familiaridad en la emoción objeto de estudio de nuestra investigación, el Amor.
- Nuestros resultados nos permiten concluir que la visualización de imágenes de caras queridas elicitaba una reacción emocional intensa positiva que no puede ser explicada ni por arousal emocional indiferenciado ni por familiaridad. Ambos factores están presentes en el procesamiento de caras queridas. Sin embargo, se consideran necesarios pero no suficientes para explicar la compleja respuesta emocional que se produce cuando una persona visualiza la cara de un ser querido.
- Los resultados de nuestros estudios permiten profundizar en la secuencia psicofisiológica ocurrida durante el procesamiento afectivo de caras desde que la cara es identificada como de un ser querido. De este modo podemos afirmar que en primer lugar, las áreas corticales y subcorticales subyacentes al procesamiento emocional de caras se activan y, de este modo, elicitaban respuestas periféricas autonómicas y somáticas. Estas respuestas son las que influyen directamente en la intensidad de la emoción (arousal emocional) y en la dirección de la respuesta emocional (valencia afectiva) y proporcionan información de forma simultánea hacia los circuitos cerebrales centrales, lo cual hace posible una facilitación del procesamiento cognitivo del estímulo y un aumento de la atención dirigida hacia esa cara.

FINAL CONCLUSIONS

- In these studies, we investigated both central and peripheral electrophysiological indices, as well as subjective measures, associated with the perception of faces of loved ones.
- Both central and peripheral electrophysiological measures were capable of distinguishing the faces of loved ones from the rest of face categories presented. Faces of loved ones consistently elicited higher heart rates, skin conductance, and activity of the zygomatic muscle, as well as larger amplitudes of the late ERP components P3 and LPP. Similarly, loved faces were associated with higher scores in subjective measures of emotional valence and arousal, and lower dominance scores. Furthermore, we found additional differences among the subcategories that were included in the overall category of faces of loved ones. Faces of romantic partners elicited greater physiological (i.e., skin conductance and activity of the zygomatic muscle) and subjective responses than the faces of parents, siblings, or friends. This result suggests that viewing the image of a loved one elicits a strong positive affect and emotional/cognitive arousal, which goes beyond a feeling of familiarity or simple recognition.
- Our studies solve shortcomings found in previous investigations designed to differentiate familiarity and emotional arousal from true feelings of Love. Both familiarity and emotional arousal were controlled by selecting two categories of faces: one of greater familiarity and less emotionality (i.e., parents), and another with higher emotionality and less familiarity (i.e., intimate partners), in addition to two types of control faces: faces of strangers and faces of babies. Results show that viewing the faces of loved ones elicits an intense positive emotional response that cannot be explained by either familiarity or arousal.
- Differences between romantic love and filial love are reflected in that the magnitude of some of the peripheral and subjective indices of emotionality (i.e., zygomatic muscle activity, and emotional valence, arousal and dominance) are greater for the images of intimate partners than for the faces of parents, while a central index of familiarity (i.e., the amplitude of the P3) is greater for parents faces.

CONCLUSIONES

- Our studies reveal the advantages of using facial images of familial loved ones in the experimental context when studying the emotional processing of faces. These stimuli are highly pleasant for the participants and generate high levels of emotional arousal. These characteristics are difficult to find in other affective stimuli of positive valence.
- In this experimental setting, the integration of central and peripheral physiological indices, and subjective measures, contributes significantly to determine the effects of affective valence, emotional arousal and familiarity.
- Our results allow us to conclude that the viewing of images of loved ones' faces elicits a positive and intense emotional reaction, which can be explained neither by undifferentiated emotional arousal nor by familiarity alone. Both of these factors are indeed present in the study reported here on the processing of the faces of loved ones. Nevertheless, and although they may be deemed necessary, they are not in themselves sufficient to explain the complex emotional response that is produced when a person views the face of a loved one.
- The results of our studies allow an in-depth exploration of the psychophysiological progression that occurs during the affective processing of faces, starting when the face is recognized as that of a loved one. Hence, we are able to state that the subcortical and cortical areas underlying the emotional processing of faces are activated in the first place, thus eliciting somatic and autonomic peripheral responses. It is these responses that have a direct influence on the intensity of the emotion (arousal) and on the directionality of the emotional response (valence), which relay simultaneous information to the cortical circuitry that facilitates the cognitive processing of the stimuli and the enhancement of attentional resources directed to the face in question.

Bibliografía.

- Acevedo, B.P., Aron, A., Fisher, H.E., y Brown, L.L. (2011). Neural correlates of long term intense romantic love. *Social and Cognitive Affective Neuroscience*, nsq092.
- Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology*, 12, 169–177.
- Adolphs, R. (2009). The social brain: Neural basis of social knowledge. *Annual Review of Psychology*, 60, 693-716.
- Alonso, J., Angermeyer, M. C., Bernert, S., Bruffaerts, R., Brugha, T. S., Bryson, H., ... Vollebergh, W. A. M. (2004). Use of mental health services in Europe: results from the European Study of the Epidemiology of Mental Disorders (ESEMeD) project. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 109(420), 47-54.
- Alpers, G. W., y Adolph, D. (2006). Startle and autonomic nervous system modulation while viewing emotional scenes or emotional facial expressions. *Psychophysiology*, 43, 7-7.
- Amaral, D.G., Price, J.L., Pitkanen, A., Carmichael, S.T., y (1992). Anatomical organization of the primate amygdaloid complex. En Aggleton, J.P. (Ed.), *The Amygdala: Neurobiological Aspects of Emotion, Memory, and Mental Dysfunction*. (pp. 1–66). New York: Wiley.
- Amodio, D.M., y Frith, C.D. (2006). Meeting minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 268–277.
- Amrhein, C., Muhlberger, A., Pauli, P., y Wiedemann, G. (2004). Modulation of event-related brain potentials during affective picture processing: a complement to startle reflex and skin conductance response? *International Journal of Psychophysiology*, 54, 231-240.
- Anokhin, A. P., y Golosheykin, S. (2010). Startle modulation by affective faces. *Biological psychology*, 83(1), 37-40.
- Aron, A., Fisher, H., Mashek, D. J., Strong, G., Li, H., y Brown, L. L. (2005). Reward, motivation, and emotion systems associated with early-stage intense romantic love. *Journal of Neurophysiology*, 94, 327–337.
- Bartels, A., y Zeki, S. (2000). The neural basis of romantic love. *NeuroReport*, 11, 2834–3829.
- Bartels, A., y Zeki, S. (2004). The neural correlates of maternal and romantic love. *NeuroImage*, 21, 1155–1166.
- Başar, E., Schmiedt-Fehr, C., Örniz, A., y Başar-Eroglu, C. (2008). Brain oscillations evoked by face of a loved person. *Brain Research*, 1214, 105–115.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauer, R.M. (1984). Autonomic recognition of names and faces in prosopagnosics: a neuropsychological application of the Guilty Knowledge Test. *Neuropsychologia*, 22, 457-469.
- Bauer, R. M., y Craighead, W. E. (1979). Psychophysiological responses in the imagination of fearful and neutral situations: The effects of imagery instructions. *Behavior Therapy*, 10, 389– 403.
- Bechara, A., Damasio, H., y Damasio, A.R. (2000). Emotions, decisión making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., y McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 551-565.
- Berkowitz, L. (1978). Whatever happened to the frustration-aggression hypothesis? *American Behavioral Scientist*, 21, 691-708.
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., y Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature neuroscience*, 2(4), 382-387.
- Bobes, M. A., Lopera, F., Díaz Comas, L., Galan, L., Carbonell, F., Bringas, M. L., y Valdés-Sosa, M. (2004). Brain potentials reflect residual face processing in a case of prosopagnosia. *Cognitive Neuropsychology*, 21(7), 691-718.
- Bobes, M. A., Quiñonez, I., Perez, J., Leon, I., y Valdés-Sosa, M. (2007). Brain potentials reflect access to visual and emotional memories for faces. *Biological Psychology*, 75, 146–153.
- Bobes, M.A., Quiñonez, I., y Valdés-Sosa, M. (2010). Orbitofrontal cortex is involved in processing emotion-from-identity in faces. In VI Workshop on Advances in the Study of Brain Activity. University of Murcia, Spain.
- Bradley, M. M. (2000). Emotion and motivation. En Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. y Berntson, G. (Eds.), *Handbook of psychophysiology*. (pp. 602–642). New York: Cambridge University Press.
- Bradley, M. M. (2002). Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, 46, 1–11.
- Bradley, M.M. (2007). Emotion and Motivation. En Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., Berntson, G. (Eds.), *Handbook of psychophysiology*. Cambridge: University Press.
- Bradley, M.M. (2009). Natural selective attention: Orienting and Emotion. *Psychophysiology* 46, 1–11.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., y Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1, 276–298.
- Bradley, M.M., Codispoti, M., Sabatinelli, D., y Lang, P.J. (2001). Emotion and motivation II: Sex differences in pictures processing. *Emotion*, 1(3), 300-319.

- Bradley, M.M., Greenwald, M.K., Petry, M., y Lang, P.J. (1992). Remembering pictures: pleasure and arousal in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 18, 379–390.
- Bradley, M.M., Hamby, S., Löw, A., y Lang, P.J. (2007). Brain potentials in perception: picture complexity and emotional arousal. *Psychophysiology* 44, 364–373.
- Bradley, M.M. y Lang, P.J. (1994). Measuring emotion: The Self- Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M.M., y Lang, P.J. (2000). Measuring Emotion: Behaviour, feeling, and physiology. En Lane, R.D, y Nadel, L. (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 106-128). New York: Oxford University Press.
- Bradley, M. M., y Lang, P. J. (2007a). Emotion and motivation. En Cacioppo, J. T., Tassinary, L.G. y Berntson, G. G. (Eds.), *Handbook of psychophysiology*, 3rd Edition. New York: Cambridge University Press.
- Bradley, M. M., y Lang, P. J. (2007b), *Affective Norms for English Text (ANET): Affective ratings of text and instruction manual. (Tech. Rep. No. D-1)*, University of Florida: Gainesville, FL.
- Bradley, M. M., Lang, P. J., y Cuthbert, B. N. (1993). Emotion, novelty, and the startle reflex: Habituation in humans. *Behavioral Neuroscience*, 107, 970–980.
- Bradley, M. M., Moulder, B., y Lang, P. J. (2005). When good things go bad. The reflex psychology of defense. *Psychological Science*, 16(6), 468-473.
- Breen, N., Caine, D., y Coltheart, M. (2000). Models of face recognition and delusional misidentification: A critical review. *Cognitive Neuropsychology*, 17(1,2,3), 55-72.
- Breiter, H. C., Aharon, I., Kahneman, D., Dale, A., y Shizgal, P. (2001). Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses. *Neuron*, 30(2), 619-639.
- Brighetti, G., Bonifacci, P., Borlimi, R., y Ottaviani, C. (2007). Far from the heart far from the eye: Evidence from the Capgras delusion. *Cognitive Neuropsychiatry*, 12, 189–197.
- Bruce, V. y Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.
- Bruner, J.S., y Tagiuri, R. (1954). The perception of people. En Lindzey, G. (Ed.), *Handbook of social psychology* (Vol. 2, pp. 634-654). Reading, MA: Addison Wesley.
- Cacioppo, J.T., y Berntson, G.G. (1994). Relationship between attitudes and evaluative space: a critical review, with emphasis on the separability of positive and negative substrates. *Psychological Bulletin*, 115, 401–423.

BIBLIOGRAFÍA

- Cacioppo, J. T., Crites, S. L. Jr, Gardner, W. L., y Berntson, G. G. (1994). Bioelectrical echoes from evaluative categorization: I. A late positive brain potential that varies as a function of trait negativity and extremity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67, 115–125.
- Cacioppo, J.T., y Gardner, W. L. (1999). Emotion. *Annual Review of Psychology*, 50, 191-214.
- Cacioppo, J.T., Gardner, W. L. y Berntson, G.G. (1997). Beyond bipolar conceptualizations and measures: The case of attitudes ad evaluative space. *Personality and Social Psychology Review*, 1, 3-25.
- Cacioppo, J. T., Losch, M. E., Tassinary, L. G., y Petty, R. E. (1986). Properties of affect and affect-laden information processing as viewed through the facial response system. *The role of affect in consumer behavior*, 87-118.
- Campbell, B.A., Wood, G., y McBride, T., (1997). Origins of orienting and defensive responses: an evolutionary perspective. En Lang, P.J., Simons, R.F., Balaban, M.T. (Eds.), *Attention and Orienting: Sensory and Motivational Processes*. (pp. 41–67). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cannon, W.B. (1929). Organization for physiological homeostasis. *Psysiological reviews*, IX(3), 399-431.
- Carretie, L., Hinojosa, J. A., López-Martín, S., Albert, J., Tapia, M., y Pozo, M. A. (2009). Danger is worse when it moves: Neural and behavioral indices of enhanced attentional capture by dynamic threatening stimuli. *Neuropsychologia*, 47, 364–369.
- Carretie, L., Hinojosa, J.A., Martín-Loeches, M., Mercado F., y Tapia, M. (2004) Automatic attention to emotional stimuli: neural correlates. *Human Brain Mapping*, 22, 290-299.
- Carretie, L., Hinojosa, J.A., Albert, J., y Mercado, F. (2006). Neural response to sustained affective visual stimulation using an indirect task. *Experimental Brain Research* 174, 630–637.
- Carretie. L., Hinojosa, J.A., y Mercado, F. (2003). Cerebral patterns of attentional habituation to emotional visual stimuli. *Psychophysiology*, 40, 381-388.
- Center for the Study of Emotion and Attention (CSEA-NIMH). (1994). *The international affective picture system* [IAPS: photographic slides]. FL: The Center for Research in Psychophysiology, Gainesville: University of Florida.
- Coan, J. A., Schaefer, H. S., y Davidson, R. J. (2006). Lending a hand social regulation of the neural response to threat. *Psychological science*, 17(12), 1032-1039.
- Codispoti, M., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., y Lang, P. J. (2001). Affective reactions to briefly presented pictures. *Psychophysiology*, 38, 474–478.
- Codispoti, M., Ferrari, V., y Bradley, M. M. (2007). Repetition and event-related potentials: Distinguishing early and late processes in affective picture perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 577–586.

- Codispoti, M., Mazzetti, M., y Bradley, M. M. (2009). Unmasking emotion: Exposure duration and emotional engagement. *Psychophysiology*, 46(4), 731-738.
- Coles, M.G.H., Gratton, G., Bashore, T.R., Eriksen, C.W., y Donchin, E. (1985). A psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 529-553.
- Cook III, E.W., (1997), *VPM Reference Manual [Computer Software]*, Birmingham, AL: Author.
- Cook, E. W., III, Hawk, L. W., Davis, T. L., y Stevenson, V. E. (1991). Affective individual differences and startle reflex modulation. *Journal of Abnormal Psychology*, 100, 3–13.
- Cook, E.W., III, Melamed, B. G., Cuthbert, B. N., McNeil, D.W., y Lang, P. J. (1988). Emotional imagery and the differential diagnosis of anxiety. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56, 734–740.
- Costa, V. D., Lang, P. J., Sabatinelli, D., Versace, F., y Bradley, M. M. (2010). Emotional imagery: assessing pleasure and arousal in the brain's reward circuitry. *Human brain mapping*, 31(9), 1446-1457.
- Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: What happens in the brain. *The Neuroscientist*, 8, 132–142.
- Critchley, H. D., y Rolls, E. T. (1996). Hunger and satiety modify the responses of olfactory and visual neurons in the primate orbitofrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 75(4), 1673-1686.
- Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Öhman, A., y Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*, 7, 189–195.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., y Lang, P. J. (2000). Brainpotentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52, 95–111.
- Cuthbert, B. N., Vrana, S. R., y Bradley, M. M. (1991). Imagery: Function and physiology. En Ackles, P. K., Jennings, J. R., y Coles, M. G. H. (Eds.), *Advances in Psychophysiology*. (Vol. 4., pp. 1–42). Greenwich, CT: JAI.
- Darwin, C., (1872), *The expression of the emotions in man and animals*, New York: Philosophical Library.
- David, S. P., Munafò, M. R., Johansen-Berg, H., Smith, S. M., Rogers, R. D., Matthews, P. M., y Walton, R. T. (2005). Ventral striatum/nucleus accumbens activation to smoking-related pictorial cues in smokers and nonsmokers: a functional magnetic resonance imaging study. *Biological psychiatry*, 58(6), 488-494.
- Davidson, R.J., Mednick, D., Moss, E, Saron, C., y Schaffer, C.E. (1987). Ratings of Emotion en Faces Are Influenced by the Visual Field to Which Stimuli Are Presented. *Brain and Cognition*, 6, 403-411.

BIBLIOGRAFÍA

- Davis, M. (1989). Sensitization of the acoustic startle reflex by footshock. *Behavioral neuroscience*, 103(3), 495.
- Davis, M. (1992a). The role of amygdala in fear potentiated startle: Implications for animal models of anxiety. *Trends in Pharmacological Science*, 13, 35-41.
- Davis, M. (1992b). The role of amygdala in conditioned fear. En Aggleton, J. P. (Ed), *The amygdala: Neurobiological aspects of emotion, memory, and mental dysfunction*. (pp. 255-305). New York: Wiley-Liss.
- Davis, M. (2000). The role of the amygdala in conditioned and unconditioned fear and anxiety. En Aggleton, J.P. (Ed.), *The Amygdala*, vol. 2 (pp. 213–287). Oxford: Oxford University Press.
- Davis, M., y Lang, P.J., (2003). Emotion. En Gallagher, M., Nelson, R.J. (Eds.), *Handbook of Psychology*, vol. 3, (pp. 405–439). New York: Wiley.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., y Filion, D. L. (2007). The electrodermal system. En Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. y Berntson, G. G. (Eds.), *Handbook of psychophysiology*. New York: Cambridge University Press.
- De Cesarei, A., y Codispoti, M. (2011). Affective modulation of the LPP and α - ERD during picture viewing. *Psychophysiology*, 48(10), 1397-1404.
- Dekowska, M., Kuniecki, M., y Jaskowski, P. (2008). Facing facts: neuronal mechanisms of face perception. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 68, 229–252.
- Delplanque, S., Lavoie, M.E., Hot, P., Silvert, L., y Sequeira, H., (2004). Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans. *Neuroscience Letters* 356, 1–4.
- Dickinson, A., y Dearing, M.F., (1979). Appetitive-aversive interactions and inhibitory processes. En Dickinson, A., Boakes, R.A. (Eds.), *Mechanisms of Learning and Motivation* (pp. 203–231). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dimberg, U. (1982). Facial reactions to facial expressions. *Psychophysiology*, 19(6), 643-647.
- Dimberg, U. (1997). Psychophysiological reactions to facial expressions. En Segerstrale, U., Molnar, P. (Eds.), *Nonverbal Communication: Where Nature Meets Culture*. (pp. 27–60). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Dimberg, U., y Petterson, M. (2000). Facial reaction to happy and angry facial expressions: Evidence for right hemisphere dominance. *Psychophysiology*, 37, 693-696.
- Dobel, C., Putsche, C., Zwitserlood, P., y Junghöfer, M. (2008). Early left-hemispheric dysfunction of face processing in congenital prosopagnosia: An MEG study. *PLoS ONE*, 3, e2326.
- Dobel, C., y Schweinberger, S. R. (2006). Plasticity of face perception: Psychophysiological correlates of familiarity and expertise. *Psychophysiology*, 43, S13.

- Donchin, E. (1981). Surprise! . . . Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493–513.
- Donchin, E., Heffey, E., Hillyard, S. A., Loveless, N., Maltzman, I., Öhman, A.,... Sidde, D. (1984). Cognition and event-related potentials II. The orienting reflex and P300. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 425(1), 39–57.
- Eimer, M. (2000). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clinical neurophysiology*, 111(4), 694-705.
- Eimer, M., y Holmes, A. (2007). Event-related brain potential correlates of emotional face processing. *Neuropsychologia*, 45, 15–31.
- Eisenberger, N. I., Master, S. L., Inagaki, T. K., Taylor, S. E., Shirinyan, D., Lieberman, M. D., y Naliboff, B. D. (2011). Attachment figures activate a safety signal-related neural region and reduce pain experience. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(28), 11721-11726.
- Ekman, P. (1972). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. En Cole, J. (Ed.), *Nebraska symposium on motivation*, 1971 (pp. 207-283). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Ekman, P. (1973). Cross-cultural studies of facial expression. En P. Ekman (Ed.), *Darwin and facial expresión*. New York: Academic Press.
- Ekman, P., (1980), *Face of Man: Universal Expression in a New Guinea Village*, New York: Garland.
- Ekman, P. (1992). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, 48, 376–379.
- Ekman, P., Davidson, R.J., y Friesen, W.V. (1990). The Duchenne smile: Emotional expression and brain physiology: II. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 342-353.
- Ekman, P., y Friesen, W.V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17, 124-129.
- Ekman, P., y Friesen, W.V., (1975), *Unmasking the face*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Ekman, P., y Friesen, W. V. (1976). Measuring facial movement. *Environmental psychology and nonverbal behavior*, 1(1), 56-75.
- Ekman, P., y Friesen, W. V., (1978), *Facial Action Coding System: A technique for the measurement of facial movement*, Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P., y Friesen, W. V. (1986). FACS. *Facial Action Coding System*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Ekman, P., Friesen, W.V., y Ellsworth, P., (1972), *Emotion in the human face: Guidelines for research and an integration of findings*, New York: Pergamon Press.

BIBLIOGRAFÍA

- Ekman, P., Friesen, W. V., y Hager, J. C., (2002), *The facial action coding system*, (2nd ed.). Salt Lake City: Research Nexus eBook.
- Ekman, P., Levenson, R.W., y Friesen, W.V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes between emotions, *Science*, 221, 1208- 1210.
- Ellis, H. D., y Lewis, L. (2001). Capgras delusion: A window on face recognition. *Trends in Cognitive Science*, 5, 149–156.
- Ellis, H. D., Shepherd, J. W., y Davies, G. M. (1979). Identification of familiar and unfamiliar faces from internal and external features: Some implications for theories of face recognition. *Perception*, 8, 431–439.
- Ellis, H. D., y Young, A. W. (1998). Faces in their social and biological context. En A. W. Young (Ed.), *Face and mind*. Oxford: Oxford Cognitive Science Series.
- Ellis, H.D., Young, A.W., Quayle, A.H. y DePauw, K.W. (1997). Reduced autonomic responses to faces in Capgras delusion. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 264, 1085-1092.
- Fairhall, S. L., y Ishai, A. (2007). Effective connectivity within the distributed cortical network for face perception. *Cerebral Cortex*, 17, 2400–2406.
- Fanselow, M.S., y Poulos, A.M. (2005). The neuroscience of mammalian associative learning. *Annual Review of Psychology*, 56, 207–234.
- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M., y Tanaka, J. N. (1998). What is "special" about face perception?. *Psychological review*, 105(3), 482.
- Ferrari, V., Bradley, M.M., Codispoti, M., y Lang, P.J. (2009). Detecting novelty and significance. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 404–411.
- Ferré, P. (2003). Effects of level of processing on memory for affectively valenced words. *Cognition and Emotion*, 17(6), 859-880.
- Ferretti, A., Caulo, M., Del Gratta, C., Di Matteo, R., Merla, A., Montorsi, F., ... Romani, G. L. (2005). Dynamics of male sexual arousal: distinct components of brain activation revealed by fMRI. *Neuroimage*, 26(4), 1086-1096.
- Fiorito, E. R., y Simons, R. F. (1994). Emotional imagery and physical anhedonia. *Psychophysiology*, 31, 513–521
- Fisher, H., Aron, A., y Brown, L.L. (2005). Romantic love: an fMRI study of a neural mechanism for mate choice. *The Journal of Comparative Neurology*, 493, 58–62.
- Folstein, J.R., y Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45, 152–170.
- Fox, N.A., y Davidson, J. (1987). Electroencephalogram Asymmetry in Response to the Approach of a Stranger and Maternal Separation in 10-Month-Old Infants. *Developmental Psychology*, 23(2), 233-240.

- Fox, N.A., y Davidson, J. (1988). Patterns of Brain Electrical Activity During Facial Signs of Emotion in 10-Month-Old Infants. *Development Psychology*, 24(2), 230-235.
- Francis, S., Rolls, E. T., Bowtell, R., McGlone, F., O'Doherty, J., Browning, A., ... Smith, E. (1999). The representation of pleasant touch in the brain and its relationship with taste and olfactory areas. *Neuroreport*, 10(3), 453-459.
- Fridlund, A. J., y Cacioppo, J. T. (1986). Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, 23(5), 567-589.
- Fridlund, A. J., y Izard, C. E. (1983). Electromyographic studies of facial expressions of emotion and patterns of emotion. En Cacioppo, J. T. y Petty, R. E. (Eds.), *Social Psychophysiology*. (pp. 243–280). New York: Guilford Press.
- Fridlund, A. J., Schwartz, G. E., y Fowler, S. C. (1984). Pattern recognition of self-reported emotional state from multiple-site facial EMG activity during affective imagery. *Psychophysiology*, 21, 622–637.
- Frijda, N.M., (1986), *The emotions*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Frijda, N. H. (1987). Emotion, cognitive structure, and action tendency. *Cognition and Emotion*, 1, 115–143.
- Frijda, N.H., y Scherer, K.R. (2009). Emotion definitions (psychological perspectives). En Sander, D. y Scherer, K.R. (Eds.), *Oxford companion to emotion and the affective sciences*. New York: Oxford University Press.
- Gibson, J.J., (1966), *The senses considered as perceptual systems*, Oxford, England: Houghton Mifflin.
- Gobbini, M. I., y Haxby, J. V. (2007). Neural systems for recognition of familiar faces. *Neuropsychologia*, 45, 32–41.
- Gomez, P., y Danuser, B. (2004). Affective and psychophysiological response to environmental noises and music. *International Journal of Psychophysiology*, 53, 91–103.
- Graham, F. K. (1979). Distinguishing among orienting, defense, and startle reflexes. En Kimmel, H. D., Van Olst, E. H. y Orlebeke, J. F. (Eds.), *The orienting reflex in humans* (pp. 137–167). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Graham, F. K., y Clifton, R. K. (1966). Heart-rate change as a component of the orienting response. *Psychological Bulletin*, 65, 305–320.
- Grasso, D. J., Moser, J. S., Dozier, M., y Simons, R. (2009). ERP correlates of attention allocation in mothers processing faces of their children. *Biological Psychology*, 81, 95–102.
- Gray, J.A., y McNaughton, N., (2000), *The neuropsychology of fear and anxiety*, New York: Oxford University Press.

BIBLIOGRAFÍA

- Grayson, J. B. (1982). The elicitation and habituation of orienting and defensive responses to phobic imagery and the incremental stimulus intensity effect. *Psychophysiology*, 19, 104–111.
- Grossberg, J. M., y Wilson, H. K. (1968). Physiological changes accompanying the visualization of fearful and neutral situations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 10, 124–133.
- Guerra, P., Campagnoli, R. R., Vico, C., Volchan, E., Anllo-Vento, L., y Vila, J. (2011). Filial versus romantic love: Contributions from peripheral and central electrophysiology. *Biological Psychology*, 88(2), 196-203.
- Hamann, S., Herman, R. A., Nolan, C. L., y Wallen, K. (2004). Men and women differ in amygdala response to visual sexual stimuli. *Nature neuroscience*, 7(4), 411-416.
- Haney, J. N., y Euse, F. J. (1976). Skin conductance and heart rate response to neutral, positive and negative imagery. *Behavior Therapy*, 7, 494–503.
- Hare, R., Wood, K., Britain, S., y Shadman, J. (1970). Autonomic responses to affective visual stimulation. *Psychophysiology*, 7, 408–417.
- Haxby, J.V., y Gobbini, M.I. (2011). Distributed Neural Systems for Face Perception. En Andrew, J., Calder, Gillian Rhodes, Mark, H., Johnson y James Haxby, *The Oxford Handbook of Face Perception*. (pp. 93-110). New York: Oxford University Press.
- Haxby, J.V., Hoffman, E.A., y Gobbini, M.I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Science*, 46, 223-233.
- Hebb, D.O. (1946). On the nature fear. *Psychological Review*, 53, 259-276.
- Hebb, D.O., (1949), *Organization of behavior*, New York: Wiley.
- Herbert, C., Ethofer, T., Anders, S., Junghofer, M., Wildgruber, D., Grodd, W., y Kissler, J. (2009). Amygdala activation during reading of emotional adjectives—an advantage for pleasant content. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4(1), 35-49.
- Herbert, C., y Kissler, J. (2010). Motivational priming and processing interrupt: Startle reflex modulation during shallow and deep processing of emotional words. *International Journal of Psychophysiology*, 76(2), 64-71.
- Herbert, C., Sfarlea, A., y Blumenthal, T. (2013). Your emotion or mine: labeling feelings alters emotional face perception—an ERP study on automatic and intentional affect labeling. *Frontiers in human neuroscience*, 7.
- Herrmann, E., Call, J., Hernández-Lloreda, M.V., Hare, B., y Tomasello, M. (2007). Humans have evolved specialized skills of social cognition: the cultural intelligencehypothesis. *Science*, 317, 1360–1366.
- Herrmann, M. J., Ehlis, A. C., Ellgring, H., y Fallgatter, A. J. (2005). Early stages (P100) of face perception in humans as measured with event-related potentials (ERPs). *Journal of neural transmission*, 112(8), 1073-1081.

- Herzmann, G., Schweinberger, S.R., Sommer, W., y Jentsch, I. (2004). What's special about personally familiar faces? A multimodal approach. *Psychophysiology*, 41, 688-701.
- Hess, U., Sabourin, G., y Kleck, R. E. (2007). Postauricular and eyeblink startle responses to facial expressions. *Psychophysiology*, 44(3), 431-435.
- Hirstein, W., y Ramachandran, V.S. (1997). Capgras syndrome. A novel probe for understanding the neural representation of the identity and familiarity of persons. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 264, 437-444.
- Hunt, W.A. (1941). Recent developments in the field of emotion. *Psychological Bulletin*, 38, 249-276.
- Ille, N., Berg, P., y Scherg, M. (2002). Artifact correction of the ongoing EEG using spatial filters based on artifact and brain signal topographies. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 19, 113-124.
- Ishikawa, A., Ambroggi, F., Nicola, S. M., y Fields, H. L. (2008). Dorsomedial prefrontal cortex contribution to behavioral and nucleus accumbens neuronal responses to incentive cues. *The Journal of Neuroscience*, 28(19), 5088-5098.
- Izard, C. E., (1971), *The face of emotion*, New York: Appleton Century Crofts.
- Izard, C. E., (1977), *Human emotion*, New York: Plenum
- Izard, C.E., (1979), *The maximally discriminate facial movement codings system (MAX)*. Manuscrito no publicado.
- Izard, C.E., (1994). Innate and universal facial expressions: evidence from developmental and cross-cultural research. *Psychological Bulletin*, 115, 288-299.
- James, W., (1890), *The principles of psychology*, New York: Holt.
- Jennings, J. R. (1986). Bodily changes during attending. En Coles, M. G. H., Donchin, E. y Porges, S.W. (Eds.), *Psychophysiology: Systems, processes, and applications*. New York: Guilford Press.
- Johnson, R. K. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367-384.
- Johnson, K. J., y Fredrickson, B. L. (2005). "We All Look the Same to Me" Positive Emotions Eliminate the Own-Race Bias in Face Recognition. *Psychological science*, 16(11), 875-881.
- Kanwisher, N., y Moscovitch, M. (2000). The Cognitive Neuroscience of face processing: An introduction. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 1-12.
- Kapp, B.S., Supple, W.F., y Whalen, P.J. (1994). Effects of electrical stimulation of the amygdaloid central nucleus on neocortical arousal in the rabbit. *Behavioral Neuroscience* 108, 81-93.

BIBLIOGRAFÍA

- Kawabata, H., y Zeki, S. (2004). Neural correlates of beauty. *Journal of neurophysiology*, 91(4), 1699-1705.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T. R., y Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture viewing. *Psychophysiology*, 39, 641–649.
- Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R., y Walters, E. E. (2005). Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of general psychiatry*, 62(6), 593-602.
- Kissler, J., Herbert, C., Peyk, P., y Junghofer, M. (2007). Buzzwords early cortical responses to emotional words during reading. *Psychological Science*, 18(6), 475-480.
- Kissler, J., Herbert, C., Winkler, I., y Junghofer, M. (2009). Emotion and attention in visual word processing—An ERP study. *Biological psychology*, 80(1), 75-83.
- Klineberg, O (1938). Emotional expression in Chinese literature. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 33, 517-520.
- Kohler C. G., Turner T., Stolar N. M., Bilker W. B., Brensinger C. M., Gur R. E., y Gur R. C. (2004). Differences in facial expressions of four universal emotions. *Psychiatry Research*, 128, 235–44.
- Kok, B. E., Coffey, K. A., Cohn, M. A., Catalino, L. I., Vacharkulksemsuk, T., Algoe, S. B., ... Fredrickson, B. L. (2013). How positive emotions build physical health perceived positive social connections account for the upward spiral between positive emotions and vagal tone. *Psychological science*, 24(7), 1123-1132.
- Konorski, J., (1967), *Integrative Activity of the Brain: An Interdisciplinary Approach*, Chicago: University of Chicago Press.
- Kunzmann, U., Kupperbusch, C. S., y Levenson, R.W. (2005). Behavioral inhibition and amplification during emotional arousal: comparison of two age groups. *Psychology of Aging*, 20, 144– 58.
- LaBar, K. S., Crupain, M. J., Voyvodic, J. T., y McCarthy, G. (2003). Dynamic perception of facial affect and identity in the human brain. *Cerebral Cortex*, 13, 1023–1033.
- Lacey, J.I. (1958). Psychophysiological approaches to the evaluation of psychotherapeutic process and outcome. En Rubinstein, E.A. y Perloff, M.B. (Eds.), *Research in psychotherapy*. Washington, DC: National Publishing.
- Lacey, J. I. (1967). Somatic response patterning and stress: Some revisions of activation theory. En Appley, M. H. y Trumbull, R. (Eds.), *Psychological stress: Issues in research* (pp. 14–44). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Lacey, J. I., y Lacey, B. C. (1970). Some autonomic-central nervous system interrelationships. En Black, P. (Ed.), *Physiological correlates of emotion* (pp. 205–227). New York: Academic Press.

- Landis, C. (1924). Studies of emotional reactions: II, General behavior and facial expression. *Journal of Comparative Psychology*, 4, 447-509.
- Landis, C., y Hunt, W. A., (1939), *The startle pattern*, New York: Farrar and Rinehart.
- Lane, R.D, Reiman, E.M., Bradley, M.M., Lang, P.J., Ahern, G.L., Davidson, R.J., y Schwartz, G.E. (1997). Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*, 35(11), 1437-1444.
- Lang, P.J. (1968). Fear reduction and fear behavior: Problems in treating a construct. En Shlien, J.M. (Ed.), *Research in psychotherapy (vol 3)*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Lang, P.J. (1971). The application of psychophysiological methods to the study of psychotherapy and behavior modification. En Bergin, A. E. y Garfield, S. L. (Eds.), *Handbook of psychotherapy and behavioral change: An empirical analysis* (pp. 75-125). New York: Wiley.
- Lang, P.J. (1979). A bio-informational theory of emotional imagery. *Psychophysiology*, 16, 495-512.
- Lang, P.J., (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications. En Sidowski, J.B., Johnson, J.H., y Williams, T.A. (Eds.), *Technology in Mental Health Care Delivery Systems*. (pp. 119-137). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Lang, P. J. (1985). The cognitive psychophysiology of emotion: Fear and anxiety. En Tuma, A. H. y Maser, J. D. (Eds.), *Anxiety and the anxiety disorders* (pp. 131-170). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lang, P. J. (1987). Image as action. *Cognition and Emotion*, 1, 407-426.
- Lang, P. J. (1993). The network model of emotion: Motivational connections. *Advances in social cognition*, 6, 109-133.
- Lang, P.J. (1994). The motivational organization of emotion: affect-reflex connections. En VanGoozen, S., Van de Poll, N.E., Sergaeant, J.A. (Eds.), *Emotions: Essays on Emotion Theory* (pp. 61-93). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50, 372-385.
- Lang, P.J. (2010). Emotion and Motivation: Towards Consensus Definitions and a Common Research Purpose. *Emotion Review*, 2(3), 229-233.
- Lang, P.J., y Bradley, M.M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology*, 84(3), 437-450.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., y Cuthbert, B.N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological Review*, 97, 377-398.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., y Cuthbert, B. N. (1997). Motivated attention: Affect, activation and action. En Lang, P. J., Simons, R. F. y Balaban, M. T. (Eds.), *Attention and*

BIBLIOGRAFÍA

- orienting: Sensory and motivational processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., y Cuthbert, B.N. (1998a) Emotion, motivation, and anxiety brain mechanisms and psychophysiology. *Biological Psychiatry*, 44(12), 1248-1263.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., y Cuthbert, B.N. (1998b) Emotion and motivation: measuring affective perception. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15(5), 397-408.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., y Cuthbert, B.N. (1999), *International affective picture system (IAPS): Instruction manual affective ratings (Tech.Rep. No A-4)*, The Center for Research in Psychophysiology, Gainesville: University of Florida.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., y Cuthbert, B. N. (2008), *International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8*. Gainesville, FL: University of Florida.
- Lang, P. J., y Davis, M. (2006). Emotion, motivation, and the brain: Reflex foundations in animal and human research. *Progress in Brain Research*, 156, 3–29.
- Lang, P. J., Davis, M., y Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: Animal models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*, 61, 137–159.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., y Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30, 261–273.
- Lang, P. J., Levin, D. N., Miller, G. A., y Kozak, M. J. (1983). Fear imagery and the psychophysiology of emotion: The problem of affective response integration. *Journal of Abnormal Psychology*, 92, 276–306.
- Lang, P.J., Öhman, A., y Vailt, D., (1988), *The International Affective Picture System [Photographic slides]*, Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Lang, P.J., Rice, D.G., y Sternbach, R. A. (1972). The psychophysiology of emotion. En Greenfield, N. S. y Sternbach, R. A. (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 623-643). New York: Holt, Rinehart, y Winston.
- Lange, C.G., (1885), *The emotions*, Baltimore: Williams y Wilkins.
- Langeslag, S. J. E., Hansma, B. M., Franken, I. H. A., y Strien, J. W. V. (2007). Event related potential responses to love-related facial stimuli. *Biological Psychology*, 76, 109–115.
- Larsen, J. X., Norris, C. T., y Cacioppo, J. T. (2003) Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over zygomaticus major and corrugator superciliaris. *Psychophysiology*, 40, 776–783.
- Layard, R. (2006). The case for psychological treatment centers. *British Medical Journal*, 332, 1030-1032.

- Lazarus, R.S., Kanner, A.D., y Folkman, S. (1980). Emotions: A cognitive phenomenological analysis. En Plutchik, R. y Kellerman, H. (Eds.), *Emotions: Theory, research an experience* (Vol 1) (pp 189-217). New York: Academic Press.
- LeDoux, J. E. (1990). Information flow from sensation to emotion plasticity in the neural computation of stimulus values. En Gabriel, M. y Moore, J. (Eds.), *Learning and computational neuroscience: Foundations of adaptive networks* (pp. 3–52). Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press.
- LeDoux, J.E. (1995). Emotion: Clues from the Brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.
- LeDoux, J.E., (1996), *The emotional brain*, Nueva York: Simons and Shuster.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155-184.
- LeDoux, J.E. (2003). The emotional brain, fear, and the amygdala. *Cellular and Molecular Neurobiology* 23, 727–738.
- Li, H., Chan, R.C.K., McAlonan, G.M., y Gong, Q. (2010). Facial emotion processing in schizophrenia: a meta-analysis of functional neuroimaging data. *Schizophrenia Bulletin*, 36, 1029–1039.
- Libby, W. L. Jr, Lacey, B. C., y Lacey, J. I. (1973). Pupillary and cardiac activity during visual attention. *Psychophysiology*, 10, 270–294.
- Lopera, F. (2000). Procesamiento de caras: bases neurológicas, trastornos y evaluación. *Revista de Neurología*, 30(5), 486-490.
- MacLean, P. D. (1949). Psychosomatic Disease and the "Visceral Brain": Recent Developments Bearing on the Papez Theory of Emotion. *Psychosomatic medicine*, 11(6), 338-353.
- May, J. R. (1977). A psychophysiological study of self and externally regulated phobic thoughts. *Behavior Therapy*, 8, 849–861.
- Mehrabian, A., y Russell, J. A. (1974). The basic emotional impact of environments. *Perceptual and Motor Skills*, 38, 283–301.
- Mikulincer, M., y Goodman, G.S. (Eds.). (2006). Dynamics of Romantic Love: Attachment, Caregiving, and Sex. New York: Guilford Press.
- Miller, G.A., Levin, D.N., Kozak, M.J., Cook, E.W., McLean A., y Lang, P.J. (1987). Individual differences in imagery and the psychophysiology of emotion. *Cognition and Emotion*, 1, 367–390.
- Miller, M. W., Patrick, C. J., y Levenston, G. K. (2002). Affective imagery and the startle response: Probing mechanisms of modulation during pleasant scenes, personal experiences, and discrete negative emotions. *Psychophysiology*, 39, 519–529.

BIBLIOGRAFÍA

- Miller, N.E. (1959). Liberalization of basic S-R concepts: Extensionstoconflictbehavior, motivation, and social learning. En Koch, S. (Ed.), *Psychology: A Study of a Science*, vol. 2 (Study 1). New York: McGraw-Hill.
- Mineka, S. (1992). Evolurionary memories, emotional processing, and the emotional disorders. En Medin, D. (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 28). New York: Academic Press.
- Mini, A., Palomba, D., Angrilli, A., y Bravi, S. (1996). Emotional information processing and visual evoked brain potentials. *Perceptual and motor skills*, 83(1), 143-152.
- Mogenson, G.J. (1977). The neurobiology of behavior: An introduction. *Neurobiology* 23, 727-738.
- Moltó, J., Montañés, S., Poy, R., Segarra, P, Pastor, M.C., Tormo, M.P.,... Vila, J. (1999). Un nuevo método para el estudio experimental de las emociones: El Internacional Affective Picture System (IAPS). Adaptación Española. *Revisión de Psicología General y Aplicada*, 52(1), 55-87.
- Morris, J.S, Öhman, A., y Dolan, R.J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393, 467- 470.
- Munn, N.L. (1940). The effects of knowledge of the situation upon judgment of emotion from facial expression. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 35, 324-338.
- Muñoz, M.A., Fernández, M.C., Peralta-Ramírez, I., Cepeda-Benito, A., y Vila, J. (2009). Assessment of tobacco craving by means of the affective image visualization paradigm. *Motivation and Emotion*, 34, 93-103.
- Obeso, J.A., Rothwell, J.C., y Marsden, C.D. (1982). The neurophysiology of Tourette Syndrome. En Friedhoff, A.J. y Chase, T.N. (Eds.), *Gilles de la Tourette Syndrome* (pp. 105-114). New York: Raven Press.
- O'Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R., McGlone, F., Kobal, G., ... Ahne, G. (2000). Sensory - specific satiety - related olfactory activation of the human orbitofrontal cortex. *Neuroreport*, 11(4), 893-897.
- O'Doherty, J., Winston, J., Critchley, H., Perrett, D., Burt, D. M., y Dolan, R. J. (2003). Beauty in a smile: the role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness. *Neuropsychologia*, 41(2), 147-155.
- Öhman, A. (1987). The psychophysiology of emotion: An evolutionary-cognitive perspective. *Advances in psychophysiology*, 2(79), 127.
- Öhman, A., y Birbaumer, N. (1993): Psychophysiological and cognitive clinical perspectives on emotion: Introduction and overview. En Birbaumer, N. y Öhman, A. (Eds.), *The structure of emotion*. Toronto: Hogrefe y Huber.
- Öhman, A., Lundqvist, D., y Esteves, F. (2001). The Face in the Crowd Revisited: A Threat Advantage With Schematic Stimuli. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(3), 381-405.

- Öhman, A., y Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review*, 108, 483-522.
- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., y Polich, J. (2008). Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biological psychology*, 77(3), 247-265.
- Olofsson, J.K., y Polich, J. (2007). Affective visual event-related potentials: arousal, repetition, and time-on-task. *Biological Psychology*, 75, 101-108.
- Osgood, C., Suci, G., y Tannenbaum, P., (1957), *The measurement of meaning*, University of Illinois: Urbana, IL.
- Palomba, D., Angrilli, A., y Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory for emotional pictorial stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 27, 55-67.
- Palomba, D., Sarlo, M., Angrilli, A., Mini, A., y Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *International Journal of Psychology*, 36, 45-57.
- Panksepp, J., Sacks, D.S., Crepeau, L.J., y Abbott, B.B., (1991), *The psycho and neurobiology of fear systems in the brain*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 38, 725-743.
- Paunovic, N. (1999). Exposure counter conditioning (EC) as a treatment for severe PTSD and depression with an illustrative case. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 30(2), 105-117.
- Pearce, J. M., y Dickinson, A. (1975). Pavlovian counter condition: Changing the suppressive properties of shock by association with food. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1(2), 170.
- Podsakoff, P.M., MacKenzie, S.B., Lee, J.Y., y Podsakoff, N.P. (2003). Common methodbiases in behavioral research: A critical review of the literature and recommendedremedies. *Journal of Applied Psychology*, 88, 879-903.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2128-2148.
- Ritter, W., y Vaughan, H. G. (1969). Averaged evoked responses in vigilance and discrimination: A reassessment. *Science*, 164, 326-328.
- Rodríguez, S., Fernández, M. C., Cepeda-Benito, A., y Vila, J. (2005). Subjective andphysiological reactivity to chocolate images in high and low chocolate cravers. *Biological Psychology*, 70, 9-18.
- Rodríguez, S., Mata, J. L., Lameiras, M., Fernández, M. C., y Vila, J. (2007). Dyscontrol evoked by erotic and food images in women with bulimia nervosa. *European Eating Disorders Review*, 15, 231-239.

BIBLIOGRAFÍA

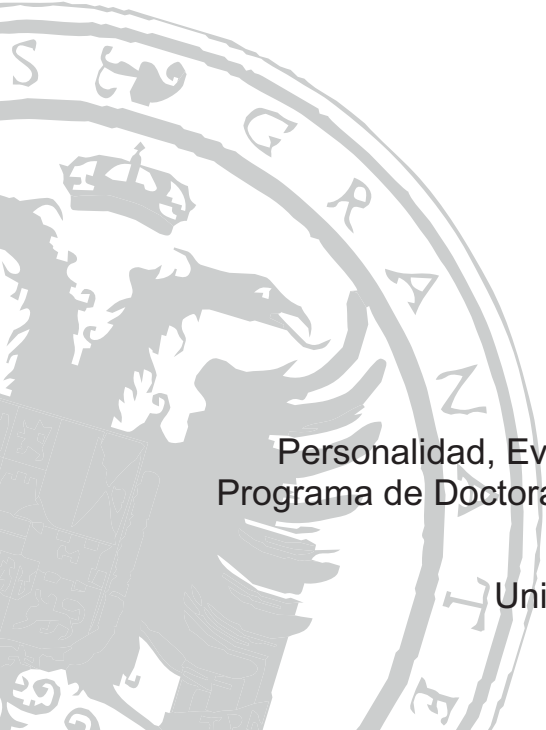
- Rogan, M. T., Leon, K. S., Perez, D. L., y Kandel, E. R. (2005). Distinct neural signatures for safety and danger in the amygdala and striatum of the mouse. *Neuron*, 46(2), 309-320.
- Ruchkin, D. S., y Sutton, S. (1983). Positive slow wave and P300: Association and disassociation. En Gaillard, A. W. K. y Ritter, W. (Eds.), *Tutorials in event related potential research: Endogenous components* (pp. 233–250). Amsterdam: North-Holland Publishing.
- Ruiz-Padial, E., y Vila, J. (2007). Fearful and sexual pictures not consciously seen modulate the startle reflex in human beings. *Biological Psychiatry*, 61(8), 996-1001.
- Russell, J.A. (1994). Is there universal recognition of emotion from facial expression? A review of the cross-cultural studies. *Psychological Bulletin*, 115, 102–141.
- Sabatinelli, D., Bradley, M. M., y Lang, P. J. (2001). Affective startle modulation in anticipation and perception. *Psychophysiology*, 38, 719–722.
- Sabatinelli, D., Bradley, M. M., y Lang, P. J. (2005). ERPs and BOLD responses to affective pictures in the same participants. Manuscrito sin publicar.
- Sabatinelli, D., Bradley, M.M., Lang, P.J., Costa, V.D., y Versace, F. (2007). Pleasure rather than salience activates human nucleus accumbens and medial prefrontal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 98, 1374-1379.
- Sabatinelli, D., Lang, P. J., Keil, A., y Bradley, M. M. (2007). Emotional perception: Correlation of functional MRI and event related potentials. *Cerebral Cortex*, 17, 1085–1091.
- Schachter, S., y Singer, J.E. (1962). Cognitive, social and psychological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69, 379-399.
- Schneirla, T.C. (1959). An evolutionary and developmental theory of bi-phasic processes underlying approach and withdrawal. En Jones, M.R. (Ed.), *Nebraska Symposium On Motivation*. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Schoenbaum, G., Chiba, A. A., y Gallagher, M. (1998). Orbitofrontal cortex and basolateral amygdala encode expected outcomes during learning. *Nature neuroscience*, 1(2), 155-159.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., y Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37, 257–261.
- Schupp, H.T., Cuthbert, B.N., Bradley, M.M., Hillman, C.H., Hamm, A.O., y Lang, P.J. (2004). Brain processes in emotional perception: motivated attention. *Cognition and Emotion* 18, 593–611.
- Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J., y Junghöfer, M. (2006). Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Progress in brain research*, 156, 31-51.

- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., y Hamm, A. O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*, 14, 7–13.
- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., y Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: An ERP analysis. *Psychophysiology*, 41, 441–449.
- Schweinberger, S.R. (2011). Neurophysiological correlates of Face Recognition. En Andrew, J. Calder, Gillian Rhodes, Mark, H. Johnson y James Haxby (Eds.). *The Oxford Handbook of Face Perception*. (pp. 345-366). New York: Oxford University Press.
- Sege, C. T., Bradley, M. M., y Lang, P. J. (2014). Startle modulation during emotional anticipation and perception. *Psychophysiology*, 51(10), 977-981.
- Seligman, M.E. (1971). Phobias and preparedness. *Behavior Therapy*, 2(3), 307-320.
- Seligman, M. E. (2002), *Authentic happiness*, New York: Free Press.
- Siessmeier, T., Kienast, T., Wrase, J., Larsen, J. L., Braus, D. F., Smolka, M. N., ... Heinz, A. (2006). Net influx of plasma 6 - [18F] fluoro - I - DOPA (FDOPA) to the ventral striatum correlates with prefrontal processing of affective stimuli. *European Journal of Neuroscience*, 24(1), 305-313.
- Snyder, C. R., y López, S. J. (2006), *Positive psychology: The scientific and practical exploration of human strengths*, New York: Sage Publications.
- Snyder, C. R., Lopez, S. J., y Pedrotti, J. T., (2010), *Positive psychology: The scientific and practical explorations of human strengths*, Sage Publications.
- Spangler, G., Emlinger, S., Meinhardt, J., y Hamm, A. (2001). The specificity of infant emotional expression for emotion perception. *International Journal of Psychophysiology*, 41(2), 155-168.
- Sumitsuji, N. (1975). BSP in emotional expressions. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 15, 399-403.
- Sumitsuji, N., Matsumoto, K., y Kaneko, Z. (1965). A new method to study facial expression using electromyography. *Electromyography*, 11, 269-272.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., y John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187–1188.
- Tassinari, L.G., Cacioppo, J.T., y Geen, T.R. (1989). A psychometric study of surface electrode placements for facial electromyographic recording: I. The brow and cheek muscle regions. *Psychophysiology*, 26, 1-16.
- Thompson, R. F. (1986). The neurobiology of learning and memory. *Science*, 233(4767), 941-947.
- Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., y Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: the origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 28, 675–735.

BIBLIOGRAFÍA

- Tomkins, S. S., (1962), *Affect. Imagery. Consciousness 1: The positive affects*, Nueva York: Springer-Verlag.
- Tranel, D., y Damasio, A.R. (1985). Knowledge without awareness: An autonomic index of facial recognition by prosopagnosics. *Science*, 228, 1453-1454.
- Valdés-Sosa, M., Bobes, M. A., Quiñones, I., Garcia, L., Valdes-Hernandez, P. A., Iturria,... Asencio, J. (2011). Covert face recognition without the fusiform-temporal pathways. *Neuroimage*, 57(3), 1162-1176.
- Valdés-Sosa, P.A., Vega-Hernández, M., Sánchez-Bornot, J.M., Martínez-Montes, E., y Bobes, M.A. (2009). EEG source imaging with spatio-temporal tomographic non negative independent component analysis. *Human Brain Mapping*, 30, 1898–1910.
- Van Egeren, L. F., Feather, B. W., y Hein, P. L. (1971). Desensitization of phobias: Some psychophysiological propositions. *Psychophysiology*, 8, 213–228.
- Van Oyen Witvliet, C., y Vrana, S. R. (1995). Psychophysiological responses as indicators of affective dimensions. *Psychophysiology*, 2, 436–443.
- Venables, P. H., y Christie, M. J. (1980). Electrodermal activity. En Martin, I. y Venables, P.H. (Eds.), *Techniques in psychophysiology* (pp. 4–67). New York: Wiley.
- Vico, C., Guerra, P., Robles, H., Vila, J., y Anllo-Vento, L. (2010). Affective processing of loved faces: contributions from peripheral and central electrophysiology. *Neuropsychologia*, 48, 2894–2902.
- Vila, J., y Fernández-Santaella, M.C., (2004), *Trastornos psicológicos: La perspectiva experimental*, Madrid, España: Ediciones Pirámide.
- Vila, J., y Guerra, P. (2009). *Una introducción a la psicofisiología clínica*. Madrid, España: Ediciones Pirámide.
- Vila, J., Sánchez, M., Ramírez, I., Fernández, M.C., Cobos, P., Rodríguez, S.,... Moltó, J. (2001). El Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS): Adaptación Española. Segunda Parte. *Revisión de Psicología General y Aplicada*, 54(4), 635-657.
- Vogel, E. K., y Luck, S. J. (2000). The visual N1 component as an index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 37, 190–203.
- Voss, J. L., y Paller, K. A. (2006). Fluent conceptual processing and explicit memory for faces are electrophysiologically distinct. *The Journal of Neuroscience*, 26, 926–933.
- Voss, J. L., y Paller, K. A. (2007). Neural correlates of conceptual implicit memory and their contamination of putative neural correlates of explicit memory. *Learning and Motivation*, 14, 259–267.
- Vrana, S. R., y Gross, D. (2004). Reactions to facial expressions: effects of social context and speech anxiety on responses to neutral, anger, and joy expressions. *Biological Psychology*, 66(1), 63-78.

- Vrana, S., y Rollock, D. (2002). The role of ethnicity, gender, emotional content, and contextual differences in physiological, expressive, and self-reported emotional responses to imagery. *Cognition and Emotion*, 16, 165–192.
- Vuilleumier, P., y Pourtois, G. (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 45, 174–194.
- Vuilleumier, P., Richardson, M.P., Armony, J.L., Driver, J., y Dolan, R.J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nature Neuroscience*, 7, 1271-1278.
- Wangelin, B. C., Bradley, M. M., Kastner, A., y Lang, P. J. (2012). Affective engagement for facial expressions and emotional scenes: the influence of social anxiety. *Biological psychology*, 91(1), 103-110.
- Whalen, P.J., Rauch, S.L., Etcoff, N.L., McInerney, S.C., Lee, M.B., y Jenike, M.A. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *The Journal of Neuroscience*, 18, 411–418.
- Whatmore, G., y Ellis, R.M. (1959). Some neurophysiological aspects of depressed mood states: An electromyographic study. *Archives of General Psychiatry*, 1, 70-80.
- Whatmore, G., y Ellis, R.M. (1962). Further neurophysiologic aspects of depressed states. *Archives of General Psychiatry*, 6, 243-253.
- Winton, W. M., Putnam, L. E., y Krauss, R. M. (1984). Facial and autonomic manifestations of the dimensional structure of emotion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 20, 195–216.
- Xu, X., Aron, A., Brown, L., Cao, G., Feng, T., y Weng, X. (2011). Reward and motivation systems: a brain mapping study of early-stage romantic love in Chinese participants. *Human Brain Mapping*, 32, 249–257.
- Yovel, G., y Paller, K. A. (2004). The neural basis of the butcher-on-the-bus phenomenon. When a face seems familiar but is not remembered. *Neuroimage*, 21, 789–800.
- Zbozinek, T. D., Holmes, E. A., y Craske, M. G. (2015). The effect of positive mood induction on reducing reinstatement fear: Relevance for long term outcomes of exposure therapy. *Behaviour research and therapy*, 71, 65-75.
- Zeki, S. (2007). The neurobiology of love. *FEBS Letters*, 581, 2575–2579.



Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico
Programa de Doctorado en Psicología Clínica y de la Salud

Universidad de Granada