

T/245 SC
PS
141

Universidad Autónoma de Madrid
Facultad de Psicología
Departamento de Psicología Biológica y de la Salud

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA MADRID
10.06.97 004703
REGISTRO GENERAL
ENTRADA

“Actividad Eléctrica Cerebral y Memoria de Caras: Un estudio con Potenciales Evocados”

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
MADRID
BIBLIOTECA

R.B.E. 65911

Tesis presentada para la obtención del grado
de DOCTOR EN PSICOLOGÍA por:

ELA ISABEL OLIVARES CARREÑO

R.V. - 20.221

UAM
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE MADRID
BIBLIOTECA DE
PSICOLOGIA

Madrid, Junio de 1997

Dña. María Antonieta Bobes León, Dra. en Ciencias Biológicas del Centro de Neurociencias de Cuba (Centro Nacional de Investigaciones Científicas) y D. Jaime Iglesias Dorado, Dr. en Psicología del Departamento de Psicología Biológica y de la Salud (Universidad Autónoma de Madrid).

CERTIFICAN:

Que la Tesis Doctoral titulada "Actividad Eléctrica Cerebral y Memoria de Caras: Un estudio con Potenciales Evocados", de la que es autora la doctoranda Dña. Ela Isabel Olivares Carreño, ha sido realizada bajo nuestra dirección y reúne las condiciones académicas exigibles para que se proceda a su lectura y defensa.

Que los dos primeros estudios empíricos que integran esta Tesis fueron realizados en el Centro de Neurociencias de Cuba y se encuentran recogidos en su mayor parte en un artículo de investigación publicado en la revista *Cognitive Brain Research* (1994, 2, 39-48), del que es primera autora la doctoranda.

Que el tercer estudio empírico y las restantes partes integrantes de esta Tesis han sido desarrollados en el Departamento de Psicología Biológica y de la Salud de la Universidad Autónoma de Madrid.

Y para que conste ante quien corresponda, firmamos el presente certificado con fecha seis de junio de mil novecientos noventa y siete:

20
M. A. Bobes

Jaime Iglesias

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar al Dr. Jaime Iglesias Dorado el entusiasmo y el rigor académico que me ha transmitido en la dirección de esta Tesis. Su espíritu científico ha constituido una guía y un estímulo constantes en este momento de mi carrera profesional. El enfoque psicobiológico de esta Tesis se debe fundamentalmente a su intervención.

A la Dra. María Antonieta Bobes León, también directora de la Tesis, su apoyo desde la "Madre Patria" y su dirección científica durante los años en que me formé como psicofisióloga en el Centro de Neurociencias de Cuba. Junto a ella y el Dr. Mitchell Valdés-Sosa desarrollé mi trabajo como investigadora y aprendí el rigor que debe caracterizar el ejercicio profesional de todo Psicólogo.

A mis compañeros del Centro de Neurociencias de Cuba, con los que he compartido igualmente mi trabajo de investigación y las "tertulias" de todos estos años.

Eduardo Aubert fue el autor de los programas informáticos utilizados para la creación y presentación de los estímulos. Su trabajo eficiente y creativo hizo posible la realización de los experimentos que integran esta Tesis.

A José Manuel Antelo que, desde Zaragoza, me ha apoyado y me ha facilitado enormemente la culminación de este trabajo.

A los compañeros del Área de Psicobiología del Departamento de Psicología Biológica y de la Salud, por su agradable acogida y por hacerme sentir parte de su colectivo.

A todos los sujetos experimentales que, con amabilidad y espíritu colaborador, han invertido parte de su valioso tiempo en las sesiones experimentales.

Asimismo, agradezco el apoyo institucional recibido para la conclusión de esta Tesis del Instituto de Cooperación Iberoamericana, perteneciente a la Agencia Española de Cooperación Internacional, y de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación (proyecto de investigación PB95-0246) del Ministerio de Educación y Cultura de España.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. Fundamentos psicobiológicos y planteamiento del problema objeto de estudio.....	2
2. Evidencias neuropsicológicas de la especificidad del reconocimiento de caras: la prosopagnosia.....	6
2.1. ¿Existe una agnosia específica para las caras?.....	8
2.2. Especificidad del procesamiento de caras y habilidades básicas en que se fundamenta la percepción visual.....	10
3. Bases neurales del procesamiento de caras.....	11
3.1. Unilateralidad vs. bilateralidad.....	12
3.2. Bilateralidad y estrategias de procesamiento de la información.....	14
3.3. Áreas cerebrales relacionadas con el procesamiento de caras: una visión macroscópica.....	17
3.4. Áreas cerebrales relacionadas con el procesamiento de caras: una visión microscópica.....	21

3.4.1. Neuronas selectivas a caras y trastornos de reconocimiento de caras en el hombre.....	27
4. Contribución del estudio de los Potenciales Evocados en la determinación de la especificidad del procesamiento de caras.....	28
4.1. Delimitación de Potenciales Evocados específicos del procesamiento de caras.....	29
4.2. Diferencias hemisféricas y reconocimiento de caras.....	34
4.3. Potenciales Evocados relacionados con el reconocimiento de caras en un paradigma de preactivación contextual.....	36
4.3.1. El paradigma experimental del componente N400.....	37
4.3.2. N400 en otros dominios de información.....	39
4.3.3. N400 y preactivación contextual en el dominio de las caras.....	41
4.3.4. Desarrollo de un paradigma experimental de tipo N400 relacionado con la preactivación contextual de la estructura de una cara. Antecedente inmediato del presente trabajo.....	44
5. Redefinición del paradigma experimental de tipo N400 relacionado con la información estructural de la cara. Objetivo del presente trabajo.....	48

II. EXPERIMENTO 1. Potenciales Evocados y reconocimiento de caras congruentes e incongruentes: aprendizaje de caras mediante una tarea de decisión de familiaridad.....	50
1. Introducción e hipótesis.....	51
2. Materiales y método.....	52
2.1. Sujetos.....	52
2.2. Estímulos.....	52
2.3. Procedimiento experimental y registro psicofisiológico.....	57
2.3.1. Sesiones de aprendizaje.....	57
2.3.1.1. Evaluación conductual del aprendizaje....	59
2.3.2. Sesión de registro de Potenciales Evocados durante la tarea de emparejamiento cara-rasgos.....	61
2.3.2.1. Técnica de registro psicofisiológico.....	62
2.3.2.2. Evaluación conductual del reconocimiento.....	66
3. Resultados.....	66
3.1. Datos conductuales.....	66
3.2. Datos electrofisiológicos.....	68
4. Discusión.....	70

III. EXPERIMENTO 2. Potenciales Evocados y reconocimiento de caras congruentes e incongruentes: aprendizaje de caras mediante una tarea de selección de rasgos.....74

1. Introducción e hipótesis.....75

2. Materiales y método.....76

 2.1. Sujetos.....76

 2.2. Estímulos.....76

 2.3. Procedimiento experimental y registro psicofisiológico.....76

 2.3.1. Sesiones de aprendizaje.....77

 2.3.2. Sesión de registro de Potenciales Evocados durante la tarea de emparejamiento cara-rasgos.....79

3. Resultados.....79

 3.1. Datos conductuales.....79

 3.2. Datos electrofisiológicos.....81

4. Discusión.....84

IV. EXPERIMENTO 3. Comparación de Potenciales Evocados relacionados con la preactivación contextual de caras y palabras.....93

1. Introducción e hipótesis.....94

2. Materiales y método.....95

2.1. Sujetos.....	95
2.2. Estímulos y procedimiento experimental.....	95
2.3. Sesión de registro psicofisiológico.....	96
3. Resultados.....	97
3.1. Tarea de N400.....	97
3.2. Tarea de emparejamiento cara-rasgos.....	100
3.3. Distribución topográfica del efecto de incongruencia en las tareas de N400 y de emparejamiento cara-rasgos (N392).....	102
4. Discusión.....	111
V. CONCLUSIONES.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
APÉNDICES.....	139
A. Muestra del catálogo de rasgos faciales.....	140
B. Texto del programa utilizado para la composición de las caras.....	148
C. Texto del programa utilizado para la presentación de las caras en la fase de estudio de las sesiones de aprendizaje.....	151
D. Texto del programa utilizado en la fase de comprobación del aprendizaje en el Experimento 1.....	155

E. Texto del programa utilizado en la fase de comprobación del aprendizaje en el Experimento 2.....	159
F. Lista de oraciones utilizadas en la tarea de N400.....	166
G. Lista de abreviaturas.....	171

I. INTRODUCCIÓN

UAM
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE MÉRIDA

BIBLIOTECA DE
PSICOLOGÍA

1. Fundamentos psicobiológicos y planteamiento del problema objeto de estudio

El reconocimiento de caras es un proceso de indiscutible importancia psicobiológica. En las relaciones interindividuales, la cara es un estímulo omnipresente y es la parte del cuerpo donde se encuentran las señas características de la identidad de una persona. De ella se deriva también la información más importante para la comunicación de las emociones y numerosos signos y emblemas que acompañan o reemplazan a la comunicación verbal (Ekman, Friesen y Ellsworth, 1992).

En el desarrollo ontogenético, la relevancia de la cara como estímulo de especial interés psicobiológico se refleja desde los primeros meses de vida. El lactante muestra desde entonces una clara preferencia hacia el rostro humano en comparación con otras categorías de estímulos y una notable capacidad para imitar los movimientos faciales de un adulto (Fantz, 1963; Meltzoff y Moore, 1977; Serrano, Iglesias y Loeches, 1995), lo que ha hecho suponer la posible naturaleza innata de los mecanismos cerebrales implicados en el procesamiento de las caras (Sackett, 1963; Yin, 1978). En virtud de la experiencia, la maduración de un supuesto "esquema" de la cara se hace evidente alrededor de los cinco primeros meses de vida, ya que desde esta edad el lactante demuestra ser capaz de identificar los rostros de personas allegadas (Fagan, 1976). A partir de entonces, no se conoce el límite del número de caras que pueden ser rápidamente memorizadas e identificadas sin dificultad (Sergent y Signoret, 1992; Yin, 1978).

En congruencia con lo anterior, se asume que el cerebro humano podría disponer de mecanismos psicobiológicos *específicos* para discriminar y reconocer caras. Prueba de ello es la evidencia convergente que aportan la neuropsicología clínica y los estudios experimentales realizados en primates no humanos; la primera, dando cuenta de la existencia de daños cerebrales que conllevan trastornos relacionados particularmente con el reconocimiento de rostros familiares, y los segundos, demostrando la existencia de

circuitos neurales que parecen responder preferentemente a caras en comparación con otras categorías de estímulos visuales. En esta dirección apuntan también las investigaciones actuales sobre actividad eléctrica cerebral y reconocimiento de caras en sujetos humanos. El propósito de esta tesis es, a través del estudio de Potenciales Evocados¹ (PEs) de larga latencia, aportar una evidencia psicofisiológica de la especificidad de los mecanismos cerebrales responsables del procesamiento de caras.

El trabajo se enmarca en los intentos recientes de diversos grupos de investigación de encontrar patrones de actividad eléctrica cerebral relacionados específicamente con el procesamiento de caras familiares (i.e. conocidas). En la gran mayoría de estos estudios se utilizan paradigmas experimentales en los que se presentan como estímulos caras conocidas de la vida real y se analizan componentes psicofisiológicos que tienen correlatos funcionales relativamente precisos. Para avanzar en esta línea de investigación, en esta tesis se emplearon, por primera vez, caras artificiales (dibujos realistas), las cuales llegaron a ser conocidas por los sujetos experimentales a través de un proceso de familiarización que incluía varias sesiones de aprendizaje. La utilización de estímulos artificiales, y el procedimiento experimental en su conjunto, tenían la finalidad principal de que los sujetos, al familiarizarse con un grupo de caras, prescindieran completamente, o tanto como fuera posible, de cualquier información (verbal/semántica) que normalmente puede estar asociada a las caras conocidas y que no es específica del dominio facial (Bruce y Young, 1986). De esta manera, se pretendía que en el reconocimiento de las caras sólo intervinieran los mecanismos psicobiológicos relativos prioritariamente a las *descripciones estructurales* de las caras.

El diseño de un paradigma experimental capaz de reflejar los mecanismos psicobiológicos relativos al procesamiento de la información facial se apoyó, en nuestro caso, en uno de los modelos funcionales sobre reconocimiento de caras más aceptados actualmente, el desarrollado por Bruce y Young (1986). Según este modelo, el reconocimiento cotidiano de los rostros de personas conocidas puede ser descrito en

¹La palabra "Evocados" corresponde al término en inglés "Evoked". Su traducción literal es "Provocados", pero dado que esta denominación no es usual en el ámbito de la psicofisiología de habla castellana, en el texto se ha preferido utilizar siempre "Evocados".

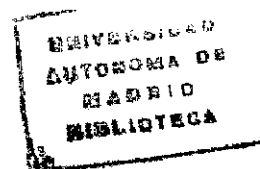
términos del acceso secuencial a diferentes códigos de información. Así, a partir del estímulo visual que representa una cara, puede generarse, según Bruce y Young, un código conteniendo detalles de los aspectos *pictóricos* (iluminación, textura, etc.) de dicho estímulo si este se presenta en forma de fotografía o figura. El reconocimiento de la cara en sí, según estos autores, implica la activación subsecuente de lo que ellos denominan la Unidad de Reconocimiento de la Cara (URC), en función de la correspondencia establecida entre el resultado de la codificación estructural de la cara y los códigos estructurales previamente formados que se refieren a la apariencia física de cada cara conocida y que se encuentran en dicha URC. La URC, que constituye el constructo principal de este modelo, es un concepto análogo a los de "logogen" y "pictogen", propuestos en el marco de teorías explicativas del reconocimiento de palabras y de figuras, respectivamente (Morton, 1969; Seymour, 1979). La activación de la URC puede traer asociada la activación de otros códigos como los *semánticos específicos de la identidad*, que contienen información general sobre la persona (ocupación o profesión, contexto situacional donde la persona es usualmente encontrada, quiénes son sus amigos, etc.) y, subsecuente, la activación de un *nombre propio*. Estos dos últimos códigos (*i.e.* los semánticos específicos de la identidad y el nombre) forman parte, fundamentalmente, del dominio lingüístico o verbal y podrían no activarse ante una cara previamente vista (dando lugar a veces a la común experiencia de "conozco esta cara pero no sé de dónde y mucho menos recuerdo su nombre"). De hecho, tales códigos guardan una relación arbitraria con la forma física de la cara, lo mismo que ocurre, o más si cabe, entre la semántica de una palabra y su ortografía. En cambio, la URC consiste en una *descripción estructural que comprende aspectos invariantes relativos tanto a la configuración ("gestalt") de la cara como a los rasgos constituyentes de la misma* y que contiene, por tanto, los aspectos típicos de la fisionomía. Bruce y Young consideran a este tipo de código (*i.e.* la estructura de la cara) como el tipo de información propiamente específica del dominio facial.

Asumiendo los supuestos básicos del modelo de Bruce y Young (1986), el estudio de posibles evidencias electrofisiológicas a favor de la existencia de mecanismos psicobiológicos específicos para el reconocimiento de caras se desarrolla en esta tesis a partir del paradigma experimental desarrollado originalmente por Kutas y Hillyard

(1980a), que dio lugar al descubrimiento de la N400, un componente negativo de larga latencia que ha sido relacionado con el fenómeno de preactivación ("priming", en inglés) contextual que favorece el reconocimiento de un estímulo. El término *preactivación contextual* se refiere a la facilitación que provoca en el procesamiento de un estímulo la presentación previa de un estímulo relacionado con él en comparación con un estímulo neutro o no relacionado (Bruce y Valentine, 1985; Jackson y Morton, 1984; Murrell y Morton, 1974; Neisser, 1954; Warrent y Morton, 1982; Young, McWeeny, Hay y Ellis, 1986). La facilitación suele traducirse conductualmente en menores tiempos de reacción y en una proporción mayor de aciertos en las respuestas relativas al reconocimiento del estímulo facilitado, efecto que se considera determinado en gran medida por los lazos existentes entre dichos estímulos en la Memoria a Largo Plazo (MLP) (Valdés-Sosa y Bobes, 1990).

En los estudios psicofisiológicos de los mecanismos asociativos intervinientes en la memoria lingüística, el componente N400 aparece con mayor amplitud ante los estímulos (*i.e.* palabras) que no ajustan semánticamente en un contexto lingüístico determinado (por ejemplo, frases o listas de palabras) (Kutas, 1997; Kutas y Hillyard, 1980a). Se ha considerado entonces que N400 refleja la falta de preactivación contextual entre contenidos lingüísticos. Dada la utilidad de este componente para reflejar la estructura y el funcionamiento de la memoria verbal, cobra un especial interés la investigación de un componente análogo que pudiera reflejar los mecanismos asociativos relativos a la memoria de caras familiares y demostrar, aún partiendo de tareas cognitivas similares, la especificidad de su reconocimiento como un proceso psicobiológico especializado.

Para lograr nuestro objetivo se condujeron primeramente dos experimentos en los que, tras el aprendizaje o memorización de las caras artificiales, se llevaba a cabo el registro de PEs en una tarea relacionada con el reconocimiento de las caras aprendidas y que constituía una extensión del paradigma N400 de Kutas y Hillyard (1980a) al estudio del reconocimiento de la *estructura* de la cara, es decir, de la información específica del dominio facial.



Un tercer experimento estuvo encaminado a replicar los resultados anteriores y comparar los patrones espacio-temporales de los PEs en la misma tarea de reconocimiento de caras con aquellos relativos a PEs ante palabras siguiendo el paradigma clásico de N400 de Kutas y Hillyard (1980a). La constatación de un componente análogo a N400 ante caras y el análisis de la distribución topográfica reflejada en este último caso por los PEs, teniendo en cuenta sus posibles generadores neurales, permitiría defender o refutar, como conclusión de esta tesis, la existencia de mecanismos psicobiológicos específicos para el reconocimiento de caras. Tal conclusión cobrará pleno sentido en la medida en que concuerde y complementa las aportaciones que se derivan de nuestros conocimientos actuales sobre la prosopagnosia y las bases neurales del procesamiento de caras, las cuales centran nuestra atención en las páginas siguientes.

2. Evidencias neuropsicológicas de la especificidad del reconocimiento de caras: la prosopagnosia

Para nuestra mejor comprensión de la relevancia del reconocimiento de caras como proceso psicobiológico específico, los datos aportados por la neuropsicología han tenido una influencia decisiva. En concreto, el enfoque neuropsicológico se ha centrado, en gran parte, en constatar la disociación de los trastornos relacionados con el procesamiento de caras de aquellos relacionados con el procesamiento de otras categorías de estímulos (De Renzi, 1989; Ellis y Young, 1989; Farah, Levinson y Klein, 1995).

El primero en hacer una observación sistemática de los trastornos relacionados específicamente con el procesamiento de caras fue Bodamer en 1947, quien, en un extenso informe que comprendió 3 estudios clínicos de pacientes con lesiones cerebrales, estableció por primera vez el término *prosopagnosia* y lo definió como “la disrupción selectiva de la percepción de caras, que incluía tanto la cara de uno mismo como la de los otros, las cuales eran vistas pero no reconocidas como caras pertenecientes a un propietario particular” (reimpreso parcialmente y traducido al inglés del original alemán por Ellis y Florence, 1990).

Bodamer destacó que este trastorno era separable de otros tipos de agnosia y también expresó que la prosopagnosia era "un trastorno bien caracterizado y estrictamente definido, situado en un área de los sentidos, afectando sólo una cierta parte de la actividad gnóstica, i.e. aquella relativa al reconocimiento de caras". Sus dos primeros estudios se referían a dos pacientes con lesiones occipitales bilaterales, que Bodamer describió como representativos de prosopagnosia porque, aunque también mostraban otros tipos de agnosia, en ambos casos la dificultad para reconocer la familiaridad de las caras era el trastorno predominante. En el caso 1, por ejemplo, la agnosia para objetos y la simultanagnosia se limitaban a la experiencia posterior al daño cerebral: el paciente era capaz de reconocer objetos y escenas vistos anteriormente; sin embargo, no sucedía lo mismo con la prosopagnosia, puesto que el paciente tampoco reconocía las caras que había visto antes. En el caso 2, el reconocimiento de objetos llegaba a producirse utilizando una estrategia particular (el paciente reparaba en rasgos aislados consecutivamente hasta tener una impresión global del objeto percibido), lo cual resultaba ineficaz para reconocer caras que seguían sin tener ningún significado para el paciente. Según Bodamer, en ambos casos los sujetos centraban su atención en la "ócula" o región de los ojos y la prosopagnosia impedía la formación de una impresión visual capaz de ser detectada y recordada.

Un tercer caso clínico que Bodamer describió se caracterizó, a diferencia de los dos primeros, por ser capaz de identificar las caras familiares pero de manera distorsionada, con los rasgos mal ubicados o desviados. Esta alteración perceptual, llamada *metamorfosis*, sólo se producía con caras, de forma que el paciente percibía normalmente el resto de los estímulos. Este autor presenta este caso como evidencia de que la percepción de caras puede estar alterada sin afectarse el reconocimiento. Concluyó a este respecto que la percepción y el reconocimiento de caras son dos partes disociables de una categoría visual-gnóstica única.

2.1. ¿Existe una agnosia específica para las caras?

La supuesta especificidad de los mecanismos psicobiológicos subyacentes al reconocimiento de caras ha sido, no obstante, puesta en duda ante la coexistencia en un mismo paciente de la prosopagnosia y otras agnosias relacionadas con la identificación de distintas categorías de estímulos visuales (Farah *et al.*, 1995).

En particular, Damasio, Damasio y Van Hoesen (1982) y Damasio, Damasio y Tranel (1986) destacaron en sus primeros estudios que los individuos prosopagnósicos presentan también frecuentemente dificultades en el reconocimiento de tipos diferentes de animales, alimentos, edificios, automóviles, etc. Este fenómeno podría explicarse por un fallo general en la determinación de la identidad de un ejemplar dentro de una clase determinada. Teniendo en cuenta los rasgos comunes que caracterizan a todas estas categorías de estímulos, llegaron a plantear incluso que la prosopagnosia puede ser definida como un trastorno de la memoria episódica (según la taxonomía de Tulving, 1972) activada visualmente, que se hace más notable en el caso de las caras al tratarse de un tipo de estímulo especialmente complejo. Según estos autores, el principal factor que explica la aparición de la prosopagnosia es una alteración en el mecanismo que permite a un estímulo activar el contexto apropiado que fue previamente asociado con dicho estímulo.

Posteriormente, estos mismos autores (Damasio, 1992; Damasio, Tranel y Damasio, 1990), tras un análisis más detallado de los datos aportados por la clínica neuropsicológica, plantean que el daño cerebral puede afectar selectivamente a sistemas corticales diferenciados, en los que se basa el acceso a inscripciones neurales de entidades concretas de diferentes dominios del conocimiento y niveles taxonómicos (el subrayado es nuestro). De esta manera, reconocen que puede existir un déficit específico relacionado con una categoría particular de estímulos, que dependerá en última instancia del nivel de la complejidad de estos y de la posición del sistema neural correspondiente en la red de conexiones cortico-corticales.

Por su parte, Ellis y Young (1989) hacen una revisión de los casos de prosopagnosia informados en la literatura con el propósito de encontrar evidencias que justifiquen o rechacen la hipótesis de la especificidad de los mecanismos psicobiológicos subyacentes al procesamiento de caras. Estos autores destacan que los trastornos que acompañan a la prosopagnosia varían de un paciente a otro y que incluso los que se encuentran con mayor frecuencia asociados a ella (por ejemplo, otros tipos de agnosia) no están presentes siempre de manera invariable y conjunta. La aparición de la prosopagnosia después de infartos o tumores cerebrales que afectan a extensas zonas de tejido nervioso (incluyendo con predominancia regiones parieto-temporo-occipitales de ambos hemisferios) podría explicar, según estos autores, la coexistencia de estos déficits. En conclusión, estos autores rechazan el punto de vista inicial de autores como Damasio *et al.* (1982), que habían considerado inicialmente la prosopagnosia como una manifestación de una disfunción más general que afecta a la identificación visual de objetos cuando la distinción entre ejemplares de una categoría resulta difícil.

Quizás el caso que mejor descarta el punto de vista de que la prosopagnosia constituye la manifestación de un déficit generalizado a nivel perceptual o mnésico es el informado por De Renzi (1986, Caso 4), que presenta un paciente con una agnosia limitada a las caras familiares. Este paciente, que presentaba una lesión posterior derecha, fue capaz de identificar sus propios objetos personales si estos se mezclaban con ejemplares de la misma categoría, identificó y distinguió correctamente su propia escritura de otras y, en general, no mostró problemas con otras categorías de estímulos (por ejemplo, animales y monedas), exceptuando las caras. Este caso de prosopagnosia "pura" refuerza, según Ellis y Young (1989), la idea de que se trata de un déficit cognitivo independiente que sólo puede surgir en virtud de la existencia de un sistema con componentes funcionales específicos para el reconocimiento de caras. El propio De Renzi (1989) planteó que la replicación de sus hallazgos permitiría asumir que los engramas visuales de caras son almacenados separadamente en la memoria visual y pueden ser dañados selectivamente, produciendo una amnesia restringida a las caras.

Abundando también en el carácter selectivo de los mecanismos psicobiológicos implicados en el procesamiento de caras, Sergent y Signoret (1992) realizaron un estudio

donde combinaron las imágenes de Resonancia Magnética con datos de Tomografía de Emisión de Positrones mientras los sujetos realizaban diferentes tareas relacionadas con el reconocimiento de caras y objetos y constataron que se activaban diferentes áreas cerebrales para los dos tipos de estímulos. Estos autores encontraron una correspondencia entre las áreas cerebrales activadas para el reconocimiento de caras en los sujetos normales y los focos de lesión que aparecían en distintos tipos de pacientes prosopagnósicos.

2.2. Especificidad del procesamiento de caras y habilidades básicas en que se fundamenta la percepción visual

La especificidad de los mecanismos psicobiológicos del reconocimiento de caras puede ser comprendida, según Farah *et al.* (1995), teniendo en cuenta la existencia de dos tipos de habilidades representacionales que están en la base de la percepción visual: la habilidad de representar formas complejas con relativamente poca descomposición en partes constituyentes (procesamiento de naturaleza fundamentalmente “gestáltica”) y la habilidad para representar múltiples partes de un objeto (procesamiento de naturaleza fundamentalmente analítica) (ver también Farah, 1991). Las *caras* serían un tipo de estímulo cuyo procesamiento demandaría estrategias basadas, sobre todo, en el primer tipo de habilidad; las *palabras*, por el contrario, exigirían un procesamiento más analítico. Los *objetos* se situarían en una posición intermedia, es decir, para algunos objetos la descomposición en partes es factible (por ejemplo, es fácil identificar una tecla aislada como parte de un teclado), mientras que para reconocer otros, la presencia del todo es imprescindible (por ejemplo, es difícil reconocer que unas orejas aisladas pertenecen a un gato o a un caballo) (Farah, 1991).

El fallo en estos dos tipos de habilidades podría explicar, según Farah *et al.* (1995), los patrones más comunes de co-ocurrencia de las diferentes agnosias visuales. Aunque los trastornos asociados con el reconocimiento de cada una de estas categorías de estímulos (caras, objetos, palabras) son disociables entre sí, no todas las combinaciones posibles de

agnosia para los tres tipos de estímulos ocurren con la misma frecuencia (Farah, 1991). Es más frecuente encontrar, por ejemplo, prosopagnosia asociada con agnosia para objetos que prosopagnosia asociada con alexia. De esta manera, Farah *et al.* (1995) no están completamente en desacuerdo con la postura inicial de Damasio *et al.* (1982, 1986) al plantear que puede existir algún mecanismo de reconocimiento visual común que puede ser esencial para reconocer caras, útil también eventualmente para reconocer objetos y no utilizado para reconocer palabras (y cuya alteración se asocia únicamente a la coincidencia de prosopagnosia y agnosia para objetos); y uno esencial para reconocer palabras, utilizado eventualmente para reconocer objetos y no utilizado para las caras (que se afecte sólo en el caso de agnosia y alexias combinadas). En cualquier caso, Farah *et al.* ratifican la especificidad de la prosopagnosia al insistir de nuevo en la selectividad de los mecanismos psicobiológicos subyacentes al reconocimiento de caras.

3. Bases neurales del procesamiento de caras

Los datos provenientes de los estudios clínicos y de neuroimagen de los pacientes neuropsicológicos afectados de trastornos asociados con el procesamiento de caras y los procedentes de la experimentación psicológica en diferentes grupos de sujetos (incluyendo individuos con diferentes patologías y sujetos humanos sanos) sobre la posible especialización hemisférica en relación con dicho proceso, considerados junto con los estudios de primates no humanos destinados al registro y análisis de la actividad neuronal responsiva ante caras, han fundamentado el planteamiento y desarrollo de modelos explicativos sobre el reconocimiento de caras y han permitido constatar la existencia de áreas cerebrales dedicadas específicamente al procesamiento de caras.

La utilización de diversas técnicas o modelos de estudio (los citados en el párrafo anterior) permite distinguir tres niveles de análisis en el conocimiento de las bases neurales específicas del procesamiento de caras. Un primer nivel corresponde a la determinación de si ambos hemisferios cerebrales dan soporte neural al procesamiento de caras o si un hemisferio se encarga preferentemente del mismo, teniendo en cuenta que

para determinadas funciones (por ejemplo, la percepción del lenguaje) es de consenso bastante generalizado la evidencia de la especialización de uno de los dos hemisferios (el izquierdo en este caso). Un segundo nivel de análisis se refiere a la determinación de zonas o áreas cerebrales intrahemisféricas responsables del procesamiento de caras. Este nivel de análisis incluye al primero ya que la mención de determinadas áreas corticales siempre incluye la verificación del (de los) hemisferio(s) implicado(s). Así, por ejemplo, los datos derivados del estudio de sujetos con lesiones cerebrales traen consigo la precisión de si las lesiones coincidentes con un defecto en el reconocimiento o percepción de caras fueron derechas, izquierdas o bilaterales. Por último, se puede distinguir un tercer nivel de análisis que se refiere a la citoarquitectura cerebral caracterizada por la responsividad ante caras. Este nivel pone más énfasis en áreas intrahemisféricas muy delimitadas e incluye menos la determinación de una posible especialización hemisférica. No obstante, las evidencias aportadas por cada uno de estos enfoques son complementarias entre sí y todas en conjunto parecen coincidir en que el procesamiento de caras se realiza de manera especializada con respecto al procesamiento de otras categorías de estímulos.

3.1. Unilateralidad vs. bilateralidad

A partir del estudio de pacientes neuropsicológicos, una de las primeras cuestiones que se plantea en relación con las bases neurales del procesamiento de caras a partir del estudio de pacientes neuropsicológicos es la posible especialización del hemisferio derecho en esta función. La presencia simultánea de defectos perceptivos (cuadranopsias y hemianopsias) en el hemicampo visual izquierdo y de trastornos relacionados con el reconocimiento de caras ha sido uno de los datos neurológicos que permiten plantear que las regiones posteriores del *hemisferio derecho* juegan un papel casi exclusivo en el reconocimiento de caras (Benton, 1980; Damasio y Damasio, 1986; Yin, 1978). Para confirmar esta hipótesis, cabría esperar, en primer lugar, que las *lesiones unilaterales* del hemisferio derecho deberían ser suficientes para provocar la aparición de este trastorno, lo cual ha sido, en no pocas ocasiones, comprobado por estudios radiológicos de pacientes con distintos tipos de prosopagnosia (De Renzi, 1986; De Renzi, Perani,

Carlesimo, Silveri y Fazio, 1994, para una revisión; Hécaen y Angelergues, 1962; Meadows, 1974; Sergent y Signoret, 1992; Takahashi, Kawamura, Hirayama, Shiota e Isono, 1995; Whitely y Warrington, 1977).

Contrariamente a este primer planteamiento, los datos que aportan los estudios anatómicos *postmortem* de pacientes con prosopagnosia y los estudios realizados con dichos pacientes mediante modernas técnicas de neuroimagen (Tomografía Computadorizada, Resonancia Magnética y Tomografía de Emisión de Positrones) ofrecen algunas evidencias a favor de que la prosopagnosia es causada por *lesiones bilaterales*. La unilateralidad derecha descrita en los pacientes prosopagnósicos ha sido en varios casos rechazada posteriormente gracias a la utilización de técnicas más finas que han permitido descubrir la presencia de una segunda lesión en el hemisferio izquierdo (Benton, 1980; Damasio y Damasio, 1986; Damasio *et al.*, 1982; Ettlin, Beckson, Benson, Langfitt, Amos y Pineda, 1992; Meadows, 1974; Nardelli, Buonanno, Coccia, Fiaschi, Terzian y Rizzuto, 1982; Young, 1988). Damasio *et al.* (1982), por ejemplo, presentaron tres casos de prosopagnosia y varios estudios *postmortem* de pacientes prosopagnósicos en los que las lesiones fueron bilaterales y no sólo estaban situadas en zonas homólogas, sino que además eran más extensas en el hemisferio izquierdo.

La necesidad de una segunda lesión en el hemisferio izquierdo para la aparición de una prosopagnosia persistente es ilustrada convincentemente por Ettlin *et al.* (1992), quienes describieron un caso de un paciente que devino prosopagnósico sólo después de haber sufrido un tercer accidente vascular encefálico (AVE), que le afectó las regiones parieto-occipitales izquierdas. Anteriormente, este paciente había sufrido dos AVEs que le dañaron extensas zonas del hemisferio derecho, incluyendo casi todo el lóbulo occipital y los tejidos mediales posteriores del lóbulo temporal, lo cual no le impidió el reconocimiento de caras familiares aunque sí le produjo otros síntomas típicos de las lesiones en el hemisferio derecho como fueron la aparición de defectos en el hemicampo visual contralateral.

Farah (1991), en un extenso estudio de patrones de co-ocurrencia de diferentes agnosias asociativas observó que la mayor parte de los pacientes con un patrón combinado de

agnosia y prosopagnosia (12 de 14), presentaba lesiones *bilaterales* en las regiones temporo-occipitales, mientras que aquellos aquejados a la vez de agnosia y alexia (13 de 16) presentaban mayoritariamente lesiones unilaterales en el hemisferio izquierdo en las regiones occipitales, temporales y parietales. Según los datos aportados en este estudio, puede inferirse también una implicación de los dos hemisferios cerebrales en la aparición de la prosopagnosia y, por consiguiente, su participación conjunta en el procesamiento de caras.

La hipótesis de la bilateralidad es más congruente con el hecho de que los casos de prosopagnosia informados en la literatura son muy infrecuentes. Si este trastorno fuera debido a lesiones unilaterales, al ser estas más frecuentes, mayor habría sido el número de prosopagnósicos informados (Meadows, 1974). Debe tenerse en cuenta, no obstante, que la dificultad para reconocer caras no es lo suficientemente incapacitante (al menos en la mayoría de los sujetos afectados) como para que constituya el motivo prioritario de consulta en muchos pacientes con lesiones bilaterales, en los que otros daños perceptuales y cognitivos asociados más graves pueden ser los más preocupantes (Benton, 1980; Yin, 1978).

3.2. Bilateralidad y estrategias de procesamiento de la información

La solución a este debate podría venir facilitada por el análisis de la especialización hemisférica en términos del *tipo de estrategia* que caracteriza el desempeño de cada hemisferio cerebral en el reconocimiento visual (Benton, 1980; Damasio *et al.*, 1982; Levy, Trevarthen y Sperry, 1972; Rhodes, 1985; Sergent, 1982, 1988; Young, 1988). En esta dirección, cabe destacar el estudio aportado por Levy *et al.* (1972) de pacientes comisurotomizados. Estos autores proponen que cada hemisferio tiene su propia estrategia especializada para el procesamiento de la información, de manera que si un hemisferio puede llegar a ser dominante para cierta tarea bajo determinadas condiciones de actividad no va a depender de la naturaleza del estímulo, sino más bien del tipo de estrategia que sea más eficaz para ese caso. Si el hemisferio izquierdo se caracteriza, como plantean ellos, por utilizar estrategias más analíticas, relacionadas con el

procesamiento de rasgos o componentes distintivos de los estímulos, y el derecho está especializado en el procesamiento de tipo configuracional u holístico, es explicable la participación privilegiada (aunque no exclusiva) del hemisferio derecho en el procesamiento de caras, ya que se trata de estímulos cuya percepción está favorecida por el reconocimiento de una determinada "gestalt" o configuración (Bower y Karlin, 1974; Meadows, 1974; Sporer, 1991; Tanaka y Farah, 1993; Winograd, 1978, 1981).

En esa misma dirección, Damasio *et al.* (1982) plantean que los mecanismos específicos que intervienen en el reconocimiento de caras en cada hemisferio difieren en que las unidades de memoria (moldes o plantillas -"templates", en inglés-) que caracterizan el patrón mnésico de una cara se encuentran definidas, en el hemisferio izquierdo, por rasgos separados de la cara y, en el hemisferio derecho, por aspectos configuracionales u holísticos. En cuanto a los mecanismos particulares del hemisferio izquierdo para el reconocimiento de caras, dichas unidades de memoria pueden estar relacionadas, además, con la información verbal correspondiente a cada cara, lo cual también contribuye a diferenciar el proceso de reconocimiento de caras en cada hemisferio.

Por su parte, Sergent (1982, 1988) considera que la supuesta ventaja del hemisferio derecho en el procesamiento de caras se puede deber, en gran parte, a la utilización de tiempos de presentación muy breves y estímulos altamente complejos, que pueden obstaculizar el alto nivel de resolución visual que sería necesario para favorecer su procesamiento analítico por parte del hemisferio izquierdo. Adicionalmente, esta autora considera que el procesamiento de tipo analítico de las caras parece estar relacionado con una secuencia de exploración de la cara de "arriba hacia abajo", gracias a la cual la información referente a los rasgos superiores de la cara (pelo y ojos) se procesan, en presentaciones taquitoscópicas por hemicampos visuales, más eficientemente por el hemisferio izquierdo.

Utilizando también presentaciones taquitoscópicas en hemicampos visuales, Young (1984) encontró una superioridad del hemicampo visual izquierdo (hemisferio derecho) en relación con la identificación de rasgos internos, externos y de la cara completa. Esta ventaja del hemisferio derecho desapareció cuando los estímulos fueron invertidos, es

decir, cuando se perdieron las propiedades configuracionales de la cara, lo cual debió perjudicar el procesamiento de tipo holístico (Carey, 1992; Yin, 1969; Young, Hellawell y Hay, 1987).

Para Benton (1980), la superioridad del hemisferio derecho constatada por varios estudios podría haber tenido interés si las muestras de pacientes estudiados hubiesen incluido sujetos afásicos (con lesiones en el hemisferio izquierdo) con déficits de comprensión, los cuales pueden mostrar también grandes dificultades en tareas de reconocimiento de caras. Las tasas altas de errores de este tipo de pacientes en tareas de discriminación de caras podrían reflejar, según su criterio, la disrupción de los mecanismos característicos del hemisferio izquierdo, el cual tendría una especialización no sólo en los aspectos lingüísticos, sino además en la detección serial de rasgos.

En congruencia con las ideas anteriores, Rhodes (1985) plantea la especialización hemisférica en el reconocimiento de caras de acuerdo con un modelo por etapas, cada una de las cuales puede estar lateralizada de manera independiente (ver también Parkin y Williamson, 1986). Según este modelo, el procesamiento visuo-espacial temprano (codificación y uso de información acerca de las relaciones espaciales entre y dentro de los estímulos, o la relación de un estímulo con algún marco de referencia) parecen llevarse a cabo más eficientemente por el hemisferio derecho, así como la creación y comparación subsecuentes de representaciones faciales. El hemisferio izquierdo estaría especialmente "aventajado" en las comparaciones basadas en rasgos discretos de las caras. Igualmente, la utilización de información semántica (incluyendo nombres asociados a las caras), que, según Rhodes, ocurre en etapas más tardías del procesamiento visual, se realizaría más eficientemente por parte del hemisferio izquierdo.

Independientemente de que cada autor destaque uno u otro aspecto, cuando se plantea la especialización hemisférica en términos de las estrategias o tareas que pueden ser propias de cada hemisferio cerebral para el reconocimiento de caras, parece haber un consenso en que el procesamiento de rasgos o de tipo analítico de las caras está más relacionado con el desempeño del hemisferio izquierdo y que el procesamiento de la información configuracional u holística de la cara la lleva a cabo más eficientemente el hemisferio

derecho. Bajo ciertas condiciones (según la naturaleza estimular y de la tarea), las diferencias interhemisféricas en el procesamiento de caras podrían ser únicamente de tipo cuantitativo, lo cual podría explicar el hecho de que se encuentre en determinadas tareas el mismo patrón en el comportamiento de pacientes con lesiones en uno u otro hemisferio, a pesar de que los pacientes con lesiones en el hemisferio derecho muestran generalmente más bajos resultados (Young, 1988). En todo caso, la participación de ambos hemisferios tendría un mayor valor adaptativo porque favorecería, en individuos con lesiones cerebrales, una compensación eficiente en caso de producirse algún daño o pérdida de capacidades relacionados con el procesamiento de caras.

Para tomar en consideración los datos aportados por este tipo de estudio, es necesario tener en cuenta las propias limitaciones de las técnicas utilizadas con pacientes neuropsicológicos y sujetos humanos normales (Sergent y Signoret, 1992). Por ejemplo, los estudios neuro-radiológicos en cerebros dañados pueden dar cuenta de un daño cerebral focal que puede tener efectos negativos sobre el funcionamiento de áreas distantes; en consecuencia, la integridad estructural local no siempre sería sinónimo de un funcionamiento normal. También en el estudio de pacientes con lesiones han de tenerse en cuenta ciertos aspectos como las diferencias individuales en la organización cerebral y, en particular, si los individuos pueden diferir en su grado de asimetría cerebral para el reconocimiento de caras de forma que la misma lesión unilateral podría ocasionar prosopagnosia en algunos casos y no ocasionarla en otros (Meadows, 1974; Sergent y Signoret, 1992; Young, 1988).

3.3. Áreas cerebrales relacionadas con el procesamiento de caras: una visión macroscópica

Algunos autores han llegado a describir con cierta precisión las regiones cerebrales lesionadas que aparecen regularmente acompañando a la agnosia para caras (Damasio *et al.*, 1990; Damasio, 1992; Meadows, 1974; Sergent y Signoret, 1992).

Del análisis sistemático de la topografía de las lesiones en pacientes con daño cerebral con y sin prosopagnosia, Damasio *et al.* (1990) han podido identificar con bastante exactitud las regiones cerebrales que parecen ser más importantes como soporte neural del procesamiento de caras (Fig. 1A). Estos autores llegan a delimitar, incluso, hasta las zonas afectadas según el tipo de prosopagnosia que presenta cada paciente. Según Damasio *et al.*, la prosopagnosia "*pura asociativa*", que se caracteriza porque el paciente, aún cuando reconoce las caras como caras y es capaz de utilizar otros índices como la voz para identificarlas, las percibe visualmente como "despojadas de significado" (ver también Farah, 1990, 1991) y, por tanto, es incapaz de reconocerlas. Este tipo de prosopagnosia es causada por un daño *bilateral* en las cortezas asociativas visuales inferiores occipitales y temporales (áreas 18 y 19 en su parte inferior y parte del área 37) (Fig. 1B). La prosopagnosia "*amnésica asociativa*" (que suele aparecer en estadios iniciales de la amnesia, de ahí su nombre), en la que el paciente, es incapaz de reconocer la identidad de la cara, ni siquiera por medio de la voz, mostrando además un déficit en la utilización de otros índices contextuales, está también, según estos autores, causada por un daño *bilateral*, pero en regiones temporales anteriores, es decir, en estructuras límbicas (amígdala, corteza entorrinal e hipocampo) y áreas paralímbicas y corticales aledañas (áreas 38, 20, 21 y 22) (Fig. 1C). En cambio, la prosopagnosia llamada "*aperceptiva*", donde además de la dificultad para reconocer caras, el paciente tiene un déficit severo de integración visual (es incapaz de generar la imagen de un todo a partir de sus partes) está asociada fundamentalmente con un daño en las cortezas asociativas visuales *derechas* dentro de las regiones parietales y occipitales (áreas 18 y 19, partes mesiales y laterales, y parte de las áreas 39 y 37), (Fig. 1D).

Ambos hemisferios, según las conclusiones de Damasio *et al.* (1990), están implicados en el procesamiento de caras, sólo que ambos no contribuyen de igual manera, teniendo las cortezas visuales *derechas* una ventaja definida en este proceso. Estos resultados se corroboraron en un estudio más reciente de pacientes con daño selectivo en diferentes cortezas asociativas (Damasio, 1992), en el que se relacionaron el foco de la lesión y las categorías de los estímulos (naturales, contruidos por el hombre, etc.), cuyo reconocimiento se afectó en función del área cerebral lesionada.

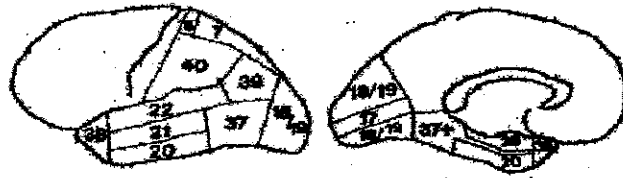


Figura 1A. Esquema de los campos citoarquitectónicos de las regiones que suelen estar dañadas en la prosopagnosia y que parecen ser el soporte neural del procesamiento de caras en humanos. El 37+ designa la combinación de los campos 37, 36 y 35 en la región temporal mesial (Tomado de Damasio *et al.*, 1990; pág. 99).

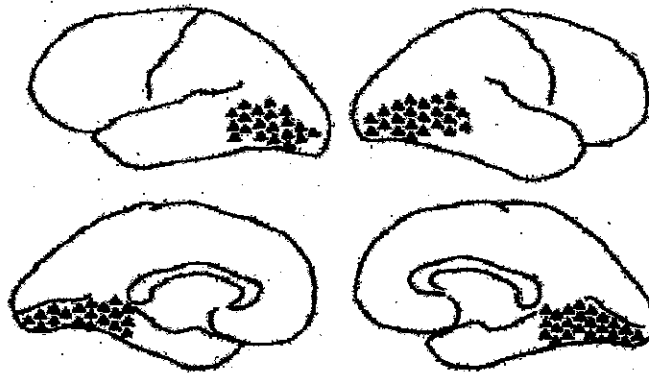


Fig. 1B. Áreas de lesiones asociadas con la prosopagnosia "pura asociativa". El daño es bilateral y localizado en las cortezas asociativas visuales inferiores occipitales y temporales. Las lesiones afectan la parte inferior de los campos 18 y 19 y parte del campo 37 (Tomado de Damasio *et al.*, 1990; pág. 99).

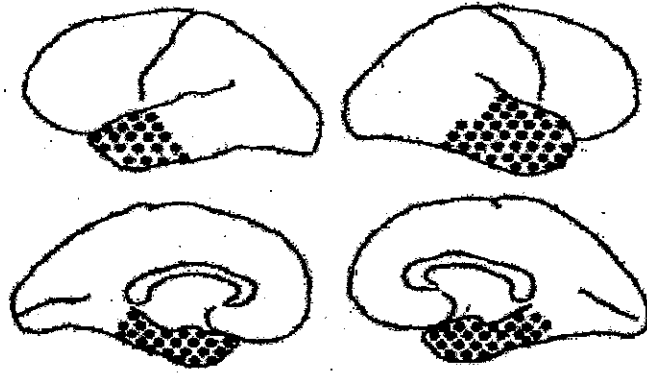


Figura 1C. Localización de las lesiones en la prosopagnosia de tipo "amnésica asociativa". Las lesiones son bilaterales y afectan la región temporal anterior y no las cortezas posteriores occipito-temporales. El daño afecta el sistema hipocampal (corteza entorrinal, hipocampo y amígdala), así como las áreas paralímbicas y neocorticales en los campos citoarquitectónicos 38, 20, 21 y 22 (Tomado de Damasio *et al.*, 1990, pág. 100).

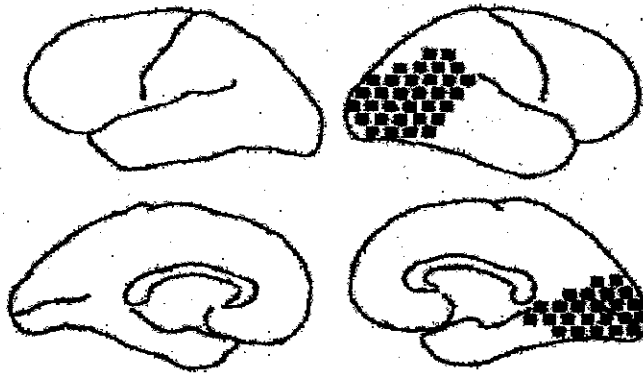


Figura 1D. Localización de las lesiones en la prosopagnosia "aperceptiva". El daño está en las cortezas asociativas visuales derechas de las regiones parietales y occipitales. Citoarquitectónicamente, las lesiones se sitúan en las partes mesiales y laterales de los campos 18 y 19, así como parte de los campos 37 y 39 (Tomado de Damasio *et al.*, 1990, pág. 100).

3.4. Áreas cerebrales relacionadas con el procesamiento de caras: una visión microscópica

Los datos que han aportado hasta el presente el mayor grado de precisión en la determinación de las bases neurales específicas del procesamiento de caras son los provenientes del registro de la actividad neuronal en primates no humanos.

Implantando electrodos de registro profundo en la corteza temporal de 5 macacos (4 *Macaca fascicularis* y 1 *Macaca mulatta*), específicamente en el banco dorsal y fondo de la parte anterior del Surco Temporal Superior (STS), Bruce, Desimone y Gross (1981) describieron una zona a la que llamaron *Área Polisensorial Temporal Superior* (STP), en la que encontraron un pequeño grupo (30 %) de células que respondían selectivamente a determinados estímulos visuales (Fig. 2). De este grupo de células, algunas unidades respondían concretamente a caras de congéneres y de humanos y no respondían a otros estímulos presentados como fueron barras, puntos luminosos, ejes u otros más complejos como manos. Los autores sugirieron que estas células eran más sensibles a la información configuracional que a rasgos aislados porque: 1) estas células respondían a una variedad de caras (reales, diapositivas y fotografías) que diferían en tamaño, color y movimiento; 2) al ocultar los ojos en la fotografías se disminuía pero no se eliminaba la respuesta; y 3) al colocar los rasgos de manera caótica la respuesta sí se eliminaba. Se encontró otro grupo de células cuya actividad parecía depender de algunos rasgos específicos de la cara como los ojos o el pelo, o quizás de otros estímulos complejos además de la cara.

Dado que la mayor parte de las neuronas (70 %) registradas en STP por Bruce *et al.* tenían grandes campos receptivos, eran sensibles al movimiento de los estímulos pero no a su forma y tenían una responsividad polimodal, estos autores sugirieron que STP debía estar más implicado en las funciones espaciales y de orientación que en el reconocimiento de patrones (ver también Rolls, 1992). Es muy probable, por tanto, que las neuronas selectivas a caras en esta zona (una parte del 30 % de las neuronas registradas que sí parecían responder mejor a estímulos particulares) estén implicadas en mecanismos de

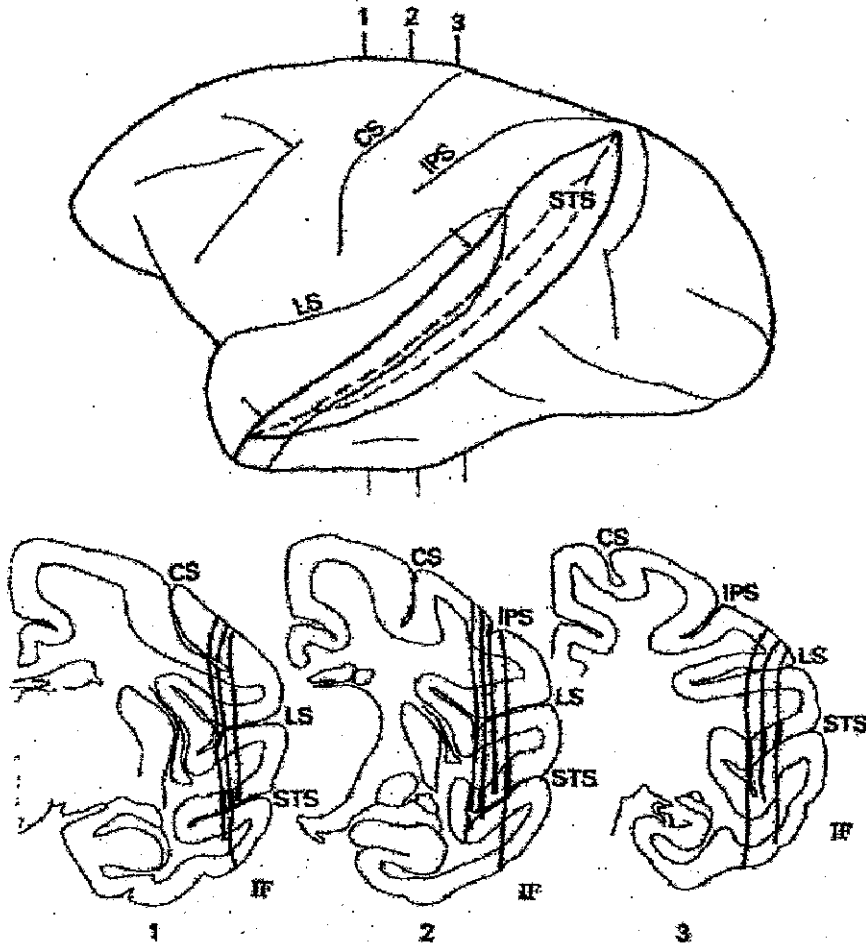


Figura 2. El gráfico representa en la parte superior una vista lateral del cerebro de un macaco con el Surco Temporal Superior (STS) desplegado para una mejor apreciación. El fondo del STS está representado por la línea de puntos. El área delimitada por flechas corresponde al STP, el *Área Polisensorial Temporal Superior*. En la parte inferior se muestran los cortes coronales con los sitios de colocación de los microelectrodos en un sujeto. Las puntas reforzadas indican el sitio de intersección de los microelectrodos con el STP. CS (surco central); IPS (surco intraparietal); LS (surco lateral); IF (corteza temporal inferior). (Modificado a partir del original de Bruce *et al.*, 1981).

orientación relativos a las conductas de acercamiento y alejamiento de otros miembros de la especie (Gross, 1992).

Aunque los autores no hacen referencia explícita a la lateralidad de los hemisferios registrados, sí plantean que estudiaron 8 hemisferios en los 5 sujetos, de lo que se deduce que los hallazgos fueron bilaterales.

Perret, Rolls y Caan (1982) realizaron registros de actividad unitaria igualmente en el fondo del STS de 3 macacos (*Macaca rhesus*), en una región que los propios autores consideran que podría ser parte del STP de Bruce *et al.* (1981), y encontraron una agrupación de neuronas que, a diferencia de las descritas por Bruce *et al.* (1981), no eran polisensoriales (no respondían a estímulos auditivos ni táctiles). Estas neuronas tenían su mayor frecuencia de descarga ante la estimulación visual con caras y partes de la cara, la cual era de 2 a 10 veces mayor que ante otros estímulos visuales simples y complejos. La magnitud de su respuesta se mantenía constante a pesar de transformaciones hechas a las caras presentadas como estímulos como fueron la rotación (horizontales o invertidas) o el cambio de color, tamaño o distancia. Para muchas de las neuronas registradas, la respuesta ante caras con una organización normal y presentadas de frente fue significativamente mayor que ante caras con los rasgos desordenados o vistas de perfil. El enmascaramiento de determinados rasgos de la cara redujo también notablemente la respuesta en un determinado número de neuronas y no en otro. Asimismo, la presencia de rasgos aislados o subconjuntos de rasgos fue suficiente para provocar la máxima respuesta en otro número de células estudiadas.

De estos resultados, Perret *et al.* (1982) concluyeron que la agrupación de neuronas registradas representaban parte de un sistema especializado para codificar caras o rasgos presentes en ellas y que, posiblemente, las lesiones en esta zona eran las responsables de la prosopagnosia y otras alteraciones relacionadas con el reconocimiento de caras en humanos y primates no humanos. Para estos autores, las amplias conexiones de las neuronas del fondo del STS con la corteza temporal inferior (de la cual recibe aferencias y donde también se han encontrado neuronas que responden a caras, como se verá más adelante), con la amígdala y las cortezas parietal y frontal (a las cuales envía eferencias),

son otra evidencia de que estas neuronas podrían hacer llegar la información necesaria a los sistemas cerebrales responsables de la identificación de caras y de las respuestas emocionales y sociales asociadas a ellas.

Aunque las neuronas encontradas por Perret *et al.* (1982) se encontraban principalmente en el hemisferio izquierdo, los propios autores aclaran que el muestreo del registro estaba sesgado hacia este hemisferio, de modo que la posibilidad de una asimetría no pudo ser establecida ni excluida.

Con el propósito de investigar si las neuronas estudiadas en el STS por Perret *et al.* (1982) eran capaces de responder selectivamente a diferentes caras, Baylis, Rolls y Leonard (1985), con un diseño experimental análogo, presentaron a 3 sujetos (*Macaca mulatta*) un conjunto de caras que incluía caras de congéneres y de humanos y compararon las respuestas de diferentes neuronas de los bancos ventral y dorsal de la parte anterior del STS a las diferentes caras presentadas. También compararon las respuestas de las neuronas del STS a otros estímulos con diferentes grados de complejidad visual.

Los resultados obtenidos por estos autores indicaron que no sólo existían neuronas que tenían respuestas al menos 2 veces mayor a las caras que a otros estímulos (lo cual había sido ya comprobado por Perret *et al.* (1982)), sino que algunas de ellas respondían a muchas de las caras, otras a un subconjunto específico de caras e incluso algunas, que fueron altamente selectivas, respondían principalmente (aunque no exclusivamente) a una de las caras del conjunto-estímulo.

Baylis *et al.* sugirieron que era muy probable que estas neuronas pudieran ser útiles para la distinción entre diferentes individuos y, por tanto, para la ejecución de diferentes respuestas conductuales ante diferentes caras. El hecho de que la mayor parte de las neuronas respondiera a varias caras diferentes y que estas neuronas aparecieran formando un conglomerado en el STS sugiere, según estos autores, que ellas realizan un cómputo común (relacionado posiblemente con la detección de diferencias meramente físicas), que resulta útil para la discriminación entre diferentes individuos (ver también

Gross, 1992). Al intentar replicar en su estudio los resultados de Perret *et al* (1982), Baylis *et al.* dan por supuesto que sus resultados están referidos a ambos hemisferios.

Con el objetivo de relacionar la posible especialización hemisférica con diferencias halladas en tareas relacionadas con la percepción de caras entre humanos y primates no humanos, Perret, Mistlin, Chitty, Smith, Potter, Broennimann y Harries (1988) estudiaron en ambos tipos de sujetos los efectos de la inversión de las caras y si, en consecuencia, se perjudicaba el procesamiento configuracional de la cara. Para ello, partieron de las evidencias aportadas por los estudios previos según los cuales los primates no humanos, a diferencia de los humanos, no muestran el efecto de inversión de las caras (son capaces de aprender a discriminar caras derechas o invertidas con la misma facilidad), lo que hace suponer un procesamiento de las caras en los primates no humanos preferentemente de tipo analítico y una ausencia de asimetría hemisférica (en los humanos la preferencia de estrategias de tipo holístico para el reconocimiento de caras está relacionada con la supuesta ventaja del hemisferio derecho).

Perret *et al.* (1988) encontraron, en las células del banco dorsal y fondo del STS, una correlación de la latencia de la respuesta de estas neuronas con la orientación (tiempos más largos a medida que aumentaba el ángulo de rotación de la cara), aunque la magnitud de la respuesta seguía siendo la misma. Esta correlación se dio también en los estudios de Tiempos de Reacción. Adicionalmente, los primates no humanos demostraron ser capaces de aprender a discriminar entre caras con su correcta configuración y caras con los rasgos desordenados, y, cuando fueron forzados a utilizar estrategias holísticas, mostraron, como los humanos, el efecto de inversión. Por tanto, es la ausencia de restricciones sobre las estrategias de procesamiento y no tanto una diferencia fundamental en las habilidades perceptuales de humanos y primates no humanos para codificar los aspectos configuracionales de las caras, la que, según Perret *et al.*, permite encontrar diferencias entre la conducta de humanos y primates no humanos ante caras.

En cuanto a la especialización hemisférica, estos autores observaron una mayor concentración de células que respondían a caras en el hemisferio izquierdo, a pesar de los

controles realizados en el estudio para evitar un posible sesgo en el registro. Ellos atribuyeron este hecho a la posible especialización del hemisferio izquierdo de los primates no humanos en tareas visuales incluyendo las de discriminación espacial, que sería, por tanto, opuesta a la supuesta ventaja del hemisferio derecho para este tipo de tareas en humanos.

Las células selectivas a caras que se localizan en la corteza inferotemporal (IT, incluyendo las del banco ventral del STS) de primates no humanos han sido encontradas por Rodman, Skelly y Gross (1991, citados por Gross, 1992) incluso en sujetos de sólo 5 semanas y media de edad. Dado que no se ha observado una clara tendencia de desarrollo maduracional en cuanto a la magnitud de responsividad entre la infancia y la adolescencia, se considera que estas células especializadas pueden estar presentes en el momento del nacimiento. No obstante, como plantea Gross (1992), los datos acumulados hasta el presente no permiten llegar a esta conclusión. De hecho, los estudios realizados por Rolls, Baylis, Hasselmo y Nalwa (1989) aportan evidencias de que las propiedades de respuesta de las neuronas de la corteza temporal podrían ser modificadas por la experiencia, ya que algunas de ellas son capaces de alterar la magnitud de su respuesta a diferentes miembros de un conjunto nuevo de caras desde las primeras repeticiones del mismo (aunque esto no niega, por supuesto, el posible carácter innato de dichas células).

Otras áreas que menciona Gross (1992) donde se han encontrado células que responden a caras son la *amígdala*, el *putamen ventral* y el *lóbulo frontal*, aunque en una proporción mucho menor. En la *amígdala* se han encontrado células responsivas a caras bidimensionales y tridimensionales de congéneres y humanos, así como a rasgos de la cara y la cara completa (Leonard, Rolls, Wilson y Baylis, 1985; Tanaka, 1996). La latencia de las respuestas de estas neuronas es algo mayor que la encontrada en las neuronas del STS (en un rango de 110 ms. a 220 ms.), lo cual podría explicarse, según Damasio (1989), considerando la posición intermedia de la *amígdala* en la red de conexiones corticales que establecen la cadena de procesamiento de información desde el STS hacia el hipocampo (ver también Tanaka, 1996).

3.4.1. Neuronas selectivas a caras y trastornos de reconocimiento de caras en el hombre

Sobre la posible relación de las neuronas selectivas a caras encontradas en la corteza temporal en primates no humanos y el reconocimiento de caras en el hombre, Gross (1992) plantea que pudiera existir una relación entre los trastornos del reconocimiento de caras (*i.e.* la prosopagnosia) y el daño del tejido cortical al que pertenecen dichas células. Aunque las lesiones que aparecen en pacientes prosopagnósicos se encuentran usualmente en regiones occipito-temporales ventromediales, este autor sugiere que un daño en dichas regiones podría interrumpir las vías de conexión de las neuronas selectivas a caras (en la corteza temporal) con otras regiones de destino (por ejemplo, la corteza límbica) y causar consecuentemente el déficit de reconocimiento.

La profundización en el estudio de las neuronas selectivas a caras en primates no humanos ha permitido también ofrecer una respuesta plausible a la causa de la disociabilidad de diferentes trastornos relacionados con el procesamiento de caras (Rolls, 1992). El hecho de que algunos individuos presenten problemas en la identificación de caras familiares y sean, no obstante, capaces de reconocer diferentes expresiones emocionales, a diferencia de otros que muestran un patrón inverso de comportamiento, puede estar basado en daños selectivos en diferentes áreas corticales relacionadas específicamente con el procesamiento de la identidad y de la expresión emocional. Hasselmo, Rolls, y Baylis (1989) estudiaron estas posibles áreas en primates no humanos (1 *Macaca mulatta* y 2 *Macaca fascicularis*) e identificaron el *giro temporal inferior* con la zona donde se sitúan fundamentalmente las neuronas responsables de codificar la identidad y el STS con la zona de mayor concentración de células que responden a las expresiones emocionales. La proximidad de estas últimas neuronas a las células que responden al movimiento en STP (Bruce *et al.*, 1981) puede reflejar, según Hasselmo *et al.* (1989), la importancia de los aspectos dinámicos de la expresión facial.

Por último, el hecho de que algunos pacientes (no necesariamente prosopagnósicos) muestren dificultades en el reconocimiento de caras no familiares presentadas con

diferentes (e inusuales) orientaciones o condiciones de iluminación, o en hacer corresponder partes de una cara con la cara completa, podría interpretarse como el reflejo de una dificultad general para traducir representaciones de diferentes vistas del objeto percibido (cara) a una representación general del mismo (Hasselmo, Rolls, Baylis y Nalwa, 1989). Estos pacientes podrían tener lesiones situadas en áreas del cerebro humano correspondientes a la corteza temporal de los primates no humanos, donde se han descrito grupos de neuronas que responden a determinadas vistas de la cara percibida y grupos de neuronas que responden con independencia del ángulo visual del observador y cuya respuesta se basa en coordenadas centradas en el objeto (Hasselmo *et al.*, 1989; Perret *et al.*, 1982; Rolls, 1992; Tanaka, 1996; Toveé, Rolls y Azzopardi, 1994). La coincidencia de ambos tipos de células en esta zona es consistente con la hipótesis de que en dicha zona podría tener lugar la etapa en la jerarquía del sistema visual en la que se construyen las representaciones prototípicas de los objetos percibidos.

En suma, como ya se anticipó, los datos hasta aquí expuestos constituyen una evidencia convergente de la existencia de mecanismos especializados en el cerebro humano para la percepción y reconocimiento de caras. Las conclusiones derivadas de los mismos constituyen un buen fundamento para el planteamiento de problemas y objetivos de investigación en otros ámbitos de trabajo como la Psicofisiología y, concretamente, el estudio de Potenciales Evocados en sujetos humanos sanos, aspecto en el que se centra el siguiente apartado y que nos llevará, finalmente, a la definición del objetivo del presente trabajo.

4. Contribución del estudio de los Potenciales Evocados en la determinación de la especificidad del procesamiento de caras

Un número importante de evidencias a favor de la caracterización del procesamiento de caras como un proceso especializado proviene del estudio en sujetos humanos de los registros de la actividad eléctrica cerebral y, más concretamente, del estudio de los PEs de larga latencia. El objetivo de este tipo de estudio es encontrar perfiles

electrofisiológicos que reflejen de manera más o menos directa la actividad de los mecanismos cerebrales responsables del procesamiento de las caras como estímulos visuales.

4.1. Delimitación de Potenciales Evocados específicos del procesamiento de caras

El paradigma experimental clásico en la búsqueda de PEs específicos del procesamiento de caras ha consistido en comparar la actividad eléctrica provocada por la *presentación* de caras con la provocada por otra u otras categorías de estímulos visuales. Este tipo de diseño experimental se basa esencialmente en la presentación aleatoria de los diferentes estímulos y en el análisis ulterior de los perfiles psicofisiológicos correspondientes a la percepción de cada uno de ellos.

Bötzel y Grüsser (1989), por ejemplo, presentaron en dos primeros experimentos diferentes estímulos, incluyendo caras, y observaron que las respuestas electrofisiológicas ante la percepción de estas últimas se diferenciaban de las provocadas por el resto de los estímulos (una silla y un árbol, Experimento 1; diferentes tipos de jarrones y zapatos, Experimento 2). La diferencia estaba dada por la presencia ante las caras de un *pico positivo* entre los 150 ms. y los 190 ms. (P150) y un *pico negativo* entre los 220 ms. y los 300 ms. (N300). Estas respuestas específicas a caras (P150 y N300) fueron siempre más marcadas en los electrodos correspondientes a la línea media (se utilizaron los emplazamientos Cz, Pz, T5 y T6), no existiendo ningún efecto de lateralización. Una onda positiva tardía entre los 580 ms. y los 700 ms. apareció, más marcada en Fz, ante todas las categorías de estímulos estudiadas (caras, jarrones y zapatos) en su tercer experimento. Este componente positivo tardío se relacionó, según Bötzel y Grüsser, con el hecho de que en este experimento, a diferencia de los otros dos, los sujetos tenían que realizar una tarea de reconocimiento y emitir una respuesta.

Respecto a los posibles generadores neurales de los componentes específicos de caras antes mencionados, Bötzel y Grüsser descartan el área selectiva de caras del lóbulo temporal de los primates no humanos (Baylis *et al.* (1985); Bruce *et al.* (1981);

Otros investigadores (Jeffreys, 1989; Jeffreys y Tukmachi, 1992; Jeffreys, Tukmachi y Rockley, 1992) han descrito un componente de actividad eléctrica cerebral que consideran específico de caras y que podría considerarse similar a la P150 descrita por

estas respuestas psicofisiológicas que muestran una sensibilidad selectiva ante caras apoyan la hipótesis, según Seeck y Grüsser, de que el cerebro humano, al igual que el de los primates no humanos, procesa de forma específica la información relacionada con las caras. Las bases neurales que ellos sugieren para este tipo de respuesta son las mismas que en el estudio anterior de Hölzel y Grüsser (zonas occipito-temporales intracalcarinas y estructuras límbicas). Igualmente, en el estudio de Seeck y Grüsser (1992) no se encontraron diferencias significativas entre las derivaciones izquierdas y derechas.

derivaciones y las derivaciones T5 y T6.

registros bipolares, las respuestas más prominentes se encontraron entre estas registros monopolares; sin embargo, cuando estos autores hicieron un análisis de Seeck y Grüsser en las derivaciones de línea media (Cz) y frontales (F3 y F4) con los provocada por las caras. Los potenciales específicos a caras fueron encontrados por del cuerpo como manos, dedos y ojos, en la que no se obtuvo una morfología similar a la se corroboró en una serie de experimentos donde registraron respuestas a otras partes relativos a estas últimas podrían ser potenciales relativos a caras disminuidos. Esta idea presencia de la cara en las imágenes de cuerpo entero, por lo cual los componentes siempre fueron más atenuadas. Los autores no descartan que esta similitud se deba a la cuerpo entero se obtuvo un perfil electrofisiológico similar al de las caras, las respuestas de caras, imágenes de cuerpo entero, herramientas y flores. Aunque ante las imágenes de tipo de componente (P130-150 y N200-230) cuando presentaron a los sujetos, además En una serie posterior de experimentos, Seeck y Grüsser (1992) obtuvieron el mismo de los lóbulos temporales).

(i.e. estructuras límbicas como hipocampo y amígdala, el giro cingulado o partes basales los componentes descritos en su trabajo se originan en estructuras bilaterales profundas hombre esta zona podría corresponder a la región basal temporo-occipital y asumen que Hasselmo *et al.* (1989); Perret *et al.* (1982)). En su lugar, ellos sugieren que en el

Bötzel y Grüsser (1989) y Seeck y Grüsser (1992). Concretamente, el llamado "pico positivo de vértex (VPP)" ha sido el término propuesto por estos autores para un tipo de PE que aparece con una latencia de 150-200 ms. en las derivaciones centrales y parietales de la línea media (aunque revierte su polaridad en las derivaciones T3 y T4) cuando a los sujetos se les presentan caras ya sea en fotografías, dibujos e incluso figuras ilusorias que, sin ser caras propiamente dichas, dan la apariencia subjetiva de serlo (por ejemplo, un arreglo de frutas que se agrupan en forma de cara o un árbol cuyo ramaje simula una cara). Este VPP alcanza una amplitud máxima con una fijación foveal del estímulo y se mantiene invariable tanto si se produce un cambio de tamaño retiniano como si se introducen figuras o caras adyacentes.

Aunque estos autores recogieron un VPP para otros estímulos diferentes de las caras humanas como fueron cabezas de otras especies no humanas (aves, peces, distintos mamíferos), las respuestas ante estas últimas fueron siempre de una latencia retardada (hasta 20 ms.) y de una amplitud menor en comparación con la del VPP de caras, una diferencia que los autores no consideran determinada exclusivamente por desigualdades en parámetros básicos de los estímulos. Este resultado se repitió cuando se utilizaron como estímulos los dibujos de otros objetos familiares naturales y artificiales (avión, zapato, estrella de mar, automóvil). Algunos cambios que prolongaron la latencia y disminuyeron ligeramente la amplitud del VPP ante caras fueron la inversión y rotación de las mismas. También el hecho de remover en las caras presentadas determinados rasgos internos como la nariz o la boca, incrementaba ligeramente la latencia; por otra parte, la presentación de sólo la nariz y la boca producía incrementos de latencia de hasta 50 ms. Estos resultados y los obtenidos con figuras ilusorias (que configuracionalmente daban la impresión subjetiva de ser caras y, de hecho, provocaban un VPP típico de caras) demuestran, según Jeffreys y Tukmachi (1992), la importancia de la configuración espacial de la cara completa en la generación de este tipo de potencial.

Por su parte, Jeffreys y Tukmachi, a diferencia de Bötzel y Grüsser (1989) y de Seeck y Grüsser (1992), consideran, en cuanto a los posibles generadores del VPP, que su distribución en el cuero cabelludo puede ser explicada por la acción de fuentes bilaterales localizadas en la corteza temporal y que bien podrían corresponder a la región cortical de

los bancos del STS o a las superficies temporales ventrales. Las propiedades de respuesta de VPP son semejantes en varios aspectos, según ellos, a las neuronas sensibles a caras encontradas en la corteza temporal de primates no humanos. En conclusión, estos autores consideran que las propiedades del VPP reflejan muy probablemente la actividad de una etapa básica en la detección de la cara como patrón visual y, particularmente, la actividad de la región del sistema visual encargada de la visión de "objetos", que se caracteriza anatómo-fisiológicamente por un sistema de conexiones occipito-temporales (vía ventral).

Unos resultados de interpretación semejante a la de Jeffreys y Tukmachi (1992), encontraron Sommer, Schweinberger y Matt (1991) en un estudio de PEs registrados durante el proceso de *codificación* de caras no familiares. En este estudio se obtuvo una diferencia significativa entre los PEs relativos a las caras que fueron reconocidas en una prueba posterior al registro psicofisiológico y los correspondientes a las caras que no fueron reconocidas en dicha prueba. Esta diferencia estaba dada por una mayor *positividad frontal* y una mayor *negatividad parieto-temporal* (ambas de larga duración, sin pico definido) ante las caras que fueron posteriormente reconocidas. Sommer *et al.* consideraron que estas diferencias reflejaban los procesos de codificación que intervienen en la memoria de caras. Destacaron además que estos resultados diferían de los observados ante estímulos verbales por otros autores, ya que los resultados en este último caso arrojan diferencias manifestadas en positividades frontales o ampliamente distribuidas en su topografía.

En un estudio reciente realizado por George, Evans, Fiori, Davidoff y Renault (1996), no se encontraron efectos específicos de la presentación de caras normales (con rasgos en su posición correcta) y caras desordenadas (con rasgos en una posición incorrecta) sobre la amplitud, la latencia o la topografía del VPP (onda P2 para estos autores). Aunque este resultado cuestiona la especificidad del VPP ante las caras (ya que apareció también ante las caras desordenadas que pudieran no ser consideradas caras propiamente dichas), los propios autores consideran que si bien las caras desordenadas no eran caras normales, en realidad fueron percibidas como caras (como se confirmó posteriormente). Es importante tener en cuenta además que, en este estudio, el registro de PEs fue sincronizado con una

tarea de selección forzada ante la presentación de dos caras en una doble pantalla, lo cual pudo afectar la morfología de la respuesta psicofisiológica y contribuir a neutralizar un posible efecto sobre el VPP del tipo de estímulo utilizado.

Al igual que Jeffrey (1989), estos autores encuentran que el VPP invierte su polaridad en las regiones temporales y están de acuerdo en la posible ubicación de sus generadores en áreas de la corteza temporal funcionalmente equivalentes al STS de primates no humanos, en la corteza temporal inferior y posiblemente también, como consideran Bötzel y Grüsser (1989) y Seeck y Grüsser (1992), en estructuras límbicas más profundas como el giro fusiforme y el giro parahipocampal. Adicionalmente, estos mismos autores encontraron una negatividad de larga duración asociada a las caras desordenadas en derivaciones temporales (más pronunciada en T6) con una latencia entre los 150 ms. y los 300 ms., que consideran una *negatividad de procesamiento* o una negatividad de selección asociada con la dificultad de procesamiento del estímulo. La comparación de mapas de voltaje y de densidad de corriente para los dos tipos de estímulos permitió a George *et al.* considerar la localización de los posibles generadores de esta negatividad preferentemente en estructuras límbicas profundas como son el giro parahipocampal o el giro fusiforme.

Un último estudio en el que se han comparado los patrones espacio-temporales de la actividad eléctrica cerebral ante la presencia de caras y otro de tipo de información visual es el realizado por Ruchkin, Johnson, Grafman, Canoune y Ritter (1997) con el objetivo de corroborar la existencia de múltiples compartimentos ("buffers", en inglés) visuoespaciales en la memoria de trabajo. Estos autores intentan trasladar al estudio de la memoria la división anátomo-funcional existente entre las vías ventral (relacionada con la percepción de objetos) y dorsal (relacionada con la percepción del espacio) relativas al sistema visual. Los autores comparan los PEs en tareas de memoria a corto plazo de caras vs. una secuencia de movimientos y encuentran diferentes morfologías y distribuciones topográficas en ambas tareas. Específicamente, los mayores valores (negativos) de amplitud de las curvas promedios y una distribución predominantemente parietal fueron característicos de la tarea de memorización de la secuencia de movimientos, lo cual indica, según los autores, una mayor activación en la vía dorsal

visual durante la retención de la información espacial que durante la tarea de retención de objetos (caras).

A modo de resumen, podemos plantear que el hallazgo más frecuente en este tipo de experimento es la presencia de una positividad con una latencia aproximada de 200 ms. que pudiera ser identificada, como lo hacen Jeffrey y Tukumachi (1992), con la actividad cerebral correspondiente a una etapa básica en la detección de la cara como patrón visual. La ubicación de los generadores neurales propuestos para este componente podría corresponder al área "sensible" a caras descrito en la corteza temporal de los primates no humanos. No obstante, las imprecisiones que pueden derivarse de este tipo de supuestos, dadas las diferencias anátomo-funcionales entre el cerebro humano y el de primates no humanos, hacen que pueda tomarse como alternativa válida (y no necesariamente contraria) la propuesta de algunos autores de considerar las estructuras límbicas profundas y las zonas basales occipito-temporales como posibles bases neurales de este tipo de actividad, registrada a nivel de cuero cabelludo a través de los PEs.

4.2. Diferencias hemisféricas y reconocimiento de caras

El establecimiento desde otros ámbitos de estudio (*i.e.* la clínica neuropsicológica y la experimentación psicológica con sujetos sanos) de las asimetrías funcionales hemisféricas y, en particular, de una especialización del hemisferio derecho en el reconocimiento de caras, ha motivado también la búsqueda de perfiles electrofisiológicos que permitan caracterizar el procesamiento de caras en función de posibles diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre ambos hemisferios.

En este sentido, algunos estudios tratan de comparar la latencia y la amplitud de los PEs correspondientes a ambos hemisferios cerebrales ante el procesamiento de caras y otros estímulos. Small (1986), por ejemplo, encontró una diferencia de amplitud en la onda P300 entre ambos hemisferios cuando presentó a sujetos diestros caras familiares o desconocidas en su posición normal. Esta diferencia interhemisférica no se presentó cuando se utilizaron otros estímulos como figuras geométricas ni tampoco en la

condición de inversión de patrones de luminancia ("pattern reversal", en inglés). La *mayor amplitud* de este componente correspondió al hemisferio derecho (emplazamientos en las regiones occipito-temporales). Esta "superioridad" derecha no apareció cuando las caras se presentaron invertidas, por lo que la autora considera que la especialización de este hemisferio está muy relacionada con la posición vertical de las caras. Asimismo, la asimetría hemisférica desapareció cuando los sujetos estudiados fueron zurdos, por lo que la propia autora sugiere que esta asimetría puede estar reflejando de algún modo la organización de funciones cerebrales.

Otros trabajos sobre especialización hemisférica en el reconocimiento de caras mediante PEs han estado encaminados a investigar si la supuesta ventaja de uno de los dos hemisferios (comúnmente el derecho) puede ubicarse en algún o algunos de los subcomponentes o etapas del procesamiento de la información. Tal es el caso del estudio llevado a cabo por Schweinberger y Sommer (1991) utilizando presentaciones taquitoscópicas por hemicampos visuales, en el que se observó un incremento de la latencia de un componente positivo tardío entre los 300 ms y 900 ms., concretamente Pz:570, cuando se incrementaba el número de estímulos que el sujeto debía recordar. Los autores identificaron este componente como un análogo funcional de la onda P300 y encontraron que, además de este efecto general del tamaño del "set de memoria" sobre la latencia de Pz:570 (que se manifestó también en los Tiempos de Reacción), las *latencias siempre fueron más cortas* para las presentaciones en el hemicampo visual izquierdo/hemisferio derecho (HVI/HD) que para las presentaciones en el hemicampo visual derecho/hemisferio izquierdo (HVD/HI). Esta superioridad del HVI/HD no se manifestó cuando se presentaban estímulos degradados, por lo que las diferencias hemisféricas, según los autores, podían estar más relacionadas con los procesos de búsqueda en memoria que con los de codificación de los estímulos.

En este mismo estudio se observó una gran negatividad de larga duración (desde los 160 ms. hasta aproximadamente los 900 ms.) asociada al hemisferio estimulado, que los autores tomaron como reflejo de una actividad cognitiva lateralizada en respuesta a la estimulación del hemicampo visual contralateral y como evidencia a favor de un modelo de especialización hemisférica relativa. Concretamente, sugirieron que las modulaciones

de esta negatividad podrían indicar su sensibilidad a la lateralización del procesamiento cognitivo en función de la tarea experimental. Posteriormente, Schweinberger, Sommer y Styler (1994) corroboraron la presencia de esta negatividad en el hemisferio estimulado utilizando caras y palabras como estímulos. La negatividad apareció en el hemisferio estimulado cuando los sujetos tenían que *reconocer* los estímulos presentados y se hizo imperceptible cuando los sujetos debían *simplemente indicar* si el estímulo había sido presentado a la derecha o a la izquierda. Los autores confirmaron que este componente negativo se relacionaba con la utilización de los recursos de procesamiento en el hemisferio directamente estimulado. La independencia de esta negatividad del tipo de estímulo presentado apoyó, según los autores, una explicación de la asimetría hemisférica en el tratamiento de palabras y caras en términos de eficiencia de procesamiento más que de preferencia absoluta por un tipo de estímulo.

De los datos derivados de este tipo de estudios, puede concluirse que la modulación de componentes como la onda P300 (o sus análogos) parece estar en concordancia con el criterio de que parece existir cierta "superioridad" del hemisferio derecho en el procesamiento de caras. Esta superioridad puede ser relativa y depender de las peculiaridades de la tarea que desempeña el sujeto. La existencia de determinados componentes negativos parece reflejar la implicación de ambos hemisferios en el procesamiento de caras.

4.3. Potenciales Evocados relacionados con el reconocimiento de caras en un paradigma de preactivación contextual

Ha de tenerse en cuenta que tanto en los estudios de PEs y lateralización cerebral como en los de PEs y búsqueda de componentes específicos de caras, algunos autores (George *et al.*, 1996; Schweinberger y Sommer, 1991; Schweinberger *et al.*, 1994) describen, además de componentes positivos relativos a la presencia de caras, componentes negativos que llegan a identificar como "negatividades de procesamiento". Este tipo de componentes ha sido también descrito en muchos estudios de PEs en una amplia variedad de tareas experimentales, habiéndose identificado en algunos estudios unos

correlatos funcionales bastante precisos. No es extraño, por tanto, que hayan sido considerados herramientas útiles para la caracterización de procesos cognitivos humanos. En particular, se han descrito las llamadas "negatividades de incongruencia" (Valdés-Sosa y Bobes, 1990), que han sido utilizadas para estudiar los lazos asociativos entre unidades de información en la MLP. Así, la búsqueda de componentes psicofisiológicos que puedan relacionarse con el procesamiento mnésico de caras ha llevado a algunos investigadores a trasladar el estudio de componentes conocidos e identificados con procesos de MLP en otros dominios de información (i. e. el lenguaje o verbal) al estudio del reconocimiento de caras.

4.3.1. El paradigma experimental del componente N400

De estos componentes, uno de los que resulta más conocido en los estudios del lenguaje es la N400 (perteneciente a la familia de las llamadas "negatividades de incongruencia"), que fue descrita por primera vez por Kutas y Hillyard (1980a).

Al estudiar los efectos de presentar oraciones que terminan con palabras que quedan fuera de contexto, ya sea por desviaciones físicas o por desviaciones semánticas, estos autores obtuvieron una negatividad centroparietal (ligeramente derecha) asociada particularmente a las incongruencias de tipo semántico (por ejemplo, "Él toma café con azúcar y medias"). Esta negatividad comenzaba alrededor de los 250 ms. y tenía su pico máximo a los 400 ms. Kutas y Hillyard identificaron este componente como un índice electrofisiológico del "reprocesamiento" de la información semánticamente anómala. En reflexiones posteriores sobre la naturaleza de esta onda negativa, Kutas y Hillyard (1984) plantean que la N400 está relacionada con la falta de preactivación semántica de las palabras por un contexto previo y que su amplitud correlaciona con la fuerza de los lazos asociativos dentro de la MLP, de forma que a menor fuerza asociativa entre una palabra y un contexto previo (por ejemplo, la oración incompleta), mayor será la N400. Con otras palabras, la amplitud de este componente es inversamente proporcional al grado en que una palabra ha sido preactivada semánticamente por el contexto precedente (ver también Kutas, 1987 y Kutas y Van Petten, 1988, para una revisión).

La idea de que N400 refleja la falta de preactivación semántica fue apoyada por los estudios de Fischler, Bloom, Childers, Roucos y Perry (1983) que demostraron que N400 no estaba relacionada con la falta de veracidad de las oraciones que leían los sujetos, sino con el grado de asociación semántica entre las palabras que las componían. De esta manera, una oración verdadera del tipo "Un gorrión no es un *vehículo*" provocaba una N400, mientras que una oración falsa del tipo "Un gorrión no es un *pájaro*" no la provocaba. Adicionalmente, la onda N400 aparecía ante la violación de contenidos en la memoria episódica (aún de aquellos recién adquiridos) (Fischler, Childers, Achariyapaopan y Perry, 1985) y, cuando se manipuló experimentalmente la probabilidad de "cierre" de las palabras finales de las oraciones, este componente fue de mayor amplitud ante las palabras menos esperadas (menos probables según la expectativa de los sujetos) (Bloom y Fischler, 1980). Estos resultados indicaron que, ante una palabra determinada, la existencia de N400 dependía del grado en que el fragmento precedente preparaba o facilitaba su procesamiento, como se planteó anteriormente.

El componente N400 ha sido obtenido dentro del dominio lingüístico en modelos experimentales diferentes al de Kutas y Hillyard (1980a). Negatividades del tipo de N400 han sido obtenidas en tareas de presentación serial de dos o más palabras que no siguen la estructura proposicional cuando no existe relación semántica entre la palabra "target" y la(s) precedente(s) (Harbin, Marsh y Harvey, 1984; Harvey y Marsh, 1983; Polich, 1985). La N456 centroparietal (ligeramente derecha) que obtuvieron McCallum, Farmer y Pocock (1984) apareció ante cierres incongruentes de oraciones en la *modalidad auditiva*. Un resultado similar a este último describieron Kutas, Neville y Holcomb (1987), quienes plantearon que la N400 no puede ser específica del proceso de traducción grafema-fonema, ya que aparece ante palabras escuchadas y no procesadas visualmente.

Una negatividad frontal derecha asociada a pares de palabras que *no rimaban* obtuvo Rugg (1984) en una latencia entre 300 ms. y 600 ms. (la onda N450), después de la presentación del segundo miembro del par. Esta negatividad de origen fonológico apareció incluso utilizando como segundo miembro del par una pseudopalabra (cadena

de letras pronunciable sin significado), por lo que el autor planteó que este efecto fue independiente de la naturaleza lexical de los estímulos. La determinación fonológica de esta onda N450 fue puesta en duda por Kutas, Neville y Holcomb (1987), que emplearon terminaciones incongruentes de tipo semántico en el *lenguaje de signos* con sujetos con sordera congénita y obtuvieron una negatividad centro-parietal (N400) entre los 350 ms. y los 500 ms. Los autores explicaron que la N400 (o su análogo) no puede ser específica del proceso de acceso al significado a través de la vía fonológica, pues la misma estaba presente en individuos sordos para quienes el idioma inglés (correspondiente al origen de los sujetos experimentales) nunca fue una primera lengua ni una lengua basada en aspectos fonológicos.

4.3.2. N400 en otros dominios de información

Considerando la diversidad de modelos experimentales en los que puede aparecer la N400 o sus análogos, Rugg (1985, 1987) ha planteado que la condición necesaria para la generación de este tipo de componente es que un estímulo sea inconsistente (no guarde relación) con cualquiera de las representaciones de memoria activadas (preactivadas) por un contexto precedente. Esta idea ha llevado a algunos investigadores a estudiar los procesos de memoria relacionados con la N400 (i.e. preactivación o facilitación (falta de)) en dominios de información diferentes al dominio verbal.

Besson y Macar (1987), al igual que Kutas y Hillyard (1980a), obtuvieron una N400 cuando presentaron a los sujetos oraciones con cierres semánticos incongruentes. Al intentar trasladar el modelo original de N400 a otros dominios de información, Besson y Macar presentaron: 1) *figuras geométricas* que violaban la secuencia de tamaño ascendente o descendente de una serie geométrica; 2) desviaciones en la secuencia de presentación de *notas de la escala musical* que iban aumentando o disminuyendo en frecuencia y 3) notas incorrectas para cerrar *fragmentos de melodías* muy conocidas. Ante este tipo de "incongruencias" no lingüísticas, en lugar de una onda del tipo de N400, estos autores encontraron una positividad de tipo P300. El intento fallido de encontrar una N400 en un dominio de información no lingüístico apoyó entonces la

hipótesis de que este era un componente relacionado sólo con la preactivación de información de naturaleza lingüística. Sin embargo, los propios autores plantearon que las "incongruencias" creadas en su diseño experimental sólo violaron reglas asociativas simples (en el caso de figuras geométricas y notas musicales), que se formaban en el momento del experimento y las cuales pudieron relacionarse más con procesos de memoria a corto plazo de patrones visuales de poca complejidad. En el caso de los fragmentos melódicos conocidos, dado que los sujetos no eran músicos, plantearon que la expectativa creada para las notas musicales de cierre pudieron probablemente depender más del reconocimiento de la melodía (basado en el contorno melódico y en el intervalo temporal) que de índices más elaborados, propios de una organización específica del conocimiento musical en la MLP.

Un experimento donde se obtuvo una onda N300 en Cz, que se consideró parte de la familia de negatividades de N400 y en el que se utilizaron figuras de *objetos* comunes, fue llevado a cabo por Friedman (1990). La tarea experimental en este caso consistió en decidir si figuras presentadas serialmente habían sido vistas anteriormente o eran completamente nuevas (tarea de tipo "old/new", en inglés). La negatividad que encontró Friedman estaba asociada con las figuras que eran vistas por primera vez en comparación con las que eran repetidas en la misma lista, por lo que el autor relacionó su onda N300 con la falta de preactivación de las primeras en la tarea. Este resultado podría tomarse como una muestra de que es posible obtener una negatividad relacionada con la falta de preactivación en un dominio de información diferente al lenguaje; sin embargo, el hecho de utilizar como estímulos las figuras de objetos muy conocidos pudo posibilitar que la información de naturaleza lingüística o verbal asociada a ellos interviniera de alguna manera en la generación de una onda del tipo de N400. En tal caso, no puede realmente hablarse de la generación de una N400 en el dominio de los objetos (figuras) con independencia de la intervención del dominio verbal o lingüístico.

Otros trabajos también recientes (Barret y Rugg, 1990; Holcomb y McPherson, 1994; Nigam, Hoffman y Simons, 1992) han intentado buscar componentes psicofisiológicos del tipo de N400 utilizando figuras de *objetos* como estímulos. En estos trabajos, al igual que en el de Friedman (1990), puede hablarse, más que de una N400 de naturaleza no

lingüística, de una N400 relativa a la preactivación o facilitación "interdominios". En el experimento de Nigam *et al.* (1992), por ejemplo, una negatividad con la misma morfología, latencia y topografía que la N400 clásica fue provocada por figuras semánticamente "incongruentes" que se colocaban al final de oraciones como las utilizadas por Kutas y Hillyard (1980a). Nigam *et al.* plantearon que la latencia de la negatividad provocada por figuras incongruentes fue igual que la latencia de la N400 provocada por palabras incongruentes en el mismo experimento, así que no pudo haberse producido por el acceso al nombre de dichas figuras. Sin embargo, la utilización de un contexto de palabras previo pudo ejercer efectos significativos del dominio lingüístico sobre la generación de este componente.

4.3.3. N400 y preactivación contextual en el dominio de las caras

Varios investigadores (Barret y Rugg, 1989; Barret, Rugg y Perret, 1988; Debrulle, Pineda y Renault, 1996; Smith y Halgren, 1987) han llevado la aplicación del modelo experimental de la N400 al estudio del efecto de preactivación contextual en el reconocimiento de las caras. Teniendo en cuenta que este componente psicofisiológico ha constituido una herramienta útil en el estudio de la memoria verbal, el objetivo fundamental en los experimentos en los que se utilizan caras como estímulos y se aplica un modelo similar al de N400 ha sido determinar si los mecanismos de procesamiento (tales como la preactivación asociativa entre representaciones mnésicas) relativos a las caras son comparables a los del dominio verbal en función de los datos que refleja el estudio de la actividad eléctrica cerebral.

Uno de los primeros estudios en los que se encontró un componente del tipo de N400 en el dominio de las caras fue el que llevaron a cabo Smith y Halgren (1987), quienes presentaron a los sujetos una secuencia de caras compuesta en un 50 % por caras vistas previamente (antes del registro) y en un 50 % por caras completamente nuevas. Una negatividad (N445) con una distribución posterior y de mayor amplitud en la región temporal posterior derecha (T6) apareció asociada a las caras *no repetidas*. Este resultado indicó, según los autores, que el procesamiento "semántico" de material verbal

no es un prerrequisito para la obtención de componentes negativos tardíos y que tal negatividad parece depender de que el estímulo pueda ser interpretado en relación con información dotada de significado en la memoria (en un experimento realizado en paralelo con patrones visuales carentes de significado no se produjo este efecto).

En una tarea similar a la realizada por Smith y Halgren (1987) pero utilizando caras conocidas (personajes famosos) y no conocidas, Debruille *et al.* (1996) encontraron una negatividad en las derivaciones de la línea media y con amplitud máxima a los 450 ms. asociada a las caras *no conocidas*. Este componente negativo era más marcado cuando las caras no conocidas se presentaban en un bloque con alta frecuencia de aparición de caras conocidas, en comparación con otros dos bloques donde disminuyó la proporción de caras conocidas con respecto a la de caras desconocidas. Debruille *et al.* plantearon que este hecho apoyaba su hipótesis de que la amplitud de la N400 (y en particular la relacionada con el dominio facial) era directamente proporcional al grado de inhibición de la información correspondiente a caras desconocidas en un contexto rico en caras conocidas y donde la expectativa de aparición de estas últimas es mayor.

Utilizando una tarea de emparejamiento ("matching") de identidad de dos caras presentadas secuencialmente, Barret *et al.* (1988) encontraron una negatividad entre los 350 ms. y los 450 ms. que presentaba una progresión desde las derivaciones frontales hasta las centrales cuando la segunda cara no era de la misma *identidad* que la primera. Esta diferencia fue más acentuada ante caras conocidas que ante caras no conocidas y Barret *et al.* plantearon que este hecho era consistente con la idea de que la amplitud de la N400 refleja la compatibilidad de un estímulo con las representaciones mnésicas activadas previamente. En un experimento posterior, Barrett y Rugg (1989) encontraron una N450 distribuida bilateralmente y asociada a la segunda cara cuando esta no pertenecía a la misma *categoría profesional* de la primera cara. Esta negatividad, según los autores, refleja la modulación del componente N400 por la preactivación asociativa entre estímulos de naturaleza no lingüística.

Los resultados obtenidos en estos experimentos en los que se han empleado las caras como estímulos (ya sean repetidas, conocidas o famosas y desconocidas, de la misma o

de diferente categoría profesional) parecen indicar que un componente del tipo de N400 puede ser generado en un contexto experimental relativo tanto a la *preactivación contextual por repetición* (tareas de emparejamiento de identidad, de presentación serial de caras repetidas vs. nuevas) como a la *preactivación contextual por asociación* (pertenencia o no pertenencia a la misma categoría profesional) en el dominio de las caras.

La caracterización de los PEs (i.e. las "N400s de caras") en cuanto a latencia, morfología y distribución topográfica así como las manipulaciones experimentales relacionadas con la aparición de los mismos parecen coincidir en cierta medida con aquellas relativas a las "negatividades de incongruencia" en el dominio verbal, cuyo modelo experimental clásico es la N400 generada en oraciones con cierres semánticamente incongruentes.

La conclusión que parece derivarse de estos resultados es el planteamiento de una analogía en los mecanismos de procesamiento entre los dominios verbal y de caras. Sin embargo, es necesario considerar algunos aspectos metodológicos relativos a los experimentos con caras que, como en el caso de los experimentos de N400 con objetos (figuras), pueden cuestionar o limitar el alcance de dicha conclusión. Concretamente, la utilización de estímulos familiares (caras conocidas o de personajes famosos) pudo activar, durante las diferentes tareas, además de la información relativa al dominio facial (i.e. a la descripción estructural de la cara conteniendo aspectos invariantes relativos tanto a la configuración o "gestalt" de la cara como a los rasgos constituyentes de la misma), la información de naturaleza lingüística o verbal como el nombre y los códigos semánticos específicos de la identidad (ocupación o profesión, amistades, etc.) asociada a las representaciones mnésicas de dichas caras (Bruce y Young, 1986). Este planteamiento es válido especialmente en el caso de la tarea de preactivación contextual asociativa entre caras (pertenencia o no a la misma categoría profesional, según el estudio de Barrett y Rugg, 1989) donde el uso de este tipo de información era una condición necesaria para llevar a cabo la tarea.

La información asociada a la cara de naturaleza verbal-semántica es considerada parte de un sistema cognitivo de procesamiento central (Bruce y Young, 1986) y no puede ser

considerada específica de dominio como lo es la descripción estructural de la cara. Consecuentemente, establecer un paralelismo entre los mecanismos asociativos de la MLP entre los dominios facial y verbal que aparezca reflejado en los PEs debe hacerse partiendo de una distinción entre los posibles efectos provocados por un procesamiento sólo relacionado con un "módulo" de caras (en el sentido de Fodor, 1983) y los provocados por un sistema central de procesamiento cognitivo (relacionado fundamentalmente con el dominio verbal) independiente de las caras, aún cuando sean estos últimos efectos desencadenados por las propias caras (Valdés-Sosa y Bobes, 1990). Si tal distinción no se encuentra bien definida en términos experimentales, entonces los efectos reflejados en los PEs ante caras (por ejemplo, las llamadas negatividades de incongruencia) pueden estar determinados por un solapamiento o superposición de componentes relativos al procesamiento en otros dominios de información (o en un supuesto sistema cognitivo central) y no pueden ser tomados como evidencia de un paralelismo de procesos entre dominios y menos aún como una evidencia de procesos específicos del dominio facial.

Hasta ahora tan sólo en un experimento, el realizado por Smith y Halgren (1987), se utilizaron únicamente caras desconocidas sin ningún tipo de información verbal asociada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que en este caso, dado que las caras fueron consideradas "familiares" tras ser presentadas una sola vez e inmediatamente antes del registro de PEs, es cuestionable hablar de mecanismos asociativos en MLP de la información relativa a caras.

4.3.4. Desarrollo de un paradigma experimental de tipo N400 relacionado con la preactivación contextual de la estructura de la cara. Antecedente inmediato del presente trabajo

El diseño de un paradigma experimental más adecuado para estudiar los efectos de la preactivación en caras familiares que puedan ser específicos del dominio facial, es decir, correspondientes a la descripción estructural de las caras (Bruce y Young, 1986), fue llevado a cabo por Valdés-Sosa y Bobes (1990). El objetivo fundamental de estos

investigadores consistía en crear un paradigma en el que fuera posible asegurar que los efectos de la preactivación contextual en la MLP que aparecen reflejados por los PEs no estuvieran mediados por otros tipos de códigos diferentes a los relativos a la estructura de la cara. Para lograr este objetivo, Valdés-Sosa y Bobes decidieron crear un paradigma experimental que limitara los efectos de la *preactivación asociativa a la estructura de la cara conocida*, es decir, a la relación entre los distintos elementos (rasgos) constituyentes. Para ello tuvieron en cuenta los resultados de otros estudios que revelan que los diferentes rasgos que componen una cara se relacionan entre sí para percibir y evaluar la cara como un todo (Haig, 1986; Parks, Coos y Coos, 1985; Young *et al.*, 1987). En particular, cuando los rasgos son intercambiados entre diferentes caras, las configuraciones resultantes son vistas como caras nuevas y el reconocimiento de las partes constituyentes resulta perjudicado. Para Valdés-Sosa y Bobes (1990), estos resultados ponen en evidencia la importancia del contexto configuracional en la percepción de la cara. En consecuencia, sugirieron la creación de una tarea adecuada donde producir la preactivación asociativa específica a caras individuales, esto es, cuyos efectos asociativos fueran específicos del dominio facial y semejantes a los derivados de la tarea utilizada para producir la onda N400 en el dominio lingüístico (Kutas y Hillyard, 1980a). Si en el modelo clásico de la N400 una oración incompleta crea un contexto preactivador después del cual se inserta una palabra final que completa de manera congruente o incongruente la oración, en la tarea diseñada por estos autores se empleó, como contexto preactivador, la fotografía de una cara conocida incompleta (con ciertos rasgos ausentes) para ser completada a continuación con rasgos congruentes (pertenecientes a la cara) o incongruentes (no pertenecientes a la cara) (Fig. 3A).

Cuando se compararon experimentalmente los efectos que sobre los PEs provocaban ambos tipos de completamiento de la cara, se observó una negatividad que apareció asociada a los completamientos incongruentes (Fig. 3B). Esta negatividad tenía su pico máximo a los 374 ms. (N374) y fue de mayor amplitud en las regiones centrales y posteriores, con valores mayores en O2, según los análisis referidos a la topografía de este componente. Los autores sugirieron que la onda N374 podía relacionarse con la falta de preactivación asociativa relativa a los rasgos de la cara (a diferencia de lo que ocurre cuando los rasgos son congruentes, los rasgos incongruentes a los que se asocia

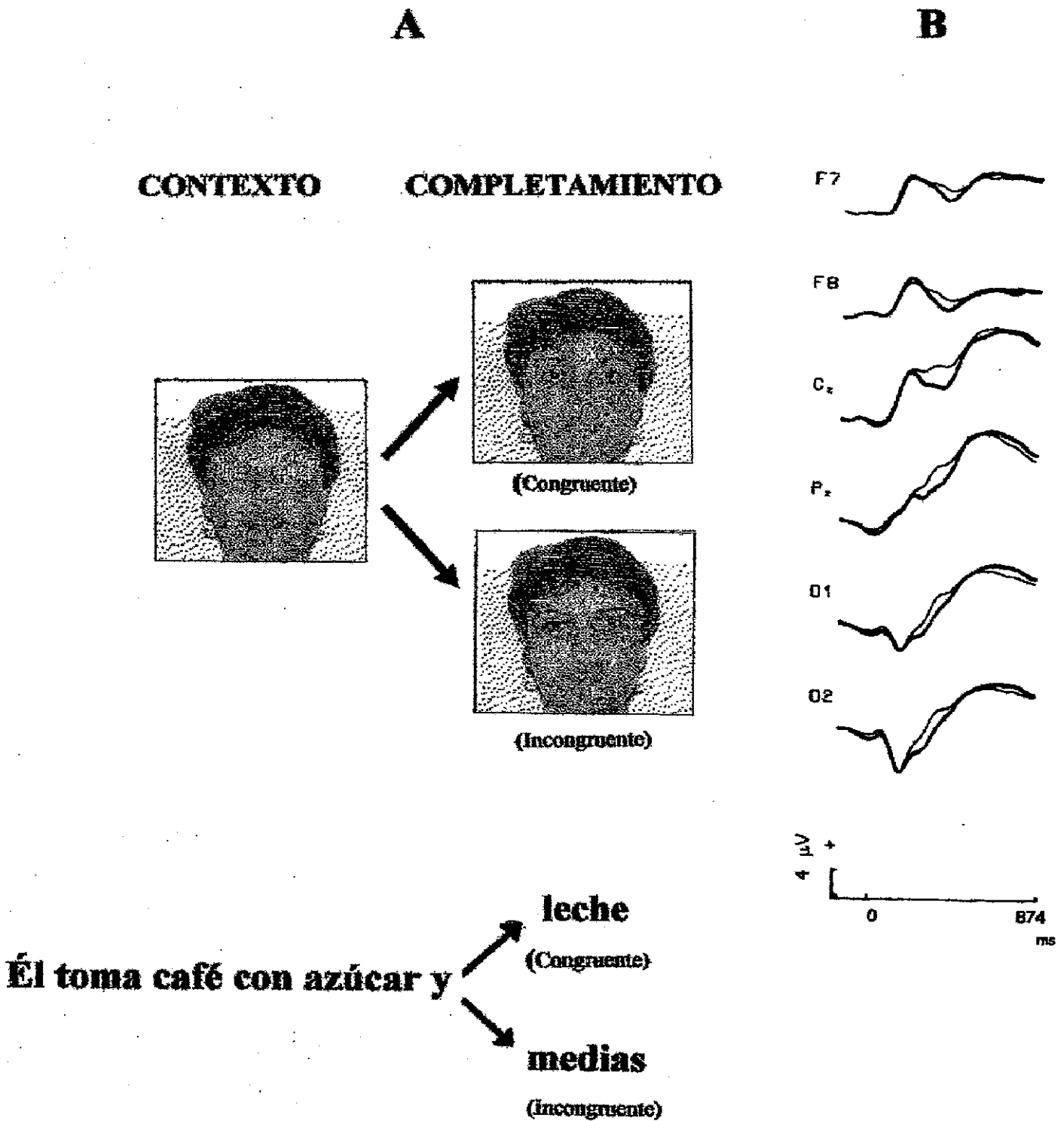


Figura 3. A: Paradigma diseñado por Valdés-Sosa y Bobes (1990) (parte superior) y paradigma clásico de N400 con oraciones (Kutas y Hillyard, 1980a). B: PEs obtenidos con el paradigma de Valdés-Sosa y Bobes (1990). En cada derivación se superponen los PEs de ambas condiciones de completamiento. El trazo más grueso corresponde a los completamientos incongruentes. Se observa una negatividad (N374) asociada a este tipo de completamiento.

N374 no fueron preactivados por la cara incompleta), de la misma manera que la N400 había sido relacionada con la falta de preactivación en relación con contenidos lingüísticos.

Este resultado apoyaba la existencia de una negatividad del tipo de N400 dependiente de la información relativa al dominio facial. De los resultados obtenidos en tres grupos diferentes de sujetos con distinto grado de familiaridad con las caras utilizadas como estímulos, se infería una relación entre N374 y el conocimiento de la estructura de la cara. Concretamente, la onda N374 no apareció en sujetos que no conocían las caras utilizadas como estímulos y apareció en los otros dos grupos de sujetos que sí las conocían (aunque con diferente grado de familiaridad). La posesión de la información relativa a la estructura de la cara pareció ser, por tanto, un requisito necesario para la aparición de este efecto psicofisiológico.

El objetivo de lograr una negatividad del tipo de N400 en el dominio facial pareció cumplirse, sin embargo, los propios autores se percataron de importantes objeciones al diseño experimental utilizado y, por tanto, del limitado alcance de los resultados obtenidos. Específicamente, la utilización como estímulos de imágenes creadas a partir de fotografías de caras reales que eran muy familiares suponía que los sujetos experimentales, además de poseer el conocimiento sobre la descripción estructural de las caras, disponían de un conocimiento asociado a cada una de ellas relativo a contenidos mnésicos de una naturaleza diferente a la facial (*i.e.* verbal/semántica), como son los códigos semánticos específicos de la identidad (profesión, nombre, amistades, etc.). De esta manera, las caras "contexto" pudieron activar un tipo de código verbal/semántico que muy probablemente coincidió con el activado por los rasgos del completamiento correcto, y cuyo procesamiento se vio, por tanto, facilitado por la presentación previa de la cara. En cambio, aquellos rasgos que completaban de forma incongruente la cara "contexto" pudieron activar códigos no beneficiados por la presentación previa de la cara y provocaron así la generación de una negatividad de incongruencia (N374) directamente relacionada con la información en el dominio verbal/semántico y sólo relacionada indirectamente con la información estructural de la cara, aunque sí iniciada por esta última. En otras palabras, N374 pudo expresar, como en el caso de los experimentos

citados anteriormente de incongruencia de identidad (preactivación por repetición) e incongruencia de categoría profesional (preactivación por asociación entre caras) un efecto de preactivación entre los dominios facial y verbal y no, como se pretendía, un efecto de preactivación específica del dominio facial.

5. Redefinición del paradigma experimental de tipo N400 relacionado con la información estructural de la cara. Objetivo del presente trabajo

El hecho de que el componente negativo (N374) descrito por Valdés-Sosa y Bobes (1990) estuviera presente en un grupo de sujetos que estaban familiarizados con las caras, pero no conocían los nombres asociados a ellas, hizo eliminar la posibilidad de que al menos el nombre, como etiqueta verbal, no estuviera participando en el posible efecto de preactivación interdominios, relacionado, según los autores, con la generación de dicho componente. Sin embargo, otra información de naturaleza verbal-semántica, relativa a los códigos específicos de identidad de la cara (Bruce y Young, 1986), sí pudo contribuir a este efecto y esta influencia no fue controlada en el diseño experimental utilizado por estos autores. Adicionalmente, la utilización de estímulos incongruentes creados a partir de la superposición de rasgos provenientes de la fotografía real de otra cara creó ligeras incongruencias de tipo pictórico, debidas, por ejemplo, a diferencias en los tonos de grises entre las fotografías, que no pudieron ser eliminadas completamente en la edición de los estímulos. Estas incongruencias podían constituir una posible causa de aparición de N374.

Valdés-Sosa y Bobes plantearon que si la presencia de N374 estuviera básicamente relacionada con la información de tipo estructural de la cara y es reflejo de los mecanismos asociativos en la memoria de caras, entonces este componente debería aparecer en sujetos que posean solamente este tipo de información asociada a las caras y, en particular, cuando se crean incongruencias entre ciertos rasgos y los elementos configuracionales que las componen (es decir, cuando falte la preactivación contextual característica de la estructura de la cara), tal como proponen en su diseño experimental.

Partiendo de este planteamiento, en los experimentos que integran esta tesis se aplica el modelo experimental de Valdés-Sosa y Bobes (1990) de preactivación contextual correspondiente a la estructura de la cara utilizando *caras artificiales* como estímulos. Estas caras artificiales fueron dibujos realistas creados a partir de los rasgos contenidos en un catálogo "Identikit", habitualmente utilizado en las investigaciones criminológicas. El objetivo propuesto fue demostrar si una negatividad del tipo de N374 está asociada con la falta de preactivación contextual específica del dominio facial. Para ello, los sujetos aprendieron la estructura de estas caras artificiales sin la presencia de otro tipo de conocimiento lingüístico/semántico asociado. Una vez que las caras fueron aprendidas, los sujetos realizaron la tarea de emparejamiento cara-rasgos diseñada por Valdés-Sosa y Bobes en la que se utilizaron estas caras como estímulos.

La aparición de una negatividad del tipo de N374 ante incongruencias creadas con estas caras, de las que los sujetos difícilmente podían disponer de información relativa al nombre y a otros códigos semánticos (los relativos usualmente a la identidad de una persona conocida) apoyaría la hipótesis de que el componente N374 está determinado por un procesamiento relativo fundamentalmente al dominio facial (*i.e.* a la descripción estructural de la cara) y no está influenciado de manera directa por un procesamiento de tipo lingüístico. Adicionalmente, el uso de caras en forma de dibujos realistas en blanco y negro eliminaba la posibilidad de que las incongruencias de naturaleza pictórica pudieran contribuir a la generación de este componente. La creación de los estímulos incongruentes (caras con completamientos incorrectos), en los que se presentan rasgos de una cara sobre otra, no presenta las dificultades en la edición que existen cuando se utilizan caras naturales, de modo que en su composición no quedan restos de incongruencias en la imagen y, por tanto, estas no pueden ser ya una fuente contribuyente al posible efecto psicofisiológico provocado por incongruencias entre rasgos de la cara.

II. EXPERIMENTO 1

Potenciales Evocados y reconocimiento de caras congruentes e incongruentes: aprendizaje de caras mediante una tarea de decisión de familiaridad.

1. Introducción e hipótesis

En este primer experimento los sujetos estudiaron durante varias sesiones un conjunto de caras artificiales y, una vez que estas habían sido aprendidas, realizaron una *tarea de emparejamiento cara-rasgos* para el registro de PEs, similar a la de Valdés-Sosa y Bobes (1990).

El aprendizaje fue evaluado en cada sesión a través de una *tarea de decisión de familiaridad*. Este tipo de tarea se considera útil para lograr la adquisición de la información estructural de la cara (Bruce y Young, 1986) y no implica necesariamente el aprendizaje de otros códigos de naturaleza no facial. Por tanto, se asumió que un buen desempeño en la tarea de decisión de familiaridad se corresponde con una adecuada adquisición de las descripciones estructurales de las caras (información relativa al dominio facial).

Si un componente negativo del tipo de N374 no fuera generado ante caras de las que se posea supuestamente sólo información de tipo estructural, entonces la hipótesis de que el componente N374 está determinado por un procesamiento relativo fundamentalmente al dominio facial y no está influenciado de manera directa por un procesamiento de tipo lingüístico quedaría desconfirmada.

2. Materiales y método

2.1. Sujetos

Participaron voluntariamente en este experimento 16 adultos sanos diestros (5 mujeres y 11 varones) con edades comprendidas entre los 18 y los 27 años (edad promedio de 23 años). Todos presentaban una visión normal o debidamente corregida. Su nivel de instrucción era universitario o preuniversitario y carecían de experiencia previa como sujetos experimentales de estudios psicológicos o psicofisiológicos. Se les solicitó colaborar en un estudio experimental sobre actividad eléctrica cerebral ante estímulos visuales pero ninguno fue informado acerca de los objetivos concretos de este experimento.

2.2 Estímulos

Se utilizaron caras neutras artificiales, completamente originales. Las caras fueron creadas tomando como fuente un catálogo de rasgos caucásicos masculinos, facilitado por el Departamento de Criminología del Ministerio del Interior de Ciudad de La Habana, Cuba (ver una muestra en Apéndice A). Los rasgos seleccionados de este catálogo fueron digitalizados con un Escáner (ScanJet Plus, HP) y almacenados en el disco duro de un ordenador personal. Las caras artificiales utilizadas finalmente como estímulos se compusieron de acuerdo con el procedimiento que se indica a continuación.

A partir de un conjunto de 160 estilos de peinado diferentes, 72 tipos de cejas, 172 tipos de ojos, 60 tipos de nariz, 180 tipos de labios, 52 tipos de barbilla (mentón) y 12 tipos de

orejas se formaron 800 combinaciones irrepetibles de rasgos que definieron un total de 800 caras diferentes entre sí. La disponibilidad de rasgos en el catálogo-fuente era aún mayor pero se hizo una preselección con el objetivo de digitalizar rasgos bien diferenciables entre sí.

Para obtener las combinaciones de rasgos que caracterizaron cada una de las 800 caras inicialmente creadas, se ordenaban los elementos de cada subconjunto (esto es, peinados, cejas, ojos, etc.) de manera aleatoria y se iban tomando uno a uno (sin efectuar reemplazamiento) hasta agotar cada subconjunto. Una vez agotado un subconjunto se reordenaban sus elementos y se tomaban nuevamente uno a uno los rasgos faciales correspondientes según el nuevo orden aleatorio. El subconjunto que más rápido se agotaba era el de las orejas y, por tanto, este era el rasgo que más se repitió (un mismo tipo de orejas aparecía en 66 caras, aproximadamente). Los ojos y los labios fueron los subconjuntos que menos se repitieron (un mismo tipo de ojos o de labios sólo aparecía en 4 caras diferentes, aproximadamente).

Todo este proceso se realizó de manera computadorizada con un programa especialmente diseñado a tal efecto. El siguiente fragmento del texto de dicho programa muestra el algoritmo principal utilizado:

```
procedure Shuffling( N :integer, var x :Indice );
var j,k,t :integer;
begin
  for j:=1 to N do
    x[j]:=j;
  for j:=N downto 2 do begin
    k:=trunc(j*random)+1;
    t:=x[j];
    x[j]:=x[k];
    x[k]:=t
  end
end;
```

Mediante este programa se obtenía una lista en forma de fichero texto en la que cada línea especificaba la combinación particular de rasgos correspondiente a cada una de las 800 caras que fueron creadas y almacenadas posteriormente en formato de imágenes. Seguidamente se muestran las dos primeras líneas (de un total de 800) de este fichero texto:

CARA1 est121² barbilla40 orejas6 ojos34 cejas12 nariz55 labios15

CARA2 est14 barbilla10 orejas1 ojos120 cejas50 nariz34 labios89

El paso final para la obtención de las caras artificiales se realizó con un programa editor de imágenes (también creado para este fin, ver texto del programa en Apéndice B) que, a partir de la lista con las combinaciones de rasgos antes mencionados, componía cada cara con el formato de imágenes convencional ('PIC') de la forma que se indica en las siguientes líneas.

Los rasgos que definían cada cara (una línea completa en el fichero texto) se iban mostrando en la pantalla del ordenador (monitor VGA) siguiendo el orden en que aparecían en la línea correspondiente del fichero texto, de manera que el experimentador, con ayuda del teclado (teclas ← ↑ → ↓), iba colocando cada rasgo en la posición adecuada hasta llegar a componer la cara resultante (Fig. 4A). Cada cara se guardaba entonces como imagen en el disco duro del ordenador con el nombre que encabezaba cada línea del fichero texto (i.e. CARA1. PIC, CARA2. PIC, etc.).

El tamaño final de cada cara en la pantalla del ordenador (que se presentaba sobre un fondo blanco de 15 cm. de alto por 15 cm de ancho) fue de 14 cm. de alto por 10 cm. de ancho (lo que significa, aproximadamente, la mitad de su tamaño natural). El sujeto se encontraba sentado a 108 cm. de distancia de la pantalla del ordenador. Las caras mantenían, por tanto, respecto al sujeto, un ángulo visual vertical de 3,7 grados y un ángulo visual horizontal de 2,65 grados.

² est=estilo de peinado

Las 800 caras así creadas fueron revisadas por tres jueces que, por consenso, eliminaron 200 que poseían defectos de edición (por ejemplo, baja calidad de contraste) o que resultaron menos naturales por la combinación particular de rasgos que las definían.

Se dispuso entonces de un total de 600 caras con expresión neutra. De este total de 600 caras, se escogieron 40³ que resultaron mejor reconocidas en un estudio piloto para definir el conjunto de caras de aprendizaje, es decir, aquellas con las que el sujeto debía familiarizarse. Las restantes 560 caras se utilizarían como caras de control, como se indica más adelante.

Finalmente, para la sesión de registro de potenciales evocados, fue necesario construir 120 caras nuevas realizando modificaciones sobre las 40 caras que servirían como conjunto de aprendizaje. Estas modificaciones fueron:

- 1- Supresión de la región de los ojos y las cejas para crear 40 caras incompletas que serían las caras "contextos" o estímulos preactivadores (Fig. 4B).
- 2- Sustitución de los ojos y las cejas de cada cara por 2 tipos diferentes de ojos y cejas, provenientes del conjunto total de rasgos disponibles, para crear 80 caras incongruentes (2 caras incongruentes para cada cara del conjunto de aprendizaje) (Fig. 4C y D).

³ Para seleccionar estas 40 caras se llevó a cabo un estudio piloto previo con 5 sujetos a los que se les presentó, del total de 600 caras, un grupo de 150 que debían observar atentamente 9 veces consecutivas en 9 días (una vez, cada día). Este grupo de 150 caras fue dividido en tres subgrupos de 50 para que el sujeto realizara una tarea de decisión de familiaridad cada día al final de cada observación. Para llevar a cabo esta tarea, las 50 caras de cada subgrupo eran aleatoriamente mezcladas con 50 caras de control extraídas de las 450 caras restantes del grupo de 600. Las 40 caras mejor reconocidas fueron las escogidas para su aprendizaje en el Experimento 1. El diseño de este estudio piloto sirvió igualmente de punto de partida para el diseño del Experimento 1; el cual se explica detalladamente en el texto principal.

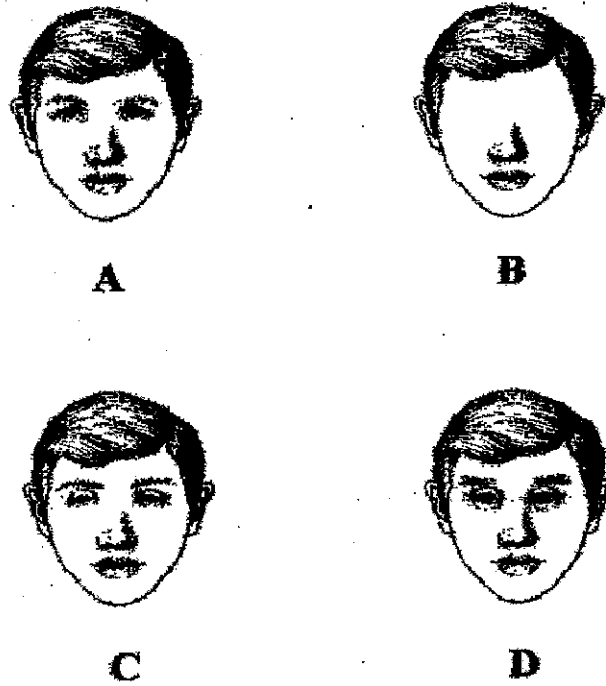


Figura 4. A: Una de las caras construidas que formaba parte del conjunto de aprendizaje. **B:** Cara incompleta que serviría de estímulo preactivador o "contexto" (equivalente a la oración incompleta del paradigma lingüístico de N400). **C y D:** Caras incongruentes de la cara mostrada en A (los rasgos cambiados son los ojos y las cejas).

2.3. Procedimiento experimental y registro psicofisiológico

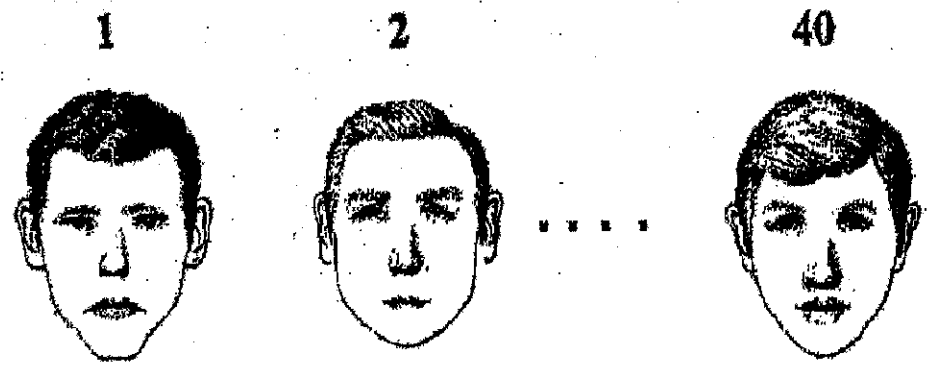
El experimento estaba formado por dos partes: una primera parte constituida por 6 sesiones de aprendizaje durante las cuales el sujeto se familiarizaba con las 40 caras del conjunto de aprendizaje, y una segunda parte que consistía en una única sesión de registro psicofisiológico, realizada una semana después de concluido el entrenamiento. En esta segunda parte, el sujeto realizaba una tarea de emparejamiento de cara y rasgos mientras se registraban sus potenciales evocados.

2.3.1. Sesiones de aprendizaje

La familiarización con las 40 caras se llevó a cabo en 6 sesiones durante tres días, con dos sesiones por día (una sesión por la mañana y otra por la tarde). Cada sesión constaba de una fase de estudio y una fase de comprobación del aprendizaje, que tenían lugar de forma consecutiva durante un espacio de 30 minutos, aproximadamente (Fig. 5).

Durante la fase de estudio el sujeto observaba atentamente las 40 caras, que se presentaba él mismo una a una con ayuda de la barra espaciadora. Su tarea en esta fase consistía en memorizar cada cara como si fuera un nuevo rostro a conocer, evitando hacer asociaciones de tipo verbal o semántico (i.e. poner etiquetas como nombres o apodos, ubicar en categorías profesionales o buscar parecidos en la vida real). El orden de presentación de estas 40 caras variaba aleatoriamente de sesión a sesión. Tras la presentación sucesiva de las primeras 20 caras, aparecía en la pantalla la palabra "DESCANSO", con el objetivo de facilitar la memorización sin sobrecargar demasiado los recursos atencionales del sujeto (ver texto del programa utilizado en Apéndice C).

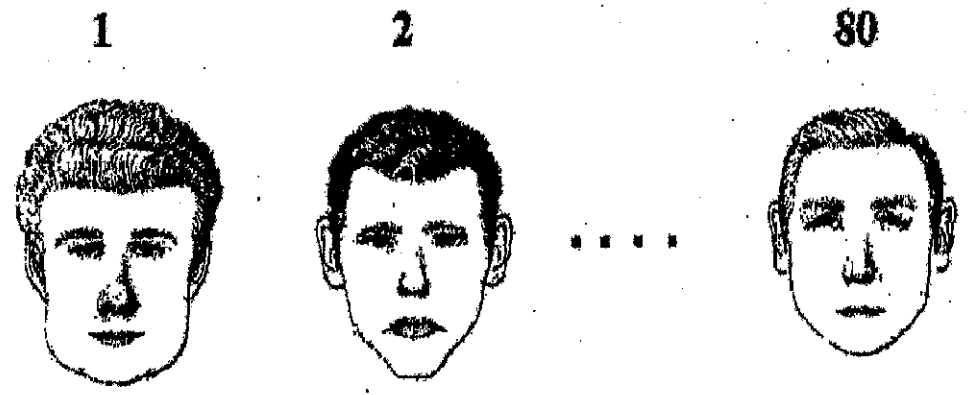
FASE DE ESTUDIO



**ESTUDIAR Y
MEMORIZAR
LA CARA**

10 min.

FASE DE COMPROBACIÓN



**DECIR SI LA CARA
ES O NO FAMILIAR**

**RETROALIMENTACIÓN DE
LA RESPUESTA**

Figura 5. Esquema de una sesión de aprendizaje. Experimento 1

La fase de comprobación seguía a la de estudio y consistía en una *tarea de reconocimiento con decisión de familiaridad*. Las 40 caras previamente estudiadas se presentaban mezcladas aleatoriamente con 40 caras nuevas o de control, que variaban siempre de sesión a sesión y que fueron extraídas de las 560 caras restantes del conjunto inicial de 600. El sujeto tenía que decidir si la cara expuesta en la pantalla, que se presentaba él mismo con ayuda de la barra espaciadora, era familiar o no. La respuesta del sujeto se registraba utilizando las dos teclas del ratón ("mouse"): la izquierda (dedo índice) para indicar "conocida" (familiar) y la derecha (dedo del medio) para indicar "desconocida" (no familiar). Inmediatamente después de su respuesta, el sujeto obtenía retroalimentación sobre su ejecución. Si la respuesta era correcta, aparecía en la pantalla del ordenador la palabra "BIEN"; si era incorrecta, aparecía la palabra "MAL" (ver texto del programa utilizado en Apéndice D).

Los resultados se iban registrando durante la ejecución en el disco duro del ordenador en forma de fichero texto donde se registraba el tipo de respuesta por ítem. Al final de cada sesión, el sujeto tenía la oportunidad de ver sus resultados totales. Para la obtención y presentación de los resultados en la pantalla del ordenador se creó un programa que trabajaba con el fichero texto, resultado de la ejecución.

El conjunto de caras familiares fue visto 2 veces en cada sesión (una vez durante la fase de estudio y una vez durante la fase de comprobación) y, por tanto, un total de 12 veces en las 6 sesiones de entrenamiento desarrolladas.

2.3.1.1. Evaluación conductual del aprendizaje

Para analizar el rendimiento de cada sujeto se tomó como medida uno de los parámetros de la Teoría de Detección de Señales (T.D.S.) (Swets, 1964; Coombs, 1981): la sensibilidad de discriminación o d' , que permite calificar la respuesta del sujeto teniendo en cuenta la calidad de sus procesos perceptivos. Este parámetro refleja la separación

entre las distribuciones de probabilidades de *señal* y *ruido* correspondiente a un individuo que realiza una tarea de discriminación en un contexto sensorial ambiguo.

En los experimentos psicológicos donde se realizan tareas de reconocimiento la d' es tomada, por analogía, como un índice de la capacidad del sujeto de discriminar elementos de una lista previamente presentada (*señal*) de elementos completamente nuevos (*ruido*) que se entremezclan con aquellos (Green y Swets, 1974; Ponsoda, 1986). Si consideramos en nuestro experimento el conjunto de 40 caras aprendidas como *señal* y el conjunto de caras de control que se utilizan en cada sesión de aprendizaje como *ruido*, entonces la d' de cada sujeto constituye su índice de sensibilidad para diferenciar el conjunto de caras aprendidas de las caras de control y puede ser tomado como medida evaluadora del proceso de aprendizaje a lo largo de las sesiones de entrenamiento.

La d' se calcula a partir de las probabilidades de determinadas categorías de respuesta que emite el sujeto en la tarea. En nuestro experimento, cada ensayo podía generar una de las siguientes categorías de respuesta:

a) Decidir que la cara era *conocida* cuando se presentaba una cara del conjunto estudiado. Esta respuesta se consideraba un ACIERTO.

b) Decidir que la cara era *conocida* cuando se presentaba una cara del conjunto control. Esta respuesta se consideraba una FALSA ALARMA.

c) Decidir que la cara era *desconocida* cuando se presentaba una de las caras del conjunto control. Esta respuesta se consideraba un rechazo correcto.

d) Decidir que la cara era *desconocida* cuando se presentaba una cara del conjunto aprendido. Esta respuesta se consideraba un fallo.

Como plantea la T.D.S. para el cálculo de d' se utilizaron las probabilidades de dos de las categorías de respuesta que podía emitir el sujeto: la probabilidad de ACIERTOS y la probabilidad de FALSAS ALARMAS y según la fórmula:

$$d' = 0,6 \cdot \log ((PA \cdot (1-PFA)) / (PFA \cdot (1-PA)))$$

siendo PA la probabilidad de ACIERTOS y PFA la probabilidad de FALSAS ALARMAS. Estas probabilidades fueron calculadas dividiendo en cada categoría las respuestas producidas por las posibles, de modo que si el sujeto, por ejemplo, respondía correctamente ante la presentación de 37 del total de 40 caras del conjunto estudiado, su probabilidad de ACIERTOS en la sesión era 0,92 (37/40=0,92). Si el propio sujeto juzgaba como conocidas a 8 de las caras del grupo de 40 caras de control, entonces su probabilidad de FALSAS ALARMAS era 0,2 (8/40=0,2).

2.3.2. Sesión de registro de Potenciales Evocados durante la tarea de emparejamiento cara-rasgos

Antes de realizar la tarea experimental, los sujetos repasaron las 40 caras aprendidas una semana antes. Las caras eran presentadas por el propio sujeto una a una con ayuda de la barra espaciadora, de un modo similar al empleado en las sesiones de aprendizaje.

Una vez repasadas las caras, se procedió a la sesión de registro psicofisiológico en la que los sujetos realizaron una *tarea de emparejamiento cara-rasgos*. En esta tarea cada cara fue presentada 4 veces de manera incompleta (sin los ojos ni las cejas) como estímulo "contexto". En la mitad de los ensayos (80), cada cara "contexto", una vez presentada, se completaba con los rasgos congruentes (ojos y cejas pertenecientes a la cara) tal como habían sido aprendidos. En la otra mitad de los ensayos, la cara "contexto" se completaba con rasgos incongruentes (ojos y cejas seleccionados al azar del conjunto de

rasgos digitalizados). Las dos caras incongruentes eran diferentes entre sí. Las caras se presentaron en orden aleatorio.

En particular, los sujetos tenían que determinar si el completamiento que se hacía de cada una de las 40 caras aprendidas al añadirsele los ojos y las cejas en su presentación en pantalla, era el adecuado o no, según lo aprendido en las sesiones de entrenamiento.

Se registraron 160 ensayos. Cada ensayo estaba formado por la siguiente secuencia: aparecía la cadena de letras "XXXXXXXX" en el centro de la pantalla, que servía como punto de fijación visual y como señal de aviso al sujeto para indicarle que podía comenzar el ensayo; una vez que el sujeto presionaba la barra espaciadora aparecía la cara "contexto" (cara incompleta sin los ojos ni las cejas) en la pantalla durante 1 seg. e, inmediatamente después, los rasgos ausentes y la cara completa, que permanecía en la pantalla también durante 1 seg. Después de desaparecida la cara completa, se presentaba la palabra "RESPONDA" para que el sujeto verbalizara su respuesta ("SÍ" para los completamientos correctos y "NO" para los completamientos incorrectos) (Fig. 6). La respuesta en cada ensayo se registraba con papel y lápiz por el experimentador, que se ubicaba detrás del sujeto, fuera de su campo visual.

2.3.2.1. Técnica de registro psicofisiológico

Para el registro psicofisiológico el sujeto permanecía cómodamente sentado en un sillón del laboratorio ubicado enfrente de la pantalla del ordenador. Se le pedía evitar movimientos oculares y corporales durante la presentación de los estímulos.

La recogida de la señal se realizó con el Electroencefalógrafo digital MEDICID (Fig. 7). Se utilizaron 6 derivaciones del Sistema Internacional 10/20 para el emplazamiento de los electrodos (Jasper, 1958): F7, F8, Cz, Pz, O1 y O2. Los electrodos fueron de disco

Figura 6. Tarea de emparejamiento cara-rasgos con la que se realizó el registro de PES. Cada una de las 40 caras estudiadas fue presentada de manera incompleta como estímulo "contexto". En la mitad de los ensayos la cara "contexto" se completaba con ojos y cejas pertenecientes a la cara. En la otra mitad, la cara se completaba con rasgos incongruentes. El sujeto tenía que responder con las dos teclas del "tablero" si el emparejamiento era correcto (tecla izquierda) o no lo era (tecla derecha).

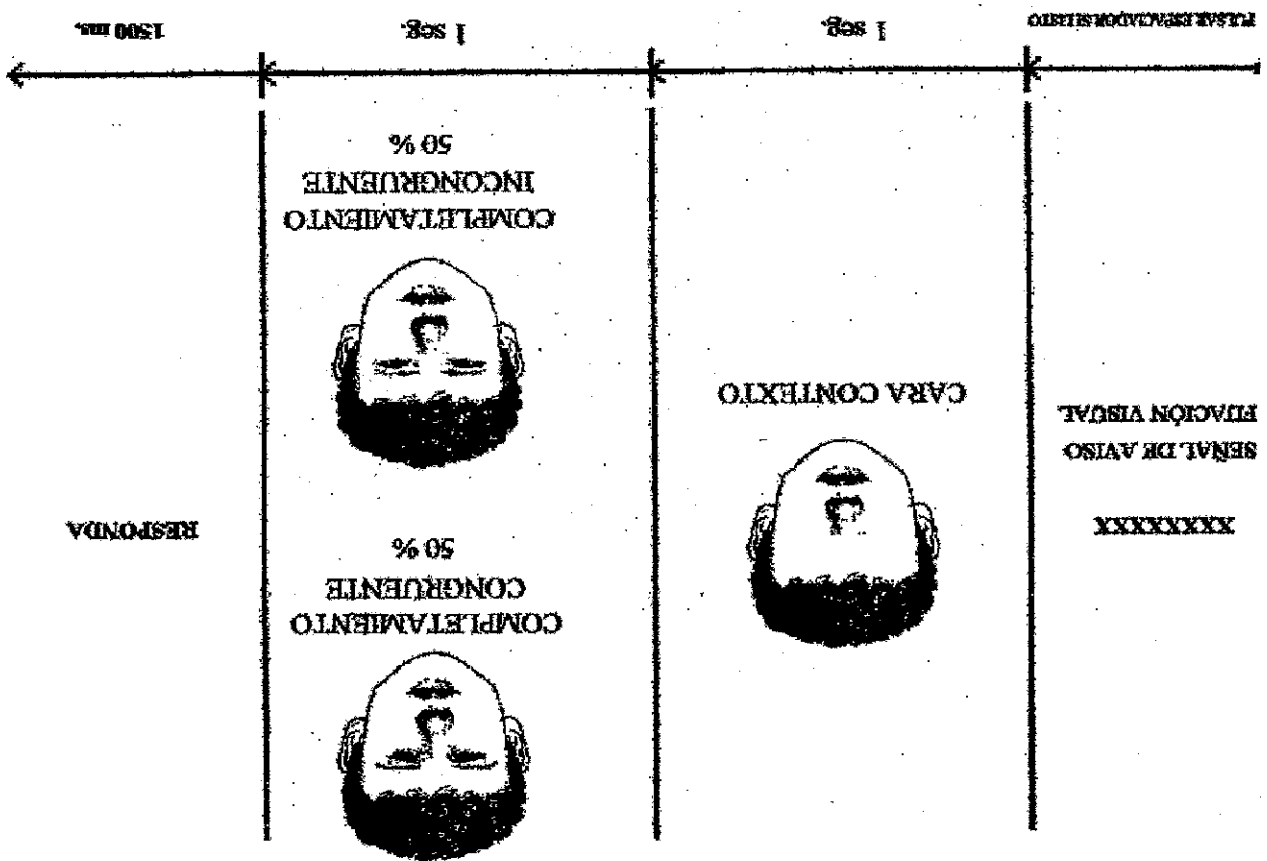




Figura 7. Electroencefalógrafo Digital MEDICID.

(Ag/AgCl) con referencia en orejas interconectadas. El valor de impedancia de cada electrodo estuvo siempre por debajo de los 5 kOhms. Se analizó además la posible contaminación del registro electroencefalográfico con la actividad eléctrica proveniente de los movimientos de los ojos. Para el registro del electroculograma (EOG), se utilizó una derivación bipolar (con vistas a simplificar el análisis de este tipo de actividad) colocando sendos electrodos en el arco orbital inferior del ojo derecho (recogida de los movimientos verticales) y en la comisura externa del mismo ojo (recogida de los movimientos horizontales).

La señal original fue filtrada entre 0.05 y 30 Hz de frecuencia (con caída de 3 dB). Se utilizó también un filtro específico para los 60 Hz. Para cada ensayo se tomó una muestra digitalizada (Convertor A/D de 12 bits) de 256 puntos de EEG con una frecuencia de muestreo de 4 ms. (250 Hz). El registro se sincronizó con la presentación de la cara completa y se grabó en el disco duro del ordenador para el posterior análisis fuera de línea. Se recogió, además, una ventana pre-estímulo (línea de base del EEG) de 150 ms., para un tiempo total o época por ensayo de 1.024 ms.

Una vez finalizada la sesión de recogida, para el análisis se tomaron sólo los ensayos donde la respuesta del sujeto fue correcta, se realizó a continuación una inspección visual de cada segmento de EEG para eliminar aquellos que presentaban artefactos o excesivos movimientos oculares. Los segmentos de EEG pertenecientes a una misma derivación y una misma condición experimental fueron promediados en cada sujeto. Posteriormente, las promediaciones fueron sometidas a un filtro de paso bajo de 5 Hz.

Para el análisis estadístico, se midió en cada individuo y para cada derivación, los valores promedios de amplitud de ventanas de tiempo predefinidas a los que se les sustrajo el valor promedio de amplitud de la ventana pre-estímulo de 150 ms. Se realizó un Análisis de Varianza de medidas repetidas (ANOVA) con estos valores teniendo como factores principales el EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO (con 6 niveles correspondientes a las derivaciones F7, F8, Cz, Pz, O1 y O2) y el TIPO de COMPLETAMIENTO (con dos niveles correspondientes a las dos posibles condiciones de completamiento de la

cara: *congruente e incongruente*). Se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser a los grados de libertad para controlar el error de Tipo I de medidas repetidas en los casos necesarios (Keselman y Rogan, 1980).

2.3.2.2. Evaluación conductual del reconocimiento

Para el análisis del rendimiento conductual en esta sesión de registro psicofisiológico, se utilizó nuevamente la sensibilidad de discriminación o d' . En esta tarea, la d' sería un índice de la capacidad del sujeto de diferenciar caras con los rasgos correctos (tal y como las había aprendido) de caras con rasgos incorrectos (ojos y cejas cambiados en caras aprendidas). En este caso, los ACIERTOS significaban responder que el completamiento era "congruente" cuando realmente lo era y las FALSAS ALARMAS significaban decir que el completamiento era "congruente" cuando los ojos y cejas no pertenecían a la cara.

3. Resultados

3.1. Datos conductuales

Los valores promedio de d' en cada sesión se representan en la Figura 8 en forma de curva de aprendizaje y en la Tabla 1. Como muestra la pendiente de la curva, con valor de 1,037 y estadísticamente diferente de cero ($t(5)=9,09$; $P<0,0000$), d' se incrementa progresivamente de sesión a sesión ($F(5,90)=16,65$; $P<0,0001$). La curva tiene el intercepto no diferente de cero ($t(5)=0,5$; $P<0,6211$).

EXPERIMENTO 1

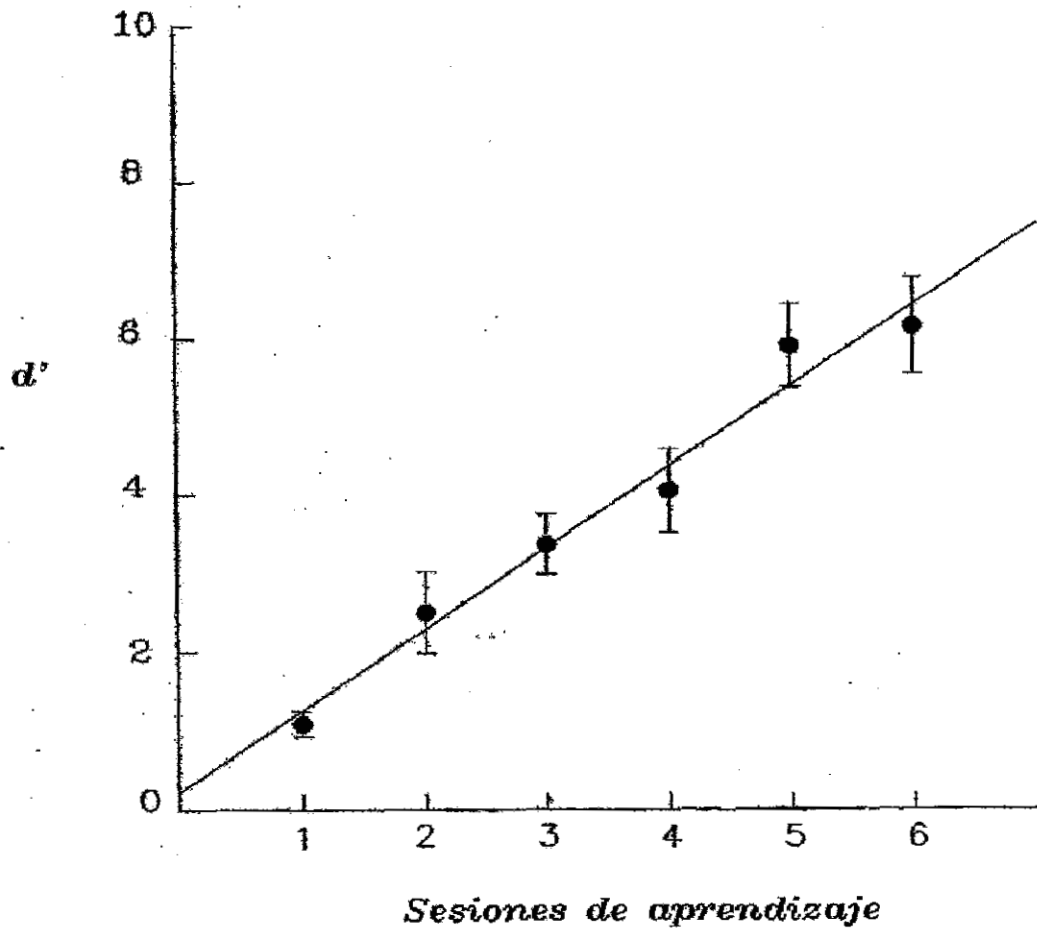


Figura 8. El gráfico representa la curva de aprendizaje con los valores promedio (y el error estándar) de la d' en cada sesión.

Tabla 1.

Sesiones	1	2	3	4	5	6
<i>d'</i>	1.09	2.51	3.37	4.05	5.91	6.17
<i>error estándar</i>	0.16	0.52	0.38	0.54	0.53	0.62

El valor más alto de *d'* (6,17) corresponde a la última sesión de aprendizaje con una probabilidad media de aciertos de 0,96 y una probabilidad media de falsas alarmas de 0,04. Los sujetos negaron haber utilizado etiquetas verbales (nombres, profesiones, etc.) asociadas a cada cara durante el aprendizaje.

En la sesión de registro de PEs, la *d'* tuvo un valor de 2,54 (D. S.= 1,2), que es significativamente diferente de cero ($t(15)=8,61$; $P < 0,0001$). La probabilidad media de aciertos fue de 0,84 y la probabilidad media de falsas alarmas fue de 0,14. La correlación intrasujeto entre este valor de *d'* y el correspondiente a la última sesión de aprendizaje fue de 0,40, la cual no fue significativa.

3.2. Datos electrofisiológicos

En la Figura 9 se representan los PEs (gran promedio de los 16 sujetos) en las 6 derivaciones y el EOG. Se representan superpuestos los PEs de ambas condiciones de completamiento de la cara. Teniendo en cuenta la morfología general de los PEs los picos más prominentes en ambas condiciones fueron: P136, N212 y P636, en los emplazamientos posteriores; P256 (en Cz) y P636; en los emplazamientos parieto-centrales, y P256, en los frontales.

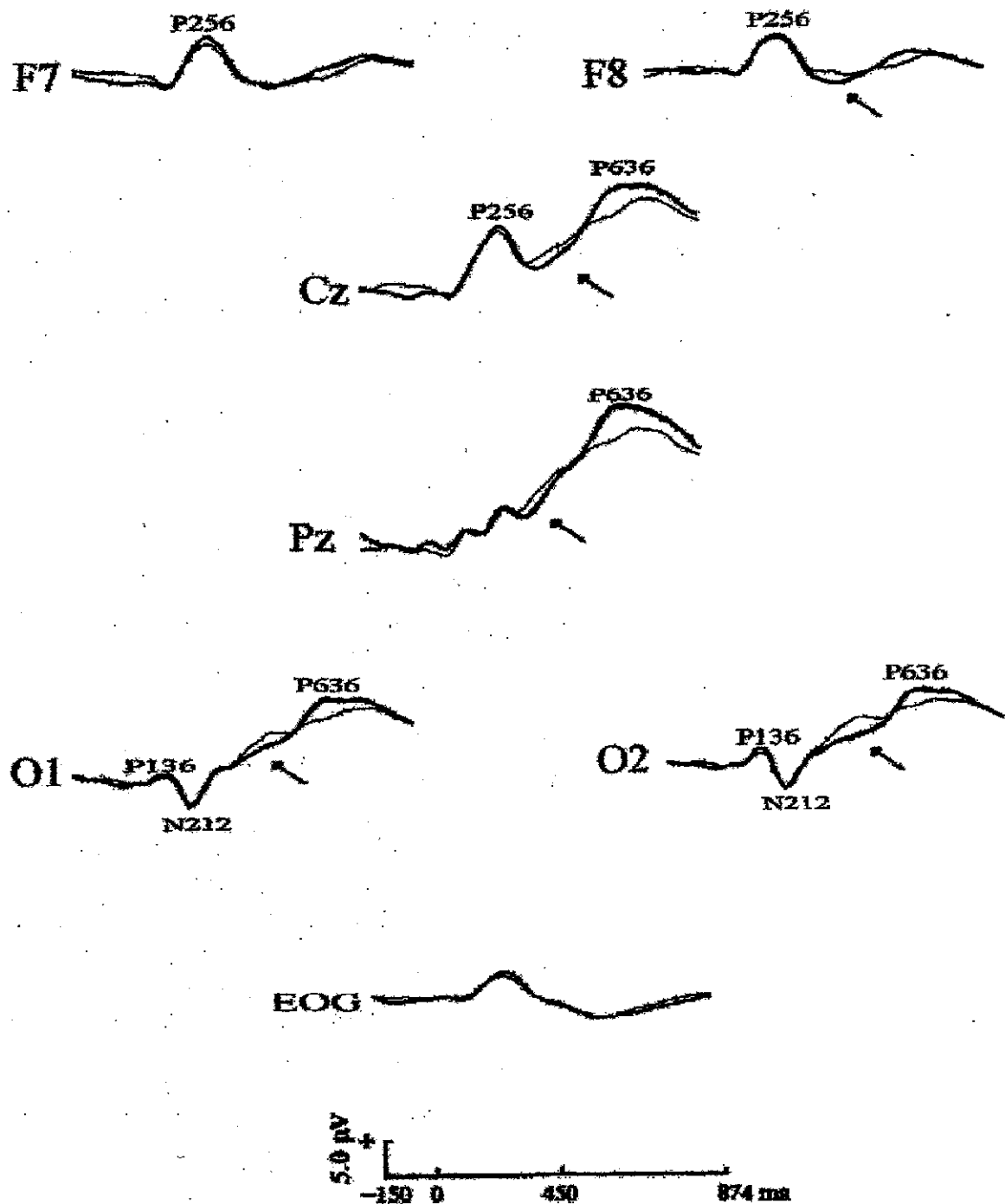


Figura 9 El gráfico representa los PEs (gran promedio de los 16 sujetos) en las 6 derivaciones registradas y el electrocualograma. Las curvas correspondientes a las dos condiciones de completamiento de la cara están superpuestas en cada derivación. El trazo más fino corresponde a los ensayos de **COMPLETAMIENTO CONGRUENTE** y el más grueso a los ensayos de **COMPLETAMIENTO INCONGRUENTE**. La flecha indica la región de tiempo donde se esperaba encontrar aproximadamente un efecto del tipo de N374. Aunque el registro muestra una negatividad asociada a los ensayos incongruentes esta no alcanzó significación estadística.

Los PEs en ambas condiciones fueron muy similares hasta los 340 ms. El análisis de varianza para los valores promedios de amplitud en esta ventana de tiempo no aportó diferencias significativas entre ensayos congruentes e incongruentes.

A partir de los 340 ms. y hasta los 520 ms., los PEs asociados con la condición INCONGRUENTE se hacen ligeramente más negativos que los correspondientes a la condición CONGRUENTE para casi todos los emplazamientos (como indica la flecha en el gráfico), excepto para F7. Se destaca también una positividad tardía asociada a los ensayos incongruentes que se hace algo más aguda en las regiones centro-parietales. Esta positividad comienza inmediatamente después de los 540 ms. y cae a los 874 ms. aproximadamente, mostrando su pico máximo a los 636 ms.

El ANOVA realizado con los valores medios de amplitud en ambas ventanas de tiempo (la primera, desde los 340 ms. hasta los 520 ms., que correspondía a la negatividad, y la segunda desde los 544 ms. hasta los 874 ms., que comprendía la positividad tardía), mostró que no habían diferencias estadísticas significativas entre los ensayos congruentes y los incongruentes en ninguna de las dos regiones de tiempo.

El EOG fue similar en ambas condiciones experimentales. Se observó un pequeño pico positivo alrededor de los 256 ms., que refleja el efecto (P256) encontrado en regiones centro-parietales y frontales.

4. Discusión

De acuerdo con lo esperado, el comportamiento de los sujetos en el transcurso de las 6 sesiones de aprendizaje muestra un claro aprendizaje del conjunto de caras que fue objeto de estudio. Los sujetos fueron familiarizándose progresivamente con las 40 caras

hasta alcanzar altos niveles de discriminación entre estas y las caras de control, lo que indica muy probablemente el aprendizaje de las primeras como caras familiares y la adquisición de la información estructural correspondiente a las mismas.

En la morfología de los PEs se observa una positividad con latencia de 256 ms., que muy probablemente refleja el pico positivo (P2) de vértex descrito por otros autores (Bötzel y Grüsser, 1989; Jeffreys, 1989; Jeffreys y Tukmachi, 1992; Seeck y Grüsser, 1992) e identificado con respuestas psicofisiológicas antes caras, correspondientes a una etapa básica en la detección de las mismas como patrones visual complejos.

Respecto a la generación de un tipo de componente similar al de Valdés-Sosa y Bobes (1990), objetivo básico del experimento, los resultados obtenidos en la sesión de PEs no fueron los esperados. Una negatividad del tipo de N374 asociada a los ensayos de completamiento incongruente debía haber aparecido como expresión de la falta de preactivación en la memoria de los rasgos incongruentes. Ello sería posible si la cara contexto sirviera realmente de estímulo facilitador del reconocimiento subsecuente de los rasgos congruentes (pertenecientes a la cara aprendida). Aunque en la región de tiempo correspondiente a N374 apareció el registro más negativo para los ensayos incongruentes, este efecto fue muy débil y no alcanzó significación estadística.

Según estos resultados, podría interpretarse que N374 está más bien relacionada con la utilización de códigos lingüísticos (por ejemplo, el nombre de la persona representada o cualquier otra información contextual asociada a caras conocidas) y que la utilización de la información de tipo estructural que se tiene de la cara (sus rasgos constituyentes y la ubicación relativa de unos rasgos con respecto a otros, según el concepto de descripción estructural de la cara) no es suficiente para la aparición de este componente. Sin embargo, cabe considerar en este primer estudio que el aprendizaje que se hizo de las caras pudo no ser adecuado para la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* del registro de PEs, es decir, el tipo de entrenamiento que llevaron a cabo los sujetos pudo conducir a la formación de asociaciones mnésicas "ineficaces" para la tarea de emparejamiento cara-rasgos. Esta última idea es apoyada por la diferencia entre el rendimiento de los sujetos

al finalizar el proceso de entrenamiento (d' de la última sesión de aprendizaje) y el rendimiento (d') en la tarea de emparejamiento cara-rasgos. Si bien la d' de la tarea de emparejamiento cara-rasgos tiene también un valor alto, este es bajo con respecto a la última sesión de aprendizaje. Esta "caída" de la d' puede estar determinada porque ambas tareas estén demandando habilidades u operaciones cognitivas diferentes, basadas quizás en la utilización de diferentes tipos de información contenidos en las descripciones estructurales de la cara. Esta idea es corroborada por la ausencia de correlación intrasujetos entre ambos valores de d' .

El hecho de que el rendimiento de los sujetos se afecta de manera significativa por un cambio en las exigencias entre la situación de aprendizaje y la prueba de memoria subsecuente ha sido ya destacado por otros autores. Cohen y Eichenbaun (1993), por ejemplo, plantean que cada evento de aprendizaje crea una representación en la memoria y el que esta representación contribuya o no a la ejecución depende, en gran medida, de su utilidad o necesidad para la respuesta correcta. Según estos autores, las instrucciones que se le dan al sujeto por el experimentador determinan la percepción de aquél de la situación de prueba y, por consiguiente, sus estrategias mentales en relación con el almacenamiento, la representación y la accesibilidad del material involucrado en la memoria (el subrayado es nuestro).

Es muy probable que nuestro método de entrenamiento, en el que se hacía la comprobación del aprendizaje con una tarea de reconocimiento con *decisión de familiaridad*, demandara principalmente la utilización de estrategias de tipo "holístico" (Baddeley y Woodhead, 1983) y, por consiguiente, en la codificación de las caras, los sujetos pusieran un mayor énfasis en los aspectos configuracionales o gestálticos (eficaces para diferenciar caras estudiadas de caras de control en la fase de comprobación). De hecho, no se les pidió a los sujetos prestar especial atención a rasgos individuales como los ojos y las cejas, tan determinantes después en la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* del registro de PEs.

Aunque en varios estudios sobre memoria de caras se afirma que la utilización de estrategias holísticas para la codificación conduce a mejores resultados en las pruebas de memoria (Bower y Karlin, 1974; Winograd, 1978, 1981; Sporer, 1991), de acuerdo con la interpretación por parte de algún autor de que este tipo de estrategia se corresponde con niveles "más profundos de procesamiento" (Craik y Lockhart, 1972), otros estudiosos de la memoria (Morris, Bransford y Franks, 1977; Baddeley, 1982; Tulving, 1983; Schacter, 1989) afirman que un rendimiento óptimo en las pruebas de memoria se puede explicar mejor teniendo en cuenta el principio de la interacción codificación-recuperación⁴ ("encoding-retrieval interaction", en inglés), según el cual el mejor resultado se obtiene cuando se reproducen, en el momento de la recuperación, las condiciones que primaron en el momento de la adquisición del material aprendido.

Las anteriores consideraciones nos llevaron a realizar un segundo experimento. Antes de rechazar la hipótesis inicial de que N374 está relacionada con la información estructural de la cara y aceptar que en la generación de este componente psicofisiológico existe una contribución directa y necesaria del dominio lingüístico, decidimos cambiar las condiciones de la situación de aprendizaje de las caras utilizadas como estímulos para garantizar una transferencia adecuada de lo aprendido en las sesiones de aprendizaje a la sesión de prueba (sesión de PEs).

⁴ Otros términos utilizados para denotar este principio son "transferencia apropiada del procesamiento" y "especificidad de codificación" ("transfer appropriate processing" de Morris *et al.*, 1977 y "encoding specificity" de Tulving, 1983).

III. EXPERIMENTO 2

Potenciales Evocados y reconocimiento de caras congruentes e incongruentes: aprendizaje de caras mediante una tarea de selección de rasgos

1. Introducción e hipótesis

Se decidió utilizar en un segundo experimento un método distinto de aprendizaje de las caras. Con este nuevo modo de entrenar a los sujetos se pretendía buscar mayor similitud entre el modo de aprender las caras durante las sesiones de aprendizaje y la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* del registro de PÉs.

La forma de aprender las caras estuvo encaminada a que los sujetos pusieran especial énfasis en la memorización de rasgos particulares de la cara. Es decir, se modificaron las condiciones de codificación para hacerlas más congruentes o similares a las condiciones de la recuperación (*tarea de emparejamiento cara-rasgos*).

Esta modificación pretendía optimizar el rendimiento de los sujetos en la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* y constatar si un rendimiento óptimo se correspondía con la presencia de un efecto electrofisiológico del tipo de N374, o lo que es lo mismo, la aparición de una negatividad asociada a los completamientos incongruentes.

2. Materiales y método

2.1. Sujetos

Participaron voluntariamente en este experimento 20 adultos sanos diestros, de condiciones equivalentes a los sujetos del Experimento 1. Estos sujetos (12 mujeres y 8 varones) tenían edades comprendidas entre los 18 y los 40 años (edad promedio de 25,15 años).

2.2. Estímulos

Los estímulos y el procedimiento, en gran parte, fueron idénticos a los utilizados en el Experimento 1. Para este segundo experimento fue necesario crear 6 nuevas caras incongruentes para cada cara del conjunto de aprendizaje, lo que significó construir un total de 240 caras nuevas, que servirían como caras de control, tomando combinaciones de ojos y cejas del conjunto total de rasgos.

2.3. Procedimiento experimental y registro psicofisiológico

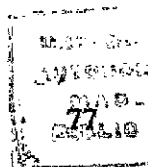
En este experimento los sujetos tenían igualmente que aprender un conjunto de 40 caras artificiales. Sin embargo, como se dijo anteriormente, se utilizó un método de aprendizaje diferente. Este nuevo método se diferenciaba del anterior en la manera de realizar la *fase de comprobación*. Se pretendía que los sujetos hicieran un examen exhaustivo de la cara pero particularizando el aprendizaje de rasgos individuales como

los ojos y las cejas, que sería luego determinante en la ejecución de la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* para el registro de los PEs. Ambas tareas (la de la comprobación del aprendizaje y la del registro de PEs), eran muy parecidas: tanto en una como en otra se presentaba un contexto facilitador, representado por la cara incompleta, y, en ambas, el sujeto tendría que ser capaz de reconocer rasgos particulares (ojos y cejas) de la cara.

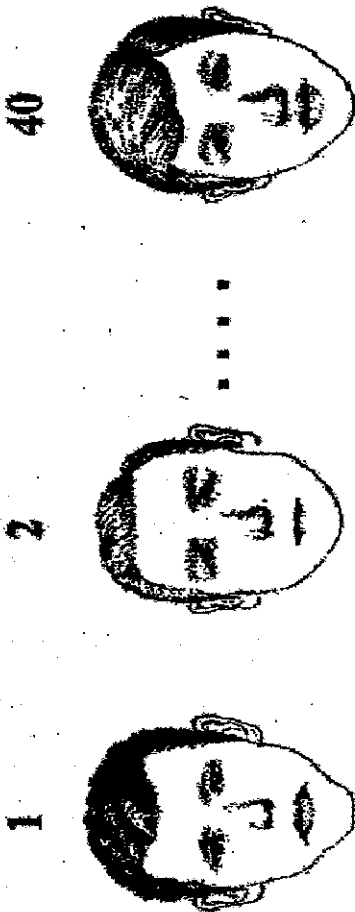
2.3.1. Sesiones de aprendizaje

Al igual que en el anterior experimento, el aprendizaje se llevó a cabo en 3 días, con dos sesiones diarias, una en la mañana y otra en la tarde. En cada sesión, el sujeto estudiaba primero un conjunto de 40 caras de la misma manera que lo hacían los sujetos del Experimento 1 en su *fase de estudio*. Posteriormente, en lugar de presentarse las 40 caras estudiadas entremezcladas con 40 de control para realizar la *comprobación del aprendizaje*, el sujeto se presentaba, con ayuda de la barra espaciadora, cada una de las 40 caras estudiadas de manera incompleta, es decir, sin los ojos ni las cejas. Simultáneamente, debajo de cada cara incompleta se mostraban dos combinaciones de ojos y cejas numeradas para que el sujeto decidiera cuál de ellas era la correspondiente a la cara incompleta, según lo aprendido en la *fase de estudio*. Sólo una de las dos combinaciones de ojos y cejas presentadas era la correcta y el sujeto tenía que hacer su selección presionando la tecla con el número correspondiente al tipo de ojos y cejas escogido por él (Figura 10). La posición de la combinación correcta variaba aleatoriamente de presentación a presentación.

Una vez que el sujeto hacía su selección, el par ojos-cejas escogido se colocaba de inmediato sobre la cara presentada, completándola, de modo que el sujeto podía comprobar la congruencia de dichos rasgos con la cara incompleta. Si el sujeto no estaba conforme, se le permitía rectificar su selección con el objetivo de facilitar el aprendizaje de la cara (ver texto del programa en Apéndice E).



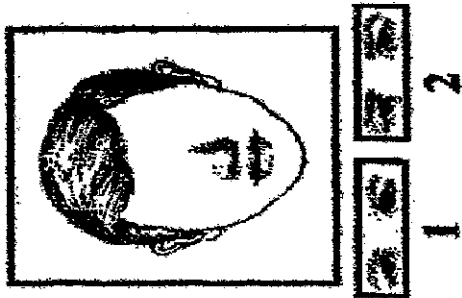
FASE DE ESTUDIO



**ESTUDIAR Y
MEMORIZAR
LA CARA**

10 min.

FASE DE COMPROBACIÓN



**SELECCIONAR
LOS RASGOS
CORRECTOS**

**RETROALIMENTACIÓN DE
LA RESPUESTA**

Figura 10. Esquema de una sesión de aprendizaje. Experimento 2

El fin del ensayo lo determinaba el propio sujeto presionando la barra espaciadora con lo cual confirmaba su selección. Si la respuesta no era la correcta, al presionar la barra espaciadora se escuchaba un "bip" del ordenador; por el contrario, la ausencia del "bip" indicaba que el par ojos-cejas escogido era el adecuado. Al igual que en el Experimento 1, las caras eran vistas 12 veces durante todo el proceso de aprendizaje (dos veces en cada sesión).

2.3.2. Sesión de Potenciales Evocados durante la tarea de emparejamiento cara-rasgos

La sesión experimental en la que se llevó a cabo el registro psicofisiológico tuvo lugar también una semana después, tal y como se hizo en el Experimento 1.

3. Resultados

3.1 Datos conductuales

Los valores de d' promedio del grupo de sujetos para cada sesión se representan en la Figura 11 y en la Tabla 2. La curva de la Figura 11 muestra un incremento progresivo de este valor a lo largo del período de entrenamiento ($F(5,114)=10,82$, $P<0,0001$). La curva tiene el intercepto no diferente de cero ($t(5)=0,89$; $P<0,3763$). La pendiente de esta curva es más pequeña que la obtenida en el Experimento 1 (0,83 vs. 1,04, $t(32)=8,75$, $P<0,0001$).

EXPERIMENTO 2

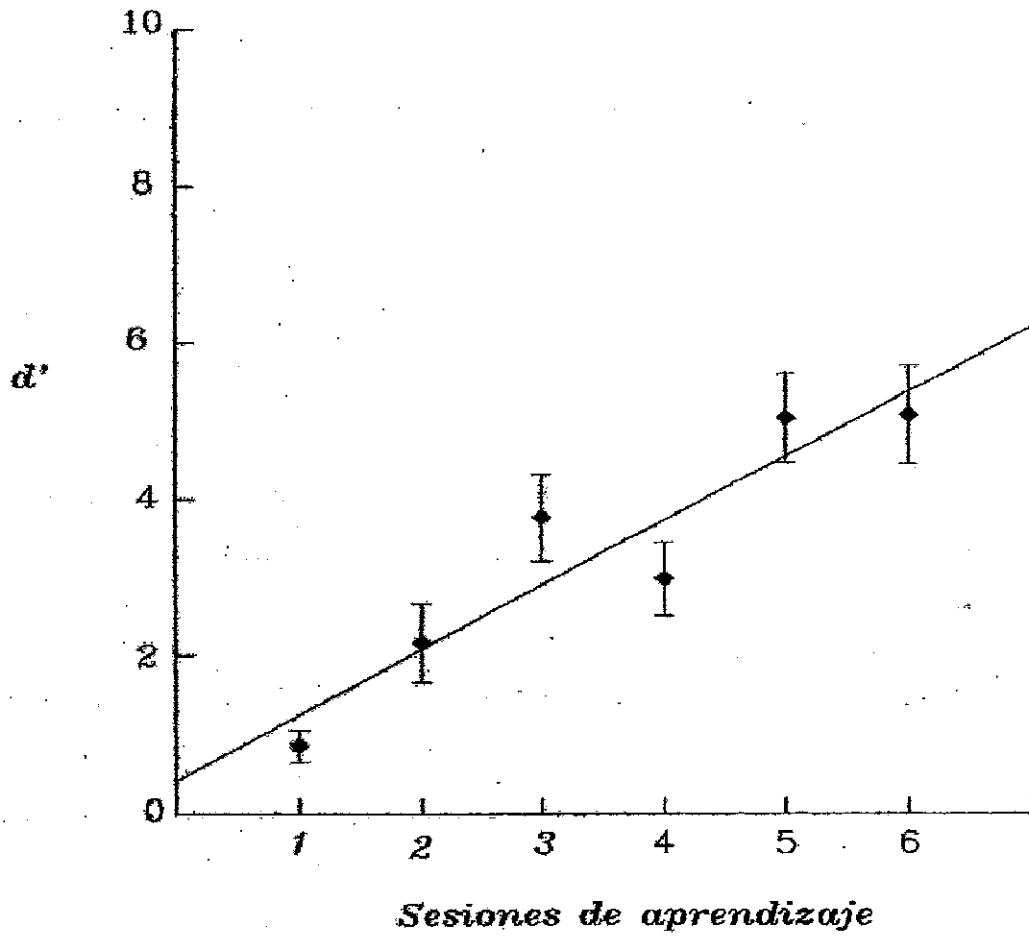


Figura 11. El gráfico representa la curva de aprendizaje con los valores promedio (y el error estándar) de la d' en cada sesión.

Tabla 2.

Sesiones	1	2	3	4	5	6
d'	0.87	2.17	3.77	2.99	5.05	5.09
error estánd.	0.2	0.5	0.56	0.47	0.57	0.63

La d' promedio de la última sesión de aprendizaje fue de 5,09, lo que puede considerarse un alto valor de rendimiento. Las probabilidades de aciertos y falsas alarmas correspondientes a este valor de d' fueron 0,94 y 0,6, respectivamente. Al igual que en el Experimento 1, los sujetos negaron haber asociado a las caras aprendidas etiquetas verbales u otras asociaciones de naturaleza no facial.

La d' promedio en la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* correspondiente a la sesión de registro psicofisiológico fue de 3,71 (D. S.=1,66) y es significativamente mayor que cero ($t(19) = 10,03, P < 0,0001$). Este valor correspondió a una probabilidad de aciertos de 0,93 y a una probabilidad de falsas alarmas de 0,1. Dicho valor fue significativamente mayor que el obtenido en la sesión de registro psicofisiológico del Experimento 1 (3,71 vs. 2,54, $t(34) = 2,38, P < 0,023$).

La correlación intrasujeto entre la d' de la última sesión de entrenamiento y la d' de la *tarea de emparejamiento cara-rasgos* del registro psicofisiológico fue 0,75 y resultó ser estadísticamente muy significativa ($P < 0,0001$).

3.2. Datos electrofisiológicos

La morfología general de los PEs fue muy similar a la obtenida en el Experimento 1. En la Figura 12 se superponen igualmente los registros promediados de ensayos congruentes e incongruentes en cada derivación, los cuales son muy similares hasta los 340 ms., lo

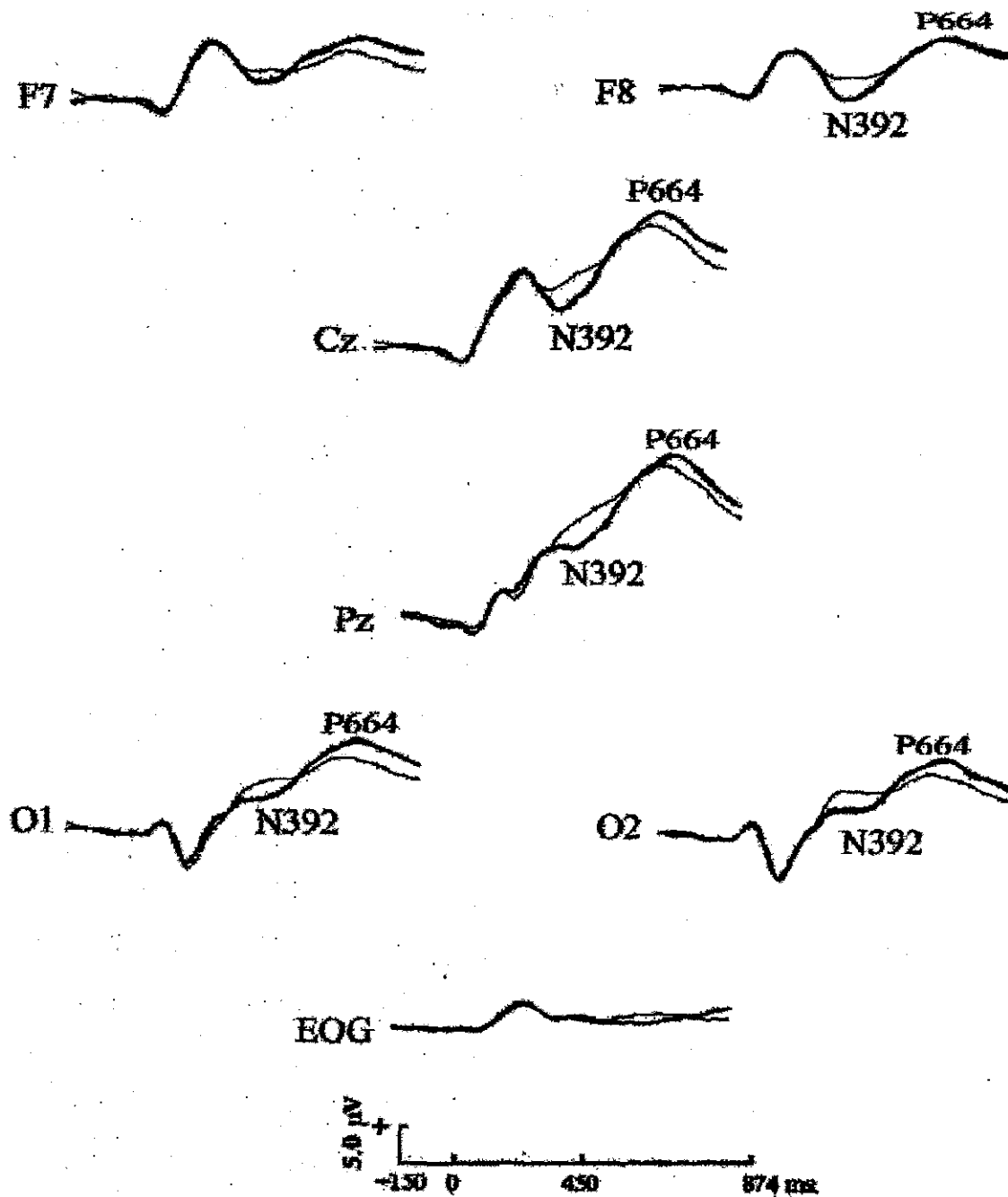


Figura 12. El gráfico representa los PEs (gran promedio de 20 sujetos) en las 6 derivaciones registradas y el electrocúlograma. Las curvas correspondientes a las dos condiciones de completamiento de la cara se han superpuesto en cada derivación. El trazo más fino corresponde a los ensayos de **COMPLETAMIENTO CONGRUENTE** y el más grueso a los ensayos de **COMPLETAMIENTO INCONGRUENTE**. Se destaca una marcada negatividad para los **COMPLETAMIENTOS INCONGRUENTES** a partir de los 340 ms. y hasta los 520 ms. (pico a los 392 ms.). Una positividad tardía se observa también en casi todas las derivaciones (con pico P664), algo más marcada para los completamientos incongruentes.

cual fue confirmado estadísticamente. A partir de los 340 ms., los registros correspondientes a cada una de las dos condiciones de completamiento de la cara se comienzan a diferenciar. Se observa una marcada negatividad asociada a la condición de completamiento incongruente en la ventana de tiempo de 340 ms. a 520 ms., con su pico máximo en los 392 ms. (N392). Esta negatividad se hace más evidente en los emplazamientos Cz, Pz, F8, O1 y O2. En la ventana de tiempo de 584 ms. a 874 ms., aparece una positividad en casi todos los sitios (excepto en F8) asociada a los ensayos incongruentes, con su pico máximo a los 664 ms.

Se hizo un ANOVA como en el Experimento 1, tomando como factores principales el TIPO DE COMPLETAMIENTO (con los niveles *congruente* e *incongruente*) y el EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO (los 6 sitios). Se tomaron para el análisis los valores medios de amplitud en ambas ventanas de tiempo: la primera, desde los 340 ms. hasta los 520 ms., que incluía la negatividad, y la segunda, desde los 584 ms. hasta los 874 ms., que comprendía la positividad tardía.

Este análisis mostró que en la primera ventana de tiempo (340 ms.- 520 ms.) los factores principales TIPO DE COMPLETAMIENTO ($F(1,19)= 6,91, P<0,01$) y EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO ($F(2,36)= 12,3, P<0,0001$) tuvieron un efecto significativo. La interacción entre ambos factores fue también significativa ($F(2,31)= 3,4, P<0,05$). El efecto TIPO DE COMPLETAMIENTO está asociado con los valores de amplitud más negativos para los PEs incongruentes. En la segunda ventana de tiempo, el efecto TIPO DE COMPLETAMIENTO fue marginalmente significativo ($F(1,19) = 3,89, P<0,0632$).

El EOG fue similar en ambas condiciones experimentales y no se observan diferencias en la ventana de tiempo correspondiente a la negatividad del tipo de N374.

Para comparar los resultados de ambos experimentos se realizó un ANOVA con el conjunto de datos. Se utilizó el factor intersujeto EXPERIMENTO (1 vs. 2) y los

factores intrasujetos TIPO DE COMPLETAMIENTO (con los niveles *congruente* e *incongruente*) y el EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO (los 6 *emplazamientos*). El factor EXPERIMENTO fue marginalmente significativo $F(1,34)= 3,8, P<0,0566$ y el TIPO DE COMPLETAMIENTO fue significativo ($F(1,34)=4,86, P<0.0323$). La interacción entre EXPERIMENTO y TIPO DE COMPLETAMIENTO no fue significativa ($F(1,34)=1,44, P<0.2663$).

4. *Discusión*

De acuerdo con lo esperado y como muestra la curva de los valores promedios de d' , los sujetos fueron aprendiendo progresivamente el conjunto de caras estudiadas de sesión a sesión, al igual que en el Experimento 1. Sin embargo, teniendo en cuenta las diferencias entre las dos curvas de aprendizaje, el aprendizaje de las caras con el método de comprobación de *selección de rasgos* (correspondiente a este experimento) fue, al parecer, más difícil que la realización de una simple tarea de *decisión de familiaridad*. Así lo evidencia el valor de la pendiente de la curva de aprendizaje, que es menor para el Experimento 2. La tarea de hacer un estudio de los rasgos particulares de cada cara en este segundo experimento pudo elevar el nivel de dificultad de la tarea.

El índice de d' mayor en este Experimento 2, si se compara con el correspondiente del Experimento 1, sugiere que lo aprendido por los sujetos en las sesiones de entrenamiento en este segundo experimento resultó más "eficaz" y apropiado para un buen desempeño en la *tarea de emparejamiento cara-rasgos*, correspondiente a la sesión de registro de PEs. Este hecho se corrobora con la correlación intrasujetos estadísticamente significativa entre la d' de la última sesión de entrenamiento y la de la sesión de registro de PEs, que no ocurría en el Experimento 1. Se confirma de este modo la utilidad de establecer una correspondencia entre lo aprendido durante las sesiones de aprendizaje y lo que debía ser recuperado posteriormente en la *tarea de emparejamiento cara-rasgos*

para el registro de PEs, según el principio de la interacción codificación-recuperación mencionado en la discusión de los resultados del primer experimento. El tipo de aprendizaje utilizado en este Experimento 2, que se centraba en la memorización de los ojos y las cejas, debió llevar a los sujetos a emplear estrategias más analíticas y en consecuencia hicieron un estudio más exhaustivo de los rasgos de cada cara (ver también Parkin y Williamson, 1986, Yin, 1978). Adicionalmente, los tiempos más rápidos de presentación de la caras cuando los sujetos realizaban la *tarea de decisión de familiaridad* en la *fase de comprobación* del aprendizaje en el Experimento 1 pudieron favorecer la utilización de estrategias más holísticas de procesamiento (Ellis, Shepherd y Davies, 1979; Sergeant, 1982). Por el contrario, el uso de estrategias más analíticas pudo también ser facilitado en el Experimento 2, porque la *fase de comprobación* del aprendizaje se caracterizó por un tiempo de presentación más largo y la facilidad de hacer hasta varias selecciones de rasgos apropiados en cada ensayo.

Para comprender esta mejoría en los resultados no puede descartarse tampoco el factor motivacional en los sujetos. Al realizar las sesiones de aprendizaje con una tarea de selección de rasgos, los sujetos interactuaban de un modo más activo con el material de estimulación, lo que pudo conducir a que se implicaran más en el entrenamiento y que ello también justificara un mejor desempeño en la *tarea de emparejamiento cara-rasgos*, donde se evaluaba finalmente todo el proceso de aprendizaje. En este sentido, es pertinente tener en cuenta el punto de vista de Sporer (1991), que considera que el hecho de comprometer a los sujetos en una búsqueda activa de atributos que son subjetivamente relevantes para la codificación de la cara es un factor importante para elevar el rendimiento. Esta idea complementa nuestra argumentación de la importancia del tipo de codificación que se hace durante el entrenamiento y su efectiva actualización en el momento de la recuperación posterior.

Por otra parte, resulta bastante improbable que la utilización de códigos semánticos o lingüísticos facilitara la mejoría en el rendimiento en este Experimento 2. Como en el Experimento 1, a los sujetos no se les proporcionó ninguna información de esta naturaleza asociada con el conjunto de caras, objeto de aprendizaje. Además y, sobre

todo, en este experimento la atención se focalizó en el procesamiento de aspectos estructurales (en su aspecto analítico) de las caras, no sólo por la consigna dada inicialmente, sino también por las propias exigencias de las pruebas de memoria que se realizaban posteriormente (léase, *tarea de selección de rasgos* en la fase de comprobación y *tarea de emparejamiento cara-rasgos* durante el registro de PEs). Por estas razones, la utilización de otros tipos de estrategias de codificación que los sujetos pudieron adoptar (por ejemplo, asociar a las caras juicios semánticos como "esta cara parece inteligente") (Sporer, 1991) quedaba bastante descartada, lo cual fue apoyado por los datos introspectivos de los propios sujetos.

En congruencia con esta interpretación, cabe citar los experimentos de Klatzky y Forrest (1984) que comparaban el reconocimiento de caras famosas y no famosas y comprobaron que las primeras eran siempre mejor recordadas aún cuando el reconocimiento del nombre no se producía, no pudiendo los sujetos ofrecer ninguna etiqueta de tipo verbal para dichas caras. Así mismo, Baddeley y Woodhead (1983) constataron en un experimento que el hecho de ofrecer a los sujetos una descripción aparentemente rica y detallada de la personalidad de la cara presentada no tenía ningún efecto sobre la facilidad posterior de reconocimiento, si se comparaba esta condición de presentación con la de presentar asociados sólo la edad y el nombre de la cara o un texto irrelevante a la información facial. Por su parte, Sporer (1989, 1991) planteó que los modos de procesamiento verbal con caras son generalmente menos eficaces como fuente de codificación que las estrategias de procesamiento de información puramente visual.

Levy *et al.* (1972), estudiando el reconocimiento de caras y figuras no nominables en pacientes comisurotomizados, plantearon que el uso de estrategias no verbales era más básico para el reconocimiento visual y predominante a menos que exista un requerimiento específico de utilizar otro tipo de estrategias. Igualmente, Damasio *et al.* (1982), haciendo una caracterización del reconocimiento visual de material no verbal plantean que las evocaciones verbales no son necesarias para que ocurra el reconocimiento. Estos autores se basan, por una parte, en el hecho de que primates no humanos no tienen componente verbal que evocar cuando reconocen un objeto y por

otra parte, en que los pacientes con hemisferectomía izquierda pueden reconocer caras y objetos que evocan poca o ninguna memoria verbal, así como los que están comisurotomizados, cuyo hemisferio derecho aislado puede experimentar familiaridad con los estímulos y responder adecuadamente a ellos a pesar de su limitada evocación verbal.

Según Meadows (1974), las caras son resistentes a la interpretación verbal ya que conocemos cientos de caras que difieren en detalles finos en su mayoría pero lo hacemos de una manera que es bastante difícil de traducir verbalmente. Esto, según él, depende del aprendizaje de lo que son esencialmente discriminaciones de patrones visuales de gran complejidad.

La aparición en este experimento de una negatividad (N392) similar a la N374 obtenida por Valdés- Sosa y Bobes (1990) con caras naturales, presumiblemente sin la intervención de información de tipo semántico o lingüístico, demuestra que una negatividad obtenida con este tipo de paradigma está asociada, fundamentalmente, con la falta de preactivación contextual de información correspondiente a la estructura de la cara, y confirma, por tanto, la hipótesis de que la generación de este tipo de componente está relacionada básicamente con la información específica del dominio facial. Los resultados del presente trabajo, donde se utilizan estímulos artificiales, corroboran el criterio de estos autores según el cual el conocimiento de tipo lingüístico no era una condición necesaria para la generación de N374. También estos resultados, al estar referidos a caras artificiales en las que fue muy posible una buena composición (sin residuos) de las imágenes con rasgos incorrectos, nos permiten descartar la incongruencia a nivel pictórico como una posible causa de este efecto psicofisiológico.

Si bien es posible relacionar la presencia de N392 en el Experimento 2 con estrategias de tipo analítico en el procesamiento de las caras estudiadas, facilitadas por el tipo de aprendizaje utilizado, es necesario considerar que en el análisis de varianza realizado para comparar los datos electrofisiológicos de los dos experimentos no se demostró una diferencia estadísticamente significativa entre la magnitud de la negatividad encontrada

en cada uno de ellos. Este hecho puede hacer pensar que las diferencias entre ambos experimentos pudieron ser debidas simplemente a una variabilidad en función de la muestra de este efecto y no tanto determinadas por el tipo de estrategia utilizada en las sesiones de entrenamiento en cada uno de ellos. Alternativamente, también podría considerarse que, efectivamente, cada uno de los dos tipos de tareas utilizadas en las sesiones de aprendizaje de cada experimento pudo facilitar la adquisición de diferentes descripciones estructurales de las caras. La diferencia pudo estar determinada, como se ha sugerido anteriormente, por una mayor adecuación del tipo de aprendizaje del Experimento 2 en relación con las demandas de la tarea de emparejamiento cara-rasgos correspondiente al registro de PEs, o también por una diferencia cualitativa entre lo aprendido en un experimento y otro (aunque ambas posibilidades no se excluyen mutuamente). En todo caso, la relación de N392 con la información estructural de la cara pudo ser corroborada.

La presencia en los dos experimentos de un pico positivo (P636 y P664) tardío relacionado con los completamientos incongruentes obliga a establecer una diferenciación entre N392 y otro componente endógeno, la N200. De hecho, algunos investigadores (Rätter, Ford, Gaillard, Russell Hanter, Kutas, Näätänen, Polich, Renault y Rohrbaugh, 1984, para una discusión) han considerado la posibilidad de que N400 (o sus análogos) no sea más que una N200 de latencia retardada. El componente N392 y la P664 en el Experimento 2, por tanto, podrían ser parte de un complejo N2-P3. Este complejo aparece comúnmente ante una secuencia de estímulos atendidos cuando un cambio estimular inesperado ocurre y es relevante para la tarea que se realiza. En nuestro diseño experimental, aunque las dos condiciones de completamiento ocurren con igual frecuencia (50 % de los ensayos cada una), los dos completamientos incongruentes son diferentes entre sí (los rasgos incorrectos no son los mismos en las dos presentaciones correspondientes a las caras incongruentes), lo cual pudo introducir un factor de infrecuencia en este tipo de completamiento con respecto al otro. Por otra parte, la infrecuencia del estímulo pudo ser inherente a cada ensayo en particular y no a la secuencia completa de estímulos (aunque esto contradice el punto de vista de Donchin y Coles (1988) de que la P300 es una manifestación de estrategias referidas al conjunto total de estímulos y no a cada ensayo en particular). En otras palabras, aunque en cada

ensayo la probabilidad de que se produjera uno de los dos tipos de completamiento era del 50 %, la probabilidad subjetiva de ver una cara congruente después de ver el contexto preactivador (debido a la fuerte expectativa que este crea para ver la cara correcta), pudo ser mayor y así los completamientos incongruentes pudieron ser menos esperados, condición que pudo propiciar la presencia de un complejo del tipo de N2-P3. La identificación de esta N392 de incongruencias ante caras con una N200 pudo ser también pertinente en el caso de N374 (Valdés-Sosa y Bobes, 1990). Sin embargo, la N374, que se generó en una tarea experimental muy similar a la N392 de nuestro experimento, demostró, como expusieron Valdés-Sosa y Bobes, tener una modulación de amplitud diferente de la onda positiva tardía (P538 en su caso), la cual no apareció en todos los experimentos donde estuvo presente N374 (criterio válido para diferenciar la N400 de la N200, Ritter *et al.*, 1984). Esta disociación sugiere que N374 y, muy probablemente, N392, no forman parte de un complejo N2-P3. Adicionalmente, en la morfología de nuestros PEs puede ser notada una negatividad (N212) previa a N392 y más cercana en latencia a la N200 clásica. Esta negatividad, junto a P636 o P664, sí podría formar parte de un complejo del tipo N2-P3. La mayor amplitud (y latencia) que se observa para la positividad tardía (aunque sólo presente como tendencia) en los ensayos incongruentes podría corresponder a una mayor dificultad de procesamiento de este tipo de estímulos o a una mayor relevancia concedida a los mismos en la tarea, una explicación funcional que se atribuye a este tipo de componente positivo tardío, que podría considerarse un miembro de la familia de ondas del tipo P300.

Las negatividades de incongruencias ante caras obtenidas por otros autores (Barret *et al.*, 1988; Barret y Rugg, 1989; Debruille *et al.*, 1996; Smith y Halgren, 1987) han sido originadas en paradigmas experimentales de preactivación por repetición y de preactivación por asociación entre caras. En estos paradigmas la contribución a los PEs de un tipo de información diferente a la facial (*i.e.* a la estructura de la cara) fue altamente probable y, en algún caso, necesaria. Nuestro modelo experimental fue diseñado con el fin de eliminar tanto como fuera posible la influencia de este tipo de códigos en el conocimiento de una cara conocida, de modo que sólo la estructura de la cara y, por tanto, la información estrictamente relativa al dominio facial determinara los efectos buscados en los PEs.

Al tratar de establecer una relación entre las otras negatividades ante caras y la obtenida en nuestro diseño podríamos plantear que mientras los componentes negativos ante caras descritos por otros autores pudieron ser el resultado del solapamiento de varias negatividades de incongruencia (provocadas por la contribución de varios dominios de información), la negatividad de nuestro diseño fue específica de dominio y podría contribuir en parte a los efectos de incongruencia encontrados en las otras tareas de procesamiento de caras. Este criterio podría ser también válido para diferenciar la N392, obtenida en nuestro paradigma con caras artificiales, de la N374, obtenida por Valdés-Sosa y Bobes (1990) en una tarea de emparejamiento cara-rasgos con caras naturales.

Los resultados obtenidos en este trabajo parecen indicar que la N392, generada con la tarea de preactivación contextual de información correspondiente a la estructura de la cara, es una variante no lingüística de la N400. Este componente negativo aparece en una tarea muy similar a la utilizada en los estudios de N400 en el que se demuestra una relación inversa entre la falta de preactivación contextual y la presencia de un componente negativo de larga latencia. Adicionalmente, la incongruencia que provoca la negatividad es específica de dominio y en su generación es muy poco probable que haya estado implicado un procesamiento de naturaleza lingüística. En este punto, es interesante señalar que en nuestros dos experimentos estuvo presente la P2 de vértex identificada como componente específico de la percepción de caras por otros autores y posterior a ella en el tiempo tuvo lugar nuestra negatividad de incongruencia. Ante este hecho podría proponerse un *locus* funcional para N392 correspondiente a etapas posteriores de la detección de la cara como patrón visual complejo y como reflejo de un posible "reprocesamiento" de la información relativa a la estructura de una cara conocida, una interpretación similar a la ofrecida por Kutas y Hillyard (1980a) para la N400.

Al hablar de las equivalencias entre N392 y N400 surge la pregunta de si ambos componentes son idénticos o análogos. Si N392 y N400 son componentes idénticos, entonces aunque la primera sea invocada en un contexto facial y la segunda en uno

verbal, ambas podrían reflejar la actividad de un operador central (en el sentido descrito por Fodor, 1983) que es activado por situaciones de incongruencia en diferentes dominios de información. Esto supondría demostrar que ambos componentes tienen los mismos generadores neurales. Si, por el contrario, N392 y N400 están generados por poblaciones neurales diferentes (como sugirieron Valdés-Sosa y Bobes, 1990), entonces ambos componentes reflejan operaciones análogas llevadas a cabo por diferentes subrutinas neurales específicas de dominio. En este último caso, sería más apropiado entonces hablar de procesos psicobiológicos reflejados por los PEs específicos del dominio facial al hablar de N392.

El establecimiento de la identidad de los generadores de dos componentes es una tarea muy difícil en la actualidad. Para localizar los generadores neurales de un PE registrado superficialmente es necesario inferir las fuentes de la actividad eléctrica cerebral que contribuyen a los cambios de voltaje a nivel del cuero cabelludo, esto es, es necesario resolver el llamado "problema inverso", que puede no tener soluciones únicas (Scherg y Picton, 1991). A pesar de esto, se han realizado inferencias acerca de los generadores neurales de varios componentes, lo cual ha sido especialmente válido en el sistema auditivo, donde se conocen con bastante precisión los generadores de varios PEs (Mangun y Hillyard, 1996).

Desde un punto de vista psicofisiológico, diferencias cualitativas en las distribuciones topográficas sugieren diferentes poblaciones neurales de generadores de los PEs (Rugg y Coles, 1996). Valdés-Sosa y Bobes (1990) llevaron a cabo una comparación entre la topografía de N374 y N400. Para obtener la distribución topográfica de N400 aplicaron el paradigma clásico de Kutas y Hillyard (1980a) en un grupo de sujetos. En el caso de N374, aplicaron su paradigma de incongruencia de caras a otro grupo de sujetos que conocían las caras utilizadas como estímulos. La distribución de N374 resultó ser más posterior y más asimétrica (derecha) que la encontrada para N400 (más centralmente distribuida). Los autores consideraron que ambos componentes parecían tener generadores neurales diferentes, aunque se mostraron cautelosos a la hora de establecer el alcance de sus resultados.

Para realizar una comparación entre las distribuciones topográficas de la N400 y la N392 obtenida en nuestro diseño experimental con caras artificiales, que nos permita inferir el carácter idéntico o análogo de ambos componentes (y sus generadores), decidimos realizar un tercer experimento aplicando los paradigmas de N400 y N392 en un mismo grupo de sujetos.

IV. EXPERIMENTO 3

Comparación de Potenciales Evocados relacionados con la preactivación contextual de caras y palabras.

1. Introducción e hipótesis

En nuestro Experimento 2 se obtuvo una negatividad (N392) relacionada con la falta de preactivación correspondiente a la estructura de una cara. Esta negatividad parece ser un componente psicofisiológico semejante a la N400 en el dominio facial. Este hallazgo refuerza el supuesto de que N392 y N400 representan respuestas psicofisiológicas específicas de dominio (facial y verbal, respectivamente), lo cual debería estar en parte caracterizado porque en ambos tipos de respuestas estén interviniendo generadores neurales diferentes, aunque con funciones análogas. La evidencia a favor de diferentes generadores neurales en cada caso apoyaría nuestra hipótesis inicial de que N392 (y la N374 descrita en el paradigma del que partimos, desarrollado por Valdés-Sosa y Bobes, 1990) expresa la actividad de mecanismos asociativos de la MLP relativos al procesamiento de caras. Por el contrario, si los generadores neurales activados fueran los mismos, ambos componentes podrían ser la expresión de la actividad de un procesador único de información de propósito general, esto es, común al procesamiento de incongruencias en múltiples dominios de información.

En el estudio precedente que constituye el antecedente inmediato de este trabajo (Valdés-Sosa y Bobes, 1990), se analizaron los resultados obtenidos en las tareas correspondientes a N400 y N374 en dos grupos muestrales diferentes (un grupo realizó la tarea correspondiente al paradigma N400 y el otro la tarea correspondiente a N374 con caras naturales) y se obtuvo una diferencia en la distribución topográfica entre ambos componentes en dichas tareas. Los autores plantearon que ambos componentes

podrían reflejar generadores neurales diferentes, caracterizados por la especificidad de dominio de cada tarea.

Con el objetivo de comparar las distribuciones topográficas de los componentes N400 y N392 e inferir sus posibles generadores neurales, en el presente experimento se aplicaron a un mismo grupo de sujetos las tareas correspondientes a la generación de estos dos componentes.

2. Materiales y método

2.1. Sujetos

Participaron voluntariamente en este experimento 12 adultos sanos diestros, de condiciones equivalentes a los sujetos de los Experimentos 1 y 2. Estos sujetos (6 mujeres y 6 varones) tenían edades comprendidas entre los 24 y los 38 años (edad promedio de 30 años).

2.2 Estímulos y procedimiento experimental

Los estímulos y el procedimiento empleado para la generación de N392 (aprendizaje de las caras mediante *selección de rasgos* y tarea posterior de *emparejamiento cara-rasgos* para el registro de PEs) fueron idénticos a los utilizados en el Experimento 2. Así, los sujetos también en este caso realizaron 6 sesiones de aprendizaje de las caras que se utilizarían como estímulos posteriormente en la tarea de *emparejamiento cara-rasgos*,

durante la cual tenía lugar el registro psicofisiológico. Para la generación de N400, se aplicó la tarea prototípica del modelo clásico de oraciones de Kutas y Hillyard (1980a) (ver Apéndice F). Se presentaron un total de 120 oraciones de 6 palabras, de las cuales el 50 % (60 oraciones) terminaba con una palabra semánticamente incongruente.

2.3. Sesión de registro psicofisiológico

La sesión experimental en la que se llevó a cabo el registro psicofisiológico durante la realización de ambas tareas tuvo lugar 3 días después (salvo en un sujeto experimental, que se realizó 4 días después). Para la tarea de N392, se eliminó, de la estructura del ensayo, la presentación de la señal de aviso (XXXXXXXXXX). El tiempo de presentación de las caras (contexto y estímulo) se redujo de 1000 ms. a 500 ms. Estas modificaciones tenían como objetivo hacer menos lenta la realización de la tarea y reducir la diferencia entre los tiempos de presentación de caras y palabras. En la tarea de N400 cada una de las palabras que formaban parte de cada oración se presentaron en la pantalla del monitor con un tiempo de 250 ms. y el intervalo entre ellas fue de 700 ms. La longitud media de estas palabras fue de 6 letras y sus medidas de alto y largo en la pantalla fueron 1,2 cm. y 5 cm., respectivamente, así que mantenían con respecto al sujeto, sentado a 108 cm. de distancia del monitor, un ángulo visual vertical de 0,32 grados y un ángulo visual horizontal de 1,32 grados. El orden de realización de ambas tareas fue alternándose de un sujeto a otro.

La recogida de la señal electrofisiológica se realizó con las mismas características que en los Experimentos 1 y 2; sin embargo, por el interés en hacer un estudio comparativo de las distribuciones topográficas de los componentes estudiados, se utilizaron, además de Oz, los siguientes emplazamientos correspondientes al Sistema Internacional 10/20: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz y Pz.

3. Resultados

Los datos conductuales mostraron que los sujetos fueron familiarizándose progresivamente con las 40 caras del conjunto de aprendizaje. La d' correspondiente a la última sesión de aprendizaje fue de 1,76 y la d' correspondiente a la tarea de emparejamiento cara-rasgos de la sesión de registro fue 1,51. Estos dos valores no fueron diferentes entre sí ($t(11)=0,96$, $P<0,356$). También en este caso los sujetos informaron no haber asociado a las caras nombres u otras etiquetas verbales.

A continuación se diferencian los datos electrofisiológicos obtenidos en la tarea correspondiente al dominio verbal (N400) y posteriormente los relativos a la tarea del dominio facial (N392). Finalmente, se hace la comparación de las distribuciones topográficas de ambos componentes.

3.1. Tarea de N400

En la Figura 13 se representan superpuestos los PEs (gran promedio de los 12 sujetos) correspondientes a los completamientos congruentes (trazo fino) e incongruentes (trazo grueso) de las oraciones presentadas. Observando la morfología general, los picos más prominentes, comunes a ambas condiciones de completamiento, fueron: P112 en O1 y O2; N112 en F7, F8, Fz y Cz; y P240 en O1, O2 y Oz.

Los PEs registrados en ambos tipos de completamiento fueron muy similares hasta los 240 ms., lo cual también fue confirmado estadísticamente.

Los registros correspondientes a ambas condiciones de completamiento comienzan a diferenciarse aproximadamente a partir de los 240 ms. Esta diferencia se muestra hasta

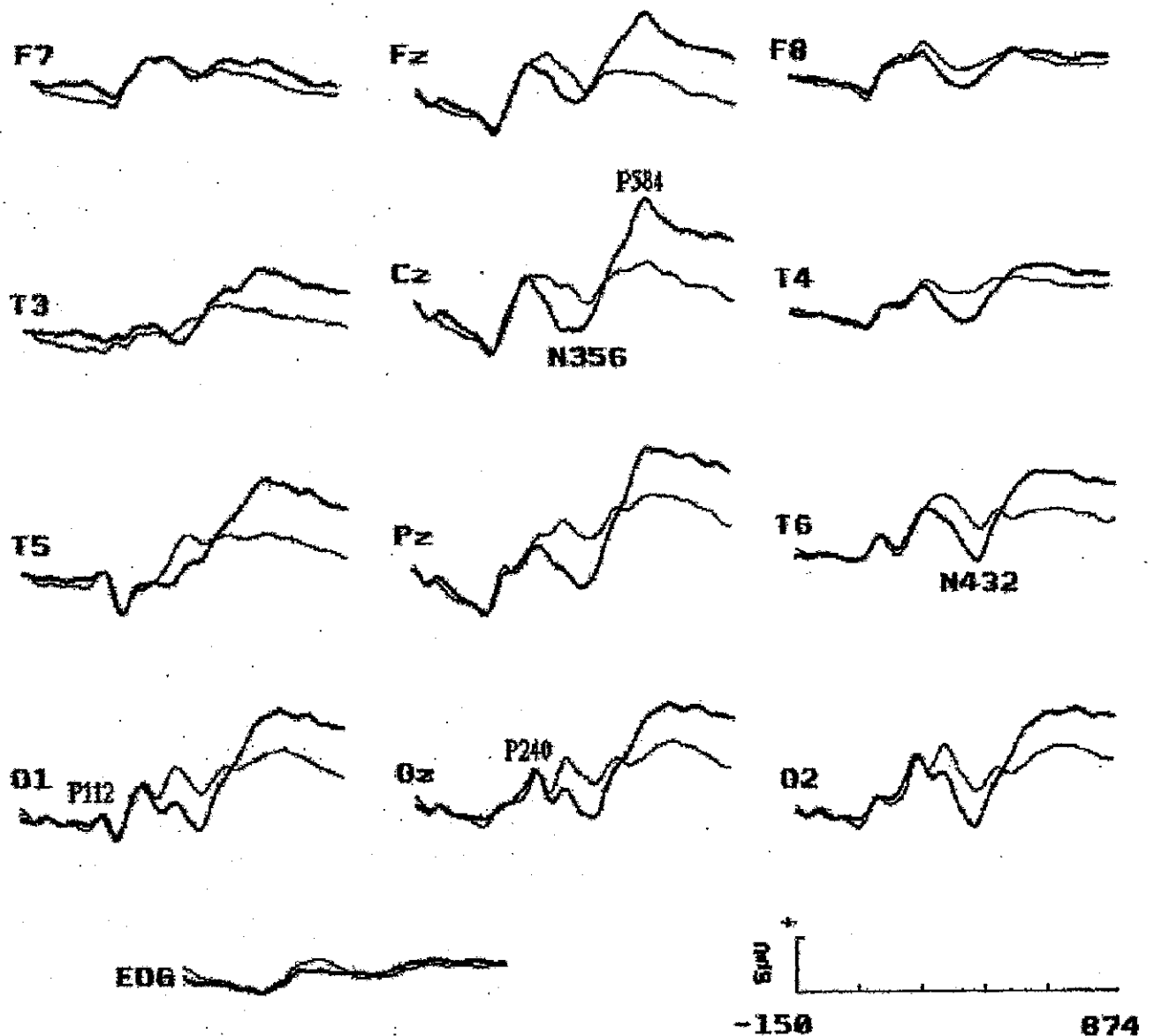


Figura 13. El gráfico representa los PEs (gran promedio de los 12 sujetos) en 12 de las 20 derivaciones registradas y el electrocugrama. Se superponen las curvas correspondientes a las dos condiciones de completamiento de la oración en cada emplazamiento. El trazo más fino corresponde a los **COMPLETAMIENTOS CONGRUENTES** y el más grueso a los **COMPLETAMIENTOS INCONGRUENTES**. Se observa una marcada negatividad asociada a los **COMPLETAMIENTOS INCONGRUENTES** a partir de los 240 ms. y hasta los 480 ms. (pico a los 356 ms y 432 ms.). Se destaca también una positividad tardía asociada a los completamientos incongruentes.

los 480 ms. en forma de una marcada negatividad asociada a los completamientos incongruentes, la cual es más pronunciada en Cz y Pz. La negatividad aparece más tempranamente (a los 220 ms.) en los emplazamientos F8, Fz, Cz y Pz, y comienza con una latencia de 264 ms. en T3, T4, T5, T6, O1, O2 y Oz. Según lo observado, esta negatividad tiene su pico máximo en Fz y Cz a los 356 ms. (N356) y en T6 a los 432 ms.

Los PEs correspondientes a los completamientos incongruentes se hacen más positivos a partir de los 480 ms. y hasta los 720 ms. Esta positividad tardía es marcada en casi todas las derivaciones excepto en F7, F8 y T4. La diferencia comienza en Fz y T3 a los 424 ms., en Cz y T5 a los 456 ms. y en T4, T6, Pz, O1, O2 y Oz a los 512 ms. y toma forma clara de pico en las derivaciones Fz y Cz a los 584 ms.

El ANOVA, realizado para las ventanas de tiempo en las que se produce la negatividad (desde 240 ms. hasta 480 ms.) y la positividad (desde los 480 ms. hasta los 720 ms.) tomó como factores principales, al igual que en los Experimentos 1 y 2, el TIPO DE COMPLETAMIENTO (con los niveles congruente e incongruente) y el EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO (los 20 emplazamientos). Para la primera ventana (que comprendía la negatividad) el factor principal TIPO DE COMPLETAMIENTO ($F(1,11)=16,38$; $P<0,002$) fue muy significativo, mientras que el factor EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO ($F(19,209)=0,97$; $P<0,502$) no fue significativo. La interacción entre ambos factores fue, sin embargo, muy significativa ($F(19,209)=2,83$; $P<0,000$). En la segunda ventana de tiempo (que incluía la positividad), los factores principales TIPO DE COMPLETAMIENTO ($F(1,11)=19,61$; $P<0,001$) y EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO ($F(19,209)=4,65$; $P<0,000$) fueron muy significativos. La interacción entre ambos factores fue también muy significativa ($F(19,209)=3,01$; $P<0,000$).

El EOG fue similar en ambas condiciones y en ninguna de las ventanas analizadas se observaron diferencias entre completamientos congruentes e incongruentes.

3.2. Tarea de emparejamiento cara-rasgos

En la Figura 14 se representan los PEs (gran promedio de los 12 sujetos) en 12 de las 20 derivaciones estudiadas y el EOG. Observando la morfología general correspondiente a estas derivaciones, los picos más prominentes en ambas condiciones fueron: P92 y N152, en O1, O2, Oz (emplazamientos occipitales), T5 y T6 (emplazamientos temporales posteriores); N112 en Fz, Cz, Pz (emplazamientos fronto-central, central y parieto-central), F7 y F8 (frontales inferiores); y P184 en Cz, Pz, T4, T5, T6, O1, O2 y Oz. Aparece una positividad tardía de doble pico con latencia del primer pico a los 564 ms. (P564) más marcada en F7, F8, Fz y Cz y a los 600 ms. (P600) en T5, T6, Pz, O1, O2 y Oz; el segundo pico de esta positividad tiene latencia de 700 ms. en todas las derivaciones (excepto en T4, emplazamiento temporal medio derecho, donde esta positividad es más lenta y menos marcada).

Los PEs correspondientes a las dos condiciones de completamiento de la cara fueron muy similares hasta los 280 ms, lo cual fue corroborado en el análisis estadístico.

A partir de los 280 ms. y hasta los 520 ms. en casi todos los emplazamientos (excepto en F7 y F8), los PEs correspondientes a los completamientos incongruentes (trazo grueso) se hacen marcadamente más *negativos* que los PEs correspondientes a los completamientos congruentes. Esta diferencia es más marcada en las derivaciones T5, T6, Cz, Pz, OZ, O1 y O2. La *negatividad* comienza a hacerse evidente a los 272 ms. en los emplazamientos O1, O2, Oz y Pz y a los 312 ms. en Fz, Cz, T3, T4, T5 y T6, mostrando su pico máximo a los 392 ms. (N392) en O2.

La *positividad* tardía observada en ambas condiciones experimentales es mucho más marcada para los completamientos incongruentes. Esta positividad muestra mayor amplitud en Fz, Cz y Pz y comienza a los 484 ms. en los emplazamientos F7 y F8, a los 508 ms. en Cz, T3, T4, T5 y T6 y a los 540 ms. en Pz, O1, O2 y Oz.

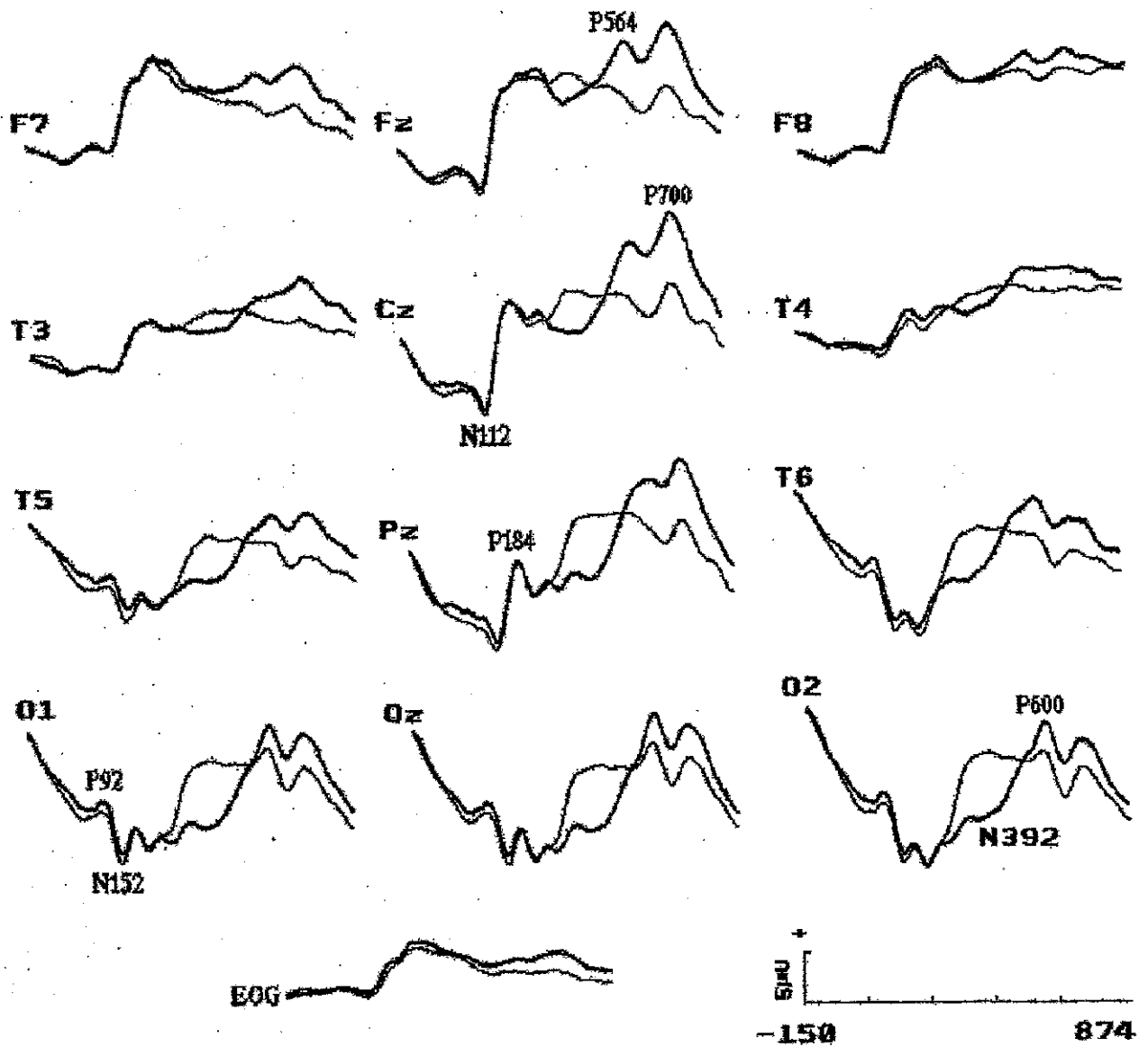


Figura 14. El gráfico representa los PEs (gran promedio de los 12 sujetos) en 12 de las 20 derivaciones registradas y el electroculograma. Se superponen las curvas correspondientes a las dos condiciones de completamiento de la cara en cada emplazamiento. El trazo más fino corresponde a los **COMPLETAMIENTOS CONGRUENTES** y el más grueso a los **COMPLETAMIENTOS INCONGRUENTES**. Se observa una amplia negatividad asociada a los **COMPLETAMIENTOS INCONGRUENTES** a partir de los 280 ms. y hasta los 520 ms. (pico a los 392 ms.). También se observa una marcada positividad tardía asociada a los completamientos incongruentes.

Para constatar los efectos descritos, se realizó un ANOVA que tomó como factores principales el TIPO DE COMPLETAMIENTO y el EMPLAZAMIENTO DE LOS ELECTRODOS (con los mismos niveles en cada factor). El análisis se realizó igualmente con los valores medios de amplitud de dos ventanas de tiempo: la primera, desde los 280 ms. hasta los 520 ms. (correspondiente a la negatividad) y, la segunda, desde los 520 ms. hasta los 760 ms. (correspondiente a la positividad tardía).

Este análisis mostró para la primera ventana de tiempo, donde se produjo la negatividad (280ms_520ms), que los factores principales TIPO DE COMPLETAMIENTO ($F(1,11)= 15,71$; $P<0,002$) y EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO ($F(19,209)= 20,78$; $P<0,000$) tuvieron un efecto muy significativo. La interacción entre ambos factores fue también muy significativa ($F(19,209)= 9,92$; $P<0,000$). En la segunda ventana de tiempo (520ms_760ms) los factores principales TIPO DE COMPLETAMIENTO ($F(1,11)= 9,81$; $P<0,010$) y EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO ($F(19,209)= 9,20$; $P<0,000$) fueron significativos. La interacción entre ambos factores fue muy significativa ($F(19,209)= 2,90$; $P<0,000$).

El EOG fue similar en ambas condiciones y en ninguna de estas ventanas de análisis se observaron diferencias entre completamientos congruentes e incongruentes.

3.3. Distribución topográfica del efecto de incongruencia en las tareas de N400 y de emparejamiento cara-rasgos (N392)

Para el análisis de la distribución topográfica del efecto de incongruencia en las tareas de emparejamiento cara-rasgos (N392) y N400, se obtuvieron los PEs promedios resultantes de la diferencia entre las dos condiciones de completamiento de la cara. Para ello se sustrajo del gran promedio de los 12 sujetos del completamiento incongruente el gran promedio de los 12 sujetos del completamiento congruente en cada tarea. Los PEs de la Diferencia incongruente - congruente (PEDs) se representan en la Figura 15. En la columna izquierda de la figura se representan los PEDs que se obtienen en 12 de las 20

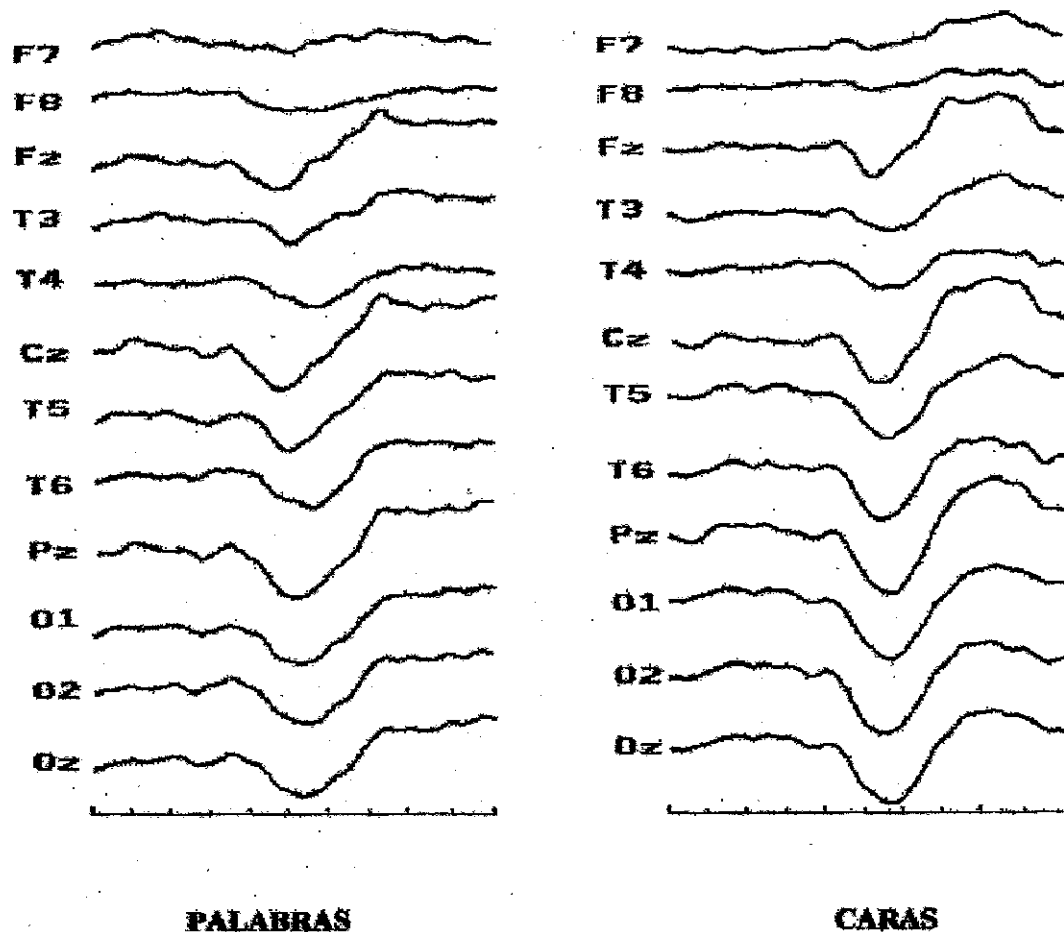


Figura 15. En la columna izquierda se representan los PEDs de la tarea de N400 y en la columna derecha los correspondientes a la tarea de *emparejamiento cara-rasgos*. Se muestran estos efectos en 12 de las 20 derivaciones registradas. Obsérvese la similitud de la morfología general entre los dos grupos de PEDs. A partir de estos PEDs se construyeron los mapas de amplitud promedio cada 100 ms. desde el inicio de la época que se representa y hasta el final de la misma.

derivaciones estudiadas al restar del gran promedio de palabras incongruentes el gran promedio de palabras congruentes. En la columna derecha de la figura se representan los PEDs que se obtienen para las mismas derivaciones al restar del gran promedio de caras incongruentes el gran promedio de caras congruentes. La morfología de los PEDs en ambas tareas es muy similar y se corresponde con los efectos descritos en la sección anterior. Se observa, en ambos casos, una negatividad que parece mostrar sus mayores valores en los emplazamientos centrales y posteriores (Fz, T5, T6, Cz, Pz, O1, O2 y Oz). Después de esta negatividad, se observa una positividad tardía que se mantiene hasta el fin de la época analizada.

Con cada uno de estos PEDs se obtuvieron mapas de amplitud promedio de 10 ventanas de tiempo cada 100 ms desde el período pre-estímulo. Estos mapas se representan en la Figura 16 (la cual debe observarse en posición apaisada) con una escala de colores (a la derecha de cada mapa) correspondientes a los valores de amplitud promedio en cada ventana. En la mitad superior de esta figura se muestran los 10 mapas correspondientes a los PEDs de las palabras. De izquierda a derecha, los 5 mapas de la parte superior corresponden a las ventanas de tiempo: 1) -148ms_-48ms (incluye la mayor parte del período pre-estímulo); 2) -48ms_52ms (incluye parte del período pre-estímulo y el inicio de la estimulación); 3) 52ms_152ms; 4) 152ms_252ms; 5) 252ms_352ms (incluye el inicio de la negatividad asociada a las palabras incongruentes). Debajo de estos 5 primeros mapas, también de izquierda a derecha, se representan los 5 mapas que corresponden a las ventanas de tiempo: 6) 352ms_452 ms (incluye la región de tiempo donde la negatividad alcanza su valor máximo y el inicio de la positividad asociada a las palabras incongruentes); 7) 452ms_552ms (incluye la región de tiempo donde comienza a aparecer la positividad asociada a palabras incongruentes en algunas derivaciones); 8) 552ms_652ms (incluye la región de tiempo donde la positividad asociada a las palabras incongruentes toma su valor máximo); 9) 652ms_752ms; y 10) 752ms_852ms.

En la Tabla 3 se muestran los valores medios de amplitud para cada derivación que están representados en los 10 mapas correspondientes a los PEDs de palabras. En la tabla se destacan los tres mayores valores absolutos en cada ventana de tiempo para representar los efectos predominantes en cada ventana.

Figura 16. La figura representa 20 mapas (vista superior) creados a partir de los PEDs de palabras de la mitad superior de la figura) y de caras (10 mapas de la mitad inferior de la figura). Cada mapa representa los valores medios de amplitud en una ventana de tiempo de 100 ms. Los mapas siguen un orden consecutivo de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. El primer mapa (esquina superior izquierda) corresponde a la ventana de -148ms hasta -48 ms, el sexto mapa (segunda fila, esquina izquierda) corresponde a la ventana de 352ms a 452ms.

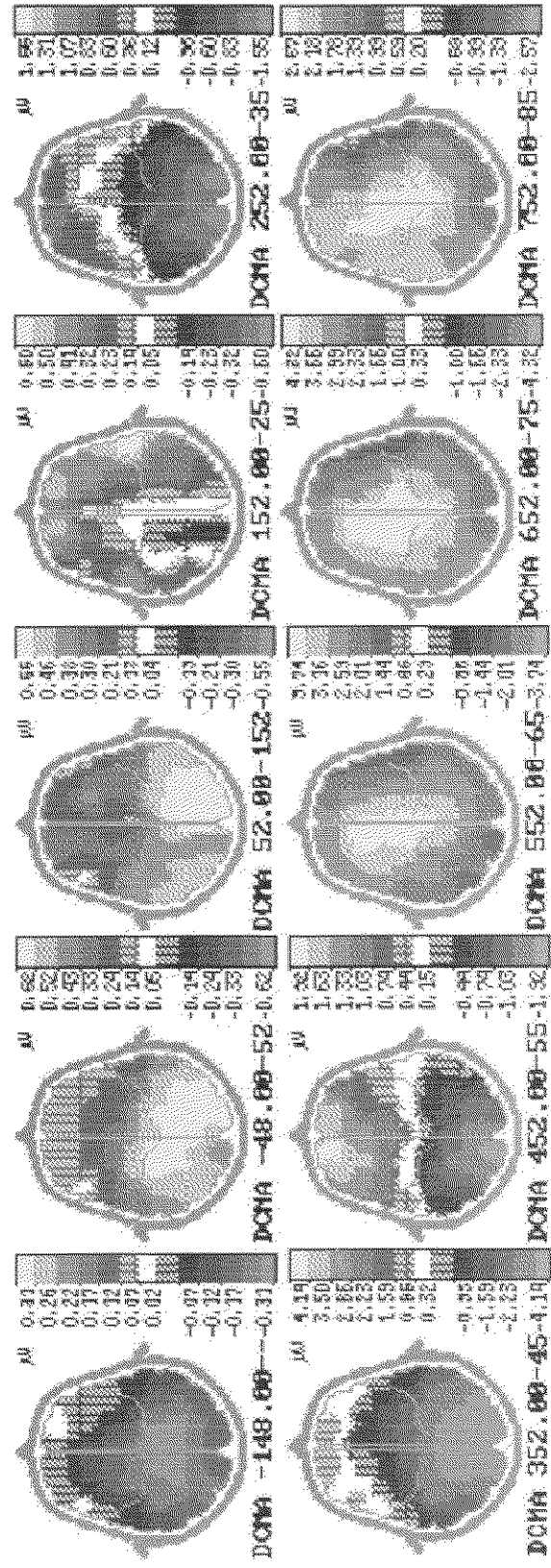
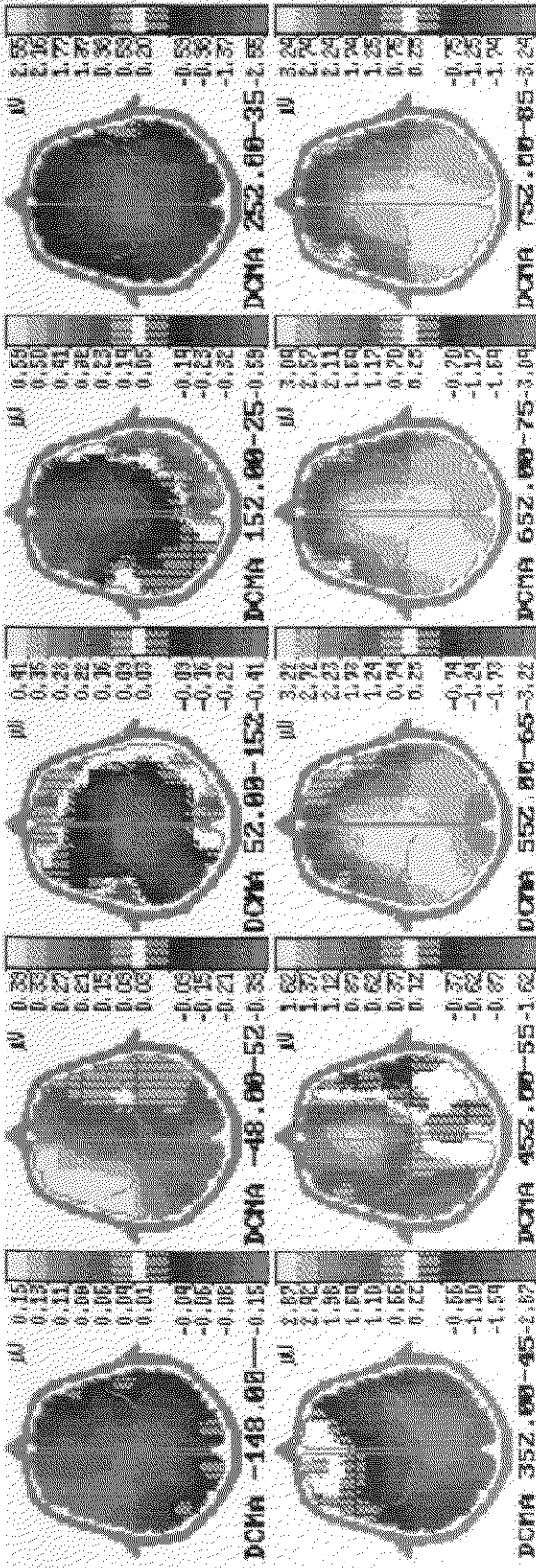


Tabla 3. En la tabla se representan los valores medios de amplitud (en μV) en cada emplazamiento y en cada una de las 10 ventanas de tiempo que corresponden a cada mapa representado en la Figura 15 (mitad superior). Los valores subrayados y en negrita corresponden a los mayores tres valores absolutos en cada ventana.

PALABRAS

	Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T3	T4	T5	T6	Fz	Cz	Pz	Oz
-148 -48	-0.13	-0.08	-0.13	-0.10	<u>-0.15</u>	-0.08	-0.11	-0.08	-0.03	-0.02	-0.14	-0.02	-0.13	-0.04	-0.03	-0.05	-0.11	-0.14	-0.13	-0.06
-48 52	<u>0.25</u>	0.18	0.29	0.09	0.32	0.02	0.25	0.04	0.19	0.15	<u>0.39</u>	0.04	<u>0.39</u>	0.04	0.15	0.07	0.15	0.15	0.14	0.24
52 152	0.04	0.12	-0.16	-0.19	-0.30	-0.29	-0.28	-0.20	-0.00	0.10	-0.09	0.14	0.12	0.01	-0.24	0.09	-0.16	-0.41	-0.30	0.15
152 252	<u>-0.57</u>	-0.40	-0.33	-0.35	-0.28	-0.31	-0.15	-0.06	0.02	0.44	<u>-0.52</u>	-0.02	0.03	0.29	-0.13	0.41	-0.47	<u>-0.59</u>	-0.15	0.32
252 352	-0.72	-1.00	-1.33	-1.59	-1.84	<u>-2.08</u>	-1.93	-1.88	-1.37	-1.12	-0.71	-0.97	-0.70	-0.50	-1.38	-0.83	-1.77	<u>-2.55</u>	<u>-2.13</u>	-1.09
352 452	0.41	-0.01	-0.64	-1.29	-1.81	<u>-2.53</u>	-2.32	<u>-2.71</u>	-2.08	-2.19	-0.43	-1.17	-0.78	-1.47	-1.42	-1.90	-0.46	-1.64	<u>-2.87</u>	-2.01
452 552	0.90	0.53	<u>1.03</u>	0.41	0.46	-0.29	0.27	-0.12	-0.11	-0.19	0.13	-0.65	0.59	-0.50	0.87	0.12	<u>1.62</u>	<u>0.98</u>	-0.29	-0.02
552 652	1.07	0.67	2.61	1.73	2.72	1.89	<u>3.05</u>	2.52	2.17	2.05	0.50	-0.01	1.95	0.85	2.86	2.34	<u>3.08</u>	<u>3.22</u>	2.59	2.22
652 752	0.98	0.74	2.31	1.92	2.43	1.98	<u>3.04</u>	2.46	2.49	2.14	0.17	0.32	1.87	1.12	<u>2.96</u>	2.37	2.62	<u>2.81</u>	2.66	2.37
752 852	0.83	0.80	2.19	2.02	2.37	1.84	<u>3.24</u>	2.57	2.85	2.45	-0.07	0.39	1.61	0.96	2.80	2.31	2.67	<u>2.98</u>	<u>2.97</u>	2.92

UNIV.
AUTO
ES.
MEX

En la primera ventana de tiempo (-148ms_-48ms), que incluye la mayor parte del período pre-estímulo), se destaca una negatividad que tiene sus mayores valores en las derivaciones C3, F7 y Cz. En la segunda ventana de tiempo (-48ms_52ms), que comprende parte del período pre-estímulo y el inicio de la estimulación, se observa una positividad con valores más altos en los emplazamientos F7, T3 y Fp1. En la tercera ventana (52ms_152ms) se observa una negatividad que toma sus mayores valores en Cz, C3 y Pz. En la siguiente ventana (152ms_252ms) la negatividad es mayor en Cz, Fp1 y F7. En la quinta ventana (252ms_352ms), donde queda comprendido el inicio de la negatividad asociada a las palabras incongruentes, los tres sitios más negativos son Cz, Pz y C4. En la siguiente ventana de tiempo (352ms_452ms), que comprende la región de tiempo donde la negatividad asociada a las palabras incongruentes alcanza su valor máximo, los emplazamientos más negativos son Pz, P4 y C4. En la séptima ventana (452ms_552ms), que incluye el inicio en algunos emplazamientos de la positividad asociada a palabras incongruentes, los emplazamientos más positivos son Fz, F3 y Cz. En la octava ventana (552ms_652ms), donde la positividad asociada a las palabras incongruentes toma su valor máximo, los emplazamientos con mayores valores son Cz, Fz y P3. En las dos últimas ventanas (652ms_752ms y 752ms_852ms), donde se mantiene esta positividad, los emplazamientos con mayores valores absolutos son P3, T5, Cz y P3, Cz y Pz, respectivamente.

En la mitad inferior de la Figura 16 se muestran los 10 mapas correspondientes a los PEDs de las caras. Cada mapa corresponde a las mismas ventanas de tiempo que en el caso de los PEDs de palabras: 1) -148ms_-48ms (incluye la mayor del período pre-estímulo) ; 2) -48ms_52ms (incluye parte del período pre-estímulo y el inicio de la estimulación); 3) 52ms_152ms; 4) 152ms_252ms (incluye la región de tiempo donde la positividad P184 toma su valor máximo); 5) 252ms_352ms (incluye el inicio de la negatividad asociada a las caras incongruentes). También debajo de estos 5 primeros mapas y de izquierda a derecha, se representan los 5 mapas que corresponden a las ventanas de tiempo: 6) 352ms_452 ms (incluye la región de tiempo donde la negatividad asociada a las caras incongruentes alcanza su valor máximo); 7) 452ms_552ms (incluye la región de tiempo donde comienza a aparecer la positividad asociada a caras

incongruentes para algunas derivaciones); 8) 552ms_652ms (incluye la región de tiempo donde la positividad asociada a las caras incongruentes toma su valor máximo); 9) 652ms_752ms; y 10) 752ms_852ms.

En la Tabla 4 se muestran los valores medios de amplitud para cada derivación que están representados en los 10 mapas correspondientes a los PEDs de caras. Como en el caso de las palabras, en la tabla se destacan los tres mayores valores absolutos en cada ventana de tiempo para representar los efectos predominantes en cada ventana.

En la primera ventana de tiempo (-148ms_48ms), que comprende la mayor parte del período pre-estímulo, se destaca una negatividad que es predominante en los emplazamientos posteriores Pz, P3 y P4. Estos mismos emplazamientos son los más positivos en la siguiente ventana (-48ms_52ms), que incluye parte del período pre-estímulo y el inicio de la estimulación. Seguidamente, en la tercera ventana (52ms_152ms), los emplazamientos más positivos son Pz, O2 y Oz. La cuarta ventana (152ms_252ms), que incluye la región de tiempo donde la positividad P184 toma su valor máximo, tiene como emplazamientos más positivos a T4, Fp1 y Fp2. En las dos siguientes ventanas (252ms_352ms y 352ms_452ms), las cuales comprenden el inicio y el valor máximo de la negatividad asociada a las caras incongruentes, los emplazamientos más negativos son O1, O2 y Oz. En la séptima ventana (452ms_552ms), que incluye la región de tiempo donde comienza a aparecer la positividad asociada a las caras incongruentes para algunas derivaciones, se destacan O1, Oz y Fp1 con los valores mayores absolutos: O1 y Oz muestran los valores negativos mayores y Fp1 el mayor valor positivo. En la octava ventana (552ms_652ms), que incluye la región de tiempo donde la positividad asociada a las caras incongruentes toma su valor máximo, los emplazamientos más positivos son Cz, F3 y Fz. En las dos últimas ventanas (652ms_752ms y 752ms_852ms), que comprenden el final de la época analizada y donde se sigue observando la positividad asociada a los completamientos incongruentes, los emplazamientos con valores mayores son Cz, F3 y Pz.

Con el propósito de corroborar las diferencias en la distribución topográfica de los efectos de incongruencia en ambas tareas, se tomaron los valores medios de amplitud de

Tabla 4. En la tabla se representan los valores medios de amplitud (en μV) en cada emplazamiento y en cada una de las 10 ventanas de tiempo que corresponden a cada mapa representado en la Figura 15 (mitad inferior). Los valores subrayados y en negrita corresponden a los tres mayores valores absolutos en cada ventana.

CARAS

	Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T3	T4	T5	T6	Fz	Cz	Pz	Oz
-148 -48	-0.03	-0.01	-0.16	-0.05	-0.23	-0.14	-0.27	-0.26	-0.20	-0.21	-0.01	-0.03	-0.07	-0.08	-0.21	-0.19	-0.13	-0.24	-0.31	-0.19
-48 52	0.07	0.05	0.22	0.14	0.44	0.31	0.57	0.59	0.41	0.55	0.01	0.07	0.27	0.21	0.47	0.51	0.20	0.36	0.62	0.46
52 152	0.27	0.15	0.29	0.37	0.27	0.25	0.36	0.47	0.34	0.55	0.01	0.06	0.36	0.29	0.43	0.45	0.13	0.11	0.55	0.54
152 252	0.44	0.46	0.24	0.40	0.05	0.29	-0.14	0.28	-0.23	0.12	0.12	0.35	0.37	0.60	0.16	0.28	0.04	0.02	-0.01	0.02
252 352	0.70	0.51	0.37	0.00	-0.33	-0.45	-1.09	-0.93	-1.55	-1.49	0.55	0.27	0.27	0.26	-0.75	-0.70	-0.18	-0.48	-0.96	-1.30
352 452	0.80	0.59	-0.59	-1.05	-2.22	-2.70	-3.70	-3.80	-4.14	-3.96	0.34	0.01	-0.72	-1.03	-2.80	-3.09	-1.39	-2.55	-3.76	-3.81
452 552	1.68	1.39	1.39	0.70	0.03	-0.14	-1.36	-0.99	-1.92	-1.29	1.09	0.51	0.20	0.02	-0.99	-0.42	1.12	0.52	-1.04	-1.51
552 652	2.53	1.95	3.35	2.17	2.81	2.51	2.11	2.20	1.11	1.64	2.12	1.05	1.99	1.29	1.38	1.92	3.33	3.74	2.90	1.61
652 752	2.88	2.09	3.89	2.49	3.69	3.08	3.22	2.92	1.90	1.89	2.51	1.03	2.81	1.28	2.42	2.03	3.67	4.32	3.80	2.15
752 852	2.01	1.44	2.32	1.22	2.16	1.74	1.96	1.76	1.15	1.09	1.64	0.51	1.94	0.75	1.67	1.15	1.91	2.57	2.31	1.26

los PEDs individuales correspondientes a la ventana de tiempo que va de los 286ms hasta los 526ms, que incluía la presencia de estos efectos en las dos tareas y se realizó un ANOVA tomando como factores principales el TIPO DE TAREA (N400 vs. N392) y EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO (los 20 emplazamientos). El análisis mostró que el TIPO DE TAREA no fue significativo, el EMPLAZAMIENTO DEL ELECTRODO fue muy significativo ($F(19, 209)=11,75, P<0,000$), y la interacción entre ambos factores fue significativa ($F(19, 209)=1,78, P<0,027$).

4. Discusión

Los datos electrofisiológicos obtenidos en la tarea clásica de N400 corroboran la existencia de una negatividad, en este caso con latencia del pico entre los 356 ms. y los 432 ms., asociada a las palabras que completan de manera incongruente las oraciones presentadas. Como muestran, en la Figura 16, los mapas de amplitud promedio correspondientes a las ventanas de tiempo donde aparece esta negatividad de incongruencia (mapas 5 y 6 de la mitad superior) y, en la Figura 13, la superposición de los PEs de ambas condiciones de completamiento de la oración (congruente e incongruente), este efecto es más marcado en los emplazamientos Cz, C4, Pz y P4. La distribución topográfica de esta negatividad es, por tanto, similar a la observada por Kutas y Hillyard (1982) para la N400 ante palabras, por lo que este componente puede identificarse con la N400 clásica descrita por estos autores (Kutas y Hillyard, 1980a).

En el caso de la tarea de emparejamiento cara-rasgos, los resultados electrofisiológicos corroboran también la existencia de una negatividad asociada a los completamientos incongruentes de las caras estudiadas, que muy probablemente refleja la falta de preactivación contextual relacionada con la estructura facial. Esta negatividad, con latencia de 392 ms. y más pronunciada en los emplazamientos occipitales, es identificable con la N392 descrita en los Experimentos 1 y 2 y muy similar, por su distribución topográfica, a la N374 descrita por Valdés-Sosa y Bobes (1990), en el paradigma diseñado por estos autores donde se utilizaron caras naturales como estímulos.

La presencia de una positividad asociada fundamentalmente a los completamientos incongruentes en ambas tareas que sigue en latencia a las negatividades N400 y N392, nos lleva a considerar previamente la posibilidad de que tanto N400 como N392 sean en realidad componentes que forman parte de un complejo N200-P300 y no componentes independientes relacionados con la falta de preactivación contextual en los dominios verbal y facial, respectivamente.

En estudios previos, la generación de una onda positiva tardía consecutiva a la onda N400 ha sido observada cuando la incongruencia en la última palabra de las oraciones presentadas es a la vez de tipo semántico y de tipo físico (Kutas y Hillyard, 1980b; ver Kutas y Van Petten, 1988, para una revisión). También se han observado componentes positivos tardíos y posteriores a N400 asociados a las palabras incongruentes (las cuales debían ser identificadas posteriormente en una prueba de memoria) en tareas donde el sujeto tiene que tomar en cada ensayo una decisión binaria relacionada con la detección de la incongruencia semántica (Neville, Kutas, Chesney y Schmidt, 1986) o sin toma de decisión (Besson, Kutas y Van Petten, 1992; Mitchell, Andrews y Ward, 1993). Van Petten *et al.* (1991) han identificado este tipo de componente positivo tardío con la integración de información en la memoria de trabajo de los contenidos recientemente recuperados de la MLP. Adicionalmente, una mayor positividad ha sido identificada con un procesamiento más "elaborativo", requerido para una ejecución exitosa (Graf y Mandler, 1984). En este sentido, Halgren (1990) sugirió que N400 y este componente positivo tardío podrían reflejar dos momentos diferentes de un doble proceso de recuperación e integración de información en la memoria. Un primer momento, el correspondiente a la negatividad, podría reflejar una significativa reducción de la inhibición neuronal (por la disminución de los umbrales de disparo de las neuronas) que daría paso a la actuación de múltiples asociaciones. Estas múltiples asociaciones proveerían la información para encontrar numerosas posibles soluciones al problema de codificar el elemento incongruente dentro del contexto. Un segundo momento, el de la positividad tardía, estaría caracterizado por un incremento de los umbrales de descarga de forma tal que los elementos escogidos necesitan recibir mucha activación convergente

para mantenerse activos. Este momento garantizaría que la solución escogida sea la óptima para la tarea.

Sí bien pudiera relacionarse la presencia de una positividad tardía del tipo de P300 en nuestra tarea de emparejamiento cara-rasgos con las incongruencias físicas creadas en la estructura de la cara en los completamientos incongruentes, en nuestra tarea de N400 las incongruencias creadas fueron sólo de tipo semántico; por tanto, las incongruencias físicas no pueden ser, al menos en este último caso, la condición generadora de dicha positividad. La similitud de los perfiles psicofisiológicos obtenidos en ambas tareas permite considerar que la presencia de una positividad consecutiva a N400 y N392 en nuestro experimento pudo deberse, preferentemente, a que en ambas tareas el sujeto pudo haber dedicado mayor esfuerzo "elaborativo" al procesamiento de los completamientos incongruentes. La mayor amplitud de una negatividad asociada a los completamientos incongruentes podría reflejar, como se ha planteado, un proceso de recuperación desde MLP "más difícil" cuando las representaciones mnésicas son incompatibles con el contexto en que ellas se presentan, y asimismo la positividad consecutiva denotaría un proceso integrador también más difícil para este tipo de completamiento.

Una última cuestión en cuanto a la caracterización de esta positividad tardía es la referida a la asimetría que se observa en su distribución topográfica. En los mapas correspondientes a los PEDs de palabras esta positividad, además de hacerse más evidente en los emplazamientos centrales Fz, Cz y Pz, está marcadamente lateralizada hacia los emplazamientos izquierdos P3, T5 y F3. La lateralización hacia el hemisferio izquierdo de un componente positivo tardío se ha descrito también en otros estudios de tareas relacionadas con el lenguaje (Kutas y Hillyard, 1982; Neville *et al.*, 1986; Paller, Kutas y Mayes, 1987; Rugg y Doyle, 1992; Van Petten *et al.*, 1991; Mitchell *et al.*, 1993). En el caso de los mapas correspondientes a los PEDs de caras, la positividad tardía también es más evidente en los emplazamientos centrales Fz, Cz y Pz y algo lateralizada hacia el emplazamiento izquierdo F3. Esto último puede resultar contradictorio con la supuesta especialización del hemisferio izquierdo en tareas relacionadas con el lenguaje y del hemisferio derecho en tareas espaciales y relacionadas

con el reconocimiento de caras. Sin embargo, teniendo en cuenta la naturaleza de nuestra tarea de emparejamiento cara-rasgos podría plantearse que la lateralización de este componente tardío en el caso de los PEDs de caras refleja, al menos en parte, un efecto relacionado con la intervención de estrategias analíticas de procesamiento de la información, características del hemisferio izquierdo, que pudieron ser utilizadas por nuestros sujetos en la tarea. Este resultado podría apoyar los obtenidos por otros investigadores que han encontrado, en estudios de sujetos normales, pacientes con lesiones y pacientes comisurotomizados, una superioridad del hemisferio izquierdo en tareas que requieren la generación e inspección de imágenes visuales (Farah, 1984; Farah, Gazzaniga, Holtzman y Kosslyn, 1985; Uhl, Goldenberg, Lang, Lindinger, Steiner y Deecke, 1990). La identificación de este componente positivo tardío con mecanismos de integración de la información en la memoria de trabajo, que, según Halgren (1990), "aseguran que la solución escogida sea la correcta" permite contemplar además la posibilidad de que este efecto de lateralización esté relacionado, al menos parcialmente, con la planificación motora para la respuesta (todos nuestros sujetos eran diestros y respondían con la mano derecha) y con la propia verbalización para la toma de decisión.

Respecto a los patrones espacio-temporales de los respuestas electrofisiológicas que se obtienen ante caras y palabras, hay que subrayar que las diferencias en el procesamiento de los dos tipos de estímulos se hacen evidentes, incluso, con anterioridad al momento de estimulación y a los efectos de incongruencia (ventanas de tiempo desde los -148 ms. hasta los 252 ms.). Así, puede señalarse que, en el caso de las palabras, estas respuestas aparecen predominantemente en los emplazamientos izquierdos y centrales (mapas 1, 2, 3 y 4, mitad superior, Figura 16) y que, en el caso de las caras, las respuestas predominantes se dan en emplazamientos posteriores y derechos (mapas 1, 2, 3 y 4, mitad inferior, Figura 16). Estas respuestas diferenciadas podrían significar, en ambos casos, las operaciones previas al efecto de incongruencia que son muy probablemente dependientes de la naturaleza del estímulo (verbal o facial) utilizado en cada tarea experimental. En este sentido, es interesante notar que las respuestas muestran una lateralización que está en concordancia con la supuesta especialización hemisférica descrita para determinadas funciones relacionadas con el procesamiento de los dos tipos de estímulos estudiados. En el caso de las caras, en particular, puede observarse incluso

que, en latencias cercanas al VPP o P2 de vértex, descrito por otros autores como un tipo de componente específico de caras (Bötzel y Grüsser, 1989; Jeffreys, 1989; Jeffreys y Tukmachi, 1992; Seek y Grüsser, 1992), el mayor valor absoluto corresponde al emplazamiento inferior temporal derecho (obsérvese el mapa 4 de la mitad inferior en la Figura 16). Un análisis de la distribución topográfica del pico P184 (comprendido en esta ventana de tiempo y observable en los grandes PEs de caras), realizado con valores de latencia muy cercanos al mismo (ventana de 168 ms. a 200 ms.), mostró que este efecto predominaba en regiones centroparietales, como el componente P2 de vértex. La obtención de los mapas con una ventana de tiempo mayor (100 ms.) a partir de los PEDs podría, en cambio, denotar la implicación de las regiones temporales inferiores derechas en operaciones cognitivas previas al efecto de incongruencia, como se planteó anteriormente.

El análisis comparativo de la distribución topográfica de las respuestas electrofisiológicas relacionadas con las incongruencias en los dominios verbal y facial (N400 y N392, respectivamente), que constituye el objetivo principal de este tercer experimento, permite suponer que las mismas parecen estar generadas por poblaciones neurales diferentes. Los posibles generadores neurales de N400 y N392, aún siendo diferentes, podrían, no obstante, realizar operaciones análogas, lo cual puede inferirse no sólo teniendo en cuenta la similitud estructural de las tareas en las que estos componentes aparecen, sino también la similitud de los perfiles electrofisiológicos que son provocados en las mismas.

El estudio de los posibles generadores neurales del componente N400 a través del registro de PEs con electrodos intracraneales ha permitido conocer que este componente negativo que se recoge a nivel de cuero cabelludo parece tener, como uno de sus posibles generadores, a grupos de neuronas situadas bilateralmente en el lóbulo temporal medial anterior, concretamente en el surco colateral y en el giro fusiforme anterior, una región del neocórtex anterior al hipocampo y muy cercana a la amígdala (Guillem, N'Kaoua, Rougier y Claverie, 1995; McCarthy y Wood, 1984; McCarthy, Nobre, Bentin y Spencer, 1995; Nobre y McCarthy, 1995).

El conocimiento del papel que desempeña el lóbulo temporal medial en el procesamiento del lenguaje está aún a un nivel hipotético. Se ha propuesto que estas regiones están relacionadas con el almacenamiento de las representaciones conceptuales de los objetos y con el acceso al conocimiento factual previamente adquirido (Damasio, 1992; Warrington y McCarthy, 1987; Markowitsch, 1995). La actividad de grupos neuronales situados en ellas dando origen a una respuesta electrofisiológica como N400 podría entonces estar vinculada con la falta de preactivación de dichas representaciones o con la integración post-categorial del estímulo dentro de un contexto determinado (Holcomb, 1993; Nobre y McCarthy, 1995).

En cuanto a la distribución topográfica de N392, los datos obtenidos en este experimento hacen imprescindible considerar a las regiones occipitales como una región neocortical en la que pudieran estar ubicados los posibles generadores neurales de este componente. Teniendo en cuenta que los estudios neuroanatómicos de pacientes prosopagnósicos denotan que las lesiones están ubicadas con frecuencia en regiones occipito-temporales, parece congruente que los correlatos electrofisiológicos que representan los PEs de ciertas operaciones relacionadas con el reconocimiento de la estructura facial se hagan más evidentes en estas regiones.

Las cortezas occipitales forman parte de un sistema de conexiones cortico-corticales organizado jerárquicamente que está relacionado con los mecanismos de reconocimiento de patrones visuales (también llamado vía ventral visual) (Damasio, 1992; Rolls, 1992; Tanaka, 1996; Young, 1995). Este sistema se encuentra distribuido en una secuencia de conexiones sinápticas que comienza en las propias regiones occipitales, continúa en las regiones inferotemporales posteriores y termina en las regiones inferotemporales anteriores. El objetivo de este arreglo serial es crear representaciones visuales óptimas de los objetos que son independientes de los cambios de iluminación, tamaño y localización retinal. La secuencia de conexiones también se produce en sentido inverso, es decir, existen conexiones retrógradas que van desde las mencionadas regiones temporales hasta las regiones occipitales. Las regiones occipitales incluyen estructuras del sistema visual central en las cortezas visuales primarias y en las cortezas asociativas visuales colindantes. Se ha planteado que, en el caso de la percepción y reconocimiento de caras,

estas estructuras "visuales tempranas" llevan a cabo los procesos de percepción y cómputo de elementos faciales y mantienen los registros de tales cómputos en los mapeos funcionales dedicados a diferentes propiedades visuales (Damasio, 1989).

La importancia de las cortezas visuales occipitales en la reconstrucción de imágenes faciales ha sido constatada por Uhl *et al.* (1990), quienes encontraron PEs negativos lentos de mayor amplitud en los emplazamientos occipitales cuando los sujetos tenían que imaginar caras (como fotos estáticas) de personajes famosos. Dentro de este marco teórico, la mayor amplitud del componente N392 registrada en las regiones occipitales, podría reflejar la actividad de las conexiones retrógradas del sistema visual que estarían participando en una posible reconstrucción de la imagen de la cara al introducirse variaciones en su representación cuando se crean incongruencias en su estructura.

Cabe considerar la posibilidad de que N392 refleje, a nivel del cuero cabelludo, la actividad de los mecanismos encargados del reconocimiento de patrones visuales correspondientes a toda la secuencia de conexiones occipito-temporales (vía ventral en su conjunto) y no sólo el papel predominante de las cortezas occipitales en la reconstrucción de la imagen facial. La máxima amplitud registrada para este componente en los emplazamientos posteriores en nuestro experimento podría, entonces, reflejar la conducción pasiva (en relación con la cabeza como volumen conductor) hasta estos emplazamientos superficiales de dicha actividad. En cualquier caso, los datos disponibles no permiten extraer una conclusión definitiva en este sentido y se hace necesaria la aplicación de técnicas que permitan dilucidar con mayor precisión los posibles generadores de N392.

El estudio mediante electrodos intracraneales de generadores de PEs relacionados con el procesamiento de caras ha permitido identificar algunos generadores de esta actividad en estructuras basales occipito-temporales como el giro fusiforme (probablemente áreas 19 y 37) y el giro lingual (Halgren, Baudena, Heit, Clarke y Marinkovic, 1994; Halgren, Baudena, Heit, Clarke, Marinkovic y Chauvel, 1994). Adicionalmente, en un experimento de PEs llevado a cabo con el paradigma de Valdés-Sosa con caras naturales, donde se hizo un estudio de localización de dipolos (BESA) en la ventana de tiempo de

150 ms. a 410 ms., se corroboró la participación de estructuras como el giro fusiforme, el giro parahipocampal, parte de la corteza parieto-occipital, el lóbulo prefrontal y la amígdala en la generación de un componente análogo a N392 obtenido con caras de personajes famosos (Djemel, 1997). Considerando las limitaciones de la comparación de los resultados obtenidos en paradigmas experimentales diferentes y con distintas técnicas de análisis, las conclusiones de estos estudios nos permiten corroborar el papel predominante de estructuras occipitotemporales como supuestas áreas de generación de la actividad relacionada con el procesamiento de caras.

A modo de resumen, puede subrayarse que, en nuestro experimento, los efectos de incongruencia en la estructura de una oración y en la estructura de una cara, reflejados en los componentes N400 y N392, respectivamente, muestran una distribución topográfica diferente. En el caso de N400, el efecto es predominante en las regiones centrales (algo lateralizado hacia la derecha) mientras que en el caso de N392 predomina en las regiones occipitales. Estas diferencias en la distribución topográfica parecen indicar que en ambos efectos pueden estar interviniendo generadores neurales diferentes. Aunque en las respuestas reflejadas por los PEs a nivel de cuero cabelludo pudiera existir algún solapamiento espacio-temporal de la actividad de algunos generadores comunes a ambos efectos (por ejemplo, a nivel de estructuras límbicas), la constelación de datos favorece la hipótesis de que N400 y N392 son respuestas psicofisiológicas diferentes, caracterizadas por la especificidad del dominio de información (verbal y facial) en cada tarea. Al estar identificado el componente N392 con los efectos de incongruencia correspondientes a la estructura de la cara, puede plantearse que este componente es un correlato psicofisiológico de la actividad de mecanismos asociativos de Memoria a Largo Plazo relativos específicamente al procesamiento de caras.

Los avances futuros en este campo de trabajo nos exigen nuevos diseños de investigación que nos permitan corroborar o contrastar nuestros resultados con los que se deriven de paradigmas experimentales que contemplen, por ejemplo, la utilización de otras categorías de estímulos visuales y la combinación de caras con información verbal. Asimismo, se requiere el estudio de otros grupos muestrales, como lactantes o niños pre-

verbales, en los que, de manera natural, puede estudiarse el reconocimiento de caras sin la intervención del dominio lingüístico.

Por otra parte, desde el punto de vista metodológico, se hace imprescindible la aplicación de técnicas de análisis que permitan encontrar soluciones más precisas con respecto a la localización de posibles generadores neurales de las respuestas obtenidas a nivel del cuero cabelludo. En la actualidad se trabaja en proyectos de colaboración con otros grupos de investigación para la aplicación de procedimientos de análisis donde se combinen técnicas que ofrecen soluciones de localización espacial más precisas (como la Resonancia Magnética) con aquellas que ofrecen una mejor resolución temporal (como es el caso de la Electroencefalografía de alta densidad).

Desde un punto de vista teórico y para concluir, la evidencia psicofisiológica que se aporta en esta tesis a favor de la especificidad de los mecanismos psicobiológicos del procesamiento de caras es convergente con los datos aportados por la Neuropsicología Clínica y los estudios experimentales con primates no humanos y está además en consonancia con el planteamiento que sostienen psicólogos y neurocientíficos cognitivos acerca de la multiplicidad de los sistemas de memoria (Fodor, 1983; Ruiz-Vargas, 1994, 1997; Sherry y Schacter, 1987; Tulving, 1995; Valdés-Sosa y Bobes, 1990). La idea de que la memoria no es un sistema unitario ha ido ganando fuerza en las últimas décadas y ya forma parte de los principales problemas que aborda la Psicología Cognitiva en la actualidad (Ruiz-Vargas, 1994, 1997). En este marco teórico, el aporte del estudio de Potenciales Evocados en la constatación de la especificidad de los mecanismos cerebrales responsables de la percepción y el reconocimiento de caras forma parte de un enfoque funcionalista que nos lleva a identificar este proceso como un subsistema de procesamiento capaz de llevar a cabo una de las más importantes e imprescindibles tareas para el ser humano en todos los ámbitos de su vida social.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con el problema de estudio planteado y el objetivo particular de esta tesis, los resultados obtenidos en los tres experimentos realizados nos permiten concluir lo siguiente:

1. El componente N392 es una respuesta psicofisiológica que refleja la falta de preactivación contextual de ciertos rasgos que componen una cara conocida. Esta respuesta es provocada cuando se presentan incongruencias en la estructura de una cara, particularmente al situarse en ella unos ojos y cejas que no le pertenecen, no apareciendo cuando estos rasgos sí son los que originalmente corresponden a la cara.

2. El componente N392 parece reflejar operaciones relativas al reconocimiento de la estructura de una cara y no parece estar relacionado con el procesamiento de la información verbal/semántica que, aunque suele estar asociada comúnmente al conocimiento que se tiene de una persona, no es específica del dominio facial. El paradigma creado utilizando caras artificiales en forma de dibujos realistas, y el diseño experimental en su conjunto, permitieron restringir el efecto de la incongruencia definido por N392 a la información relativa a la descripción estructural de la cara, es decir, la que es específica del dominio facial.

3. La distribución topográfica de N392 ante caras es diferente a la distribución topográfica de N400 ante palabras. Aunque ambas respuestas aparecen generadas en tareas muy similares, los emplazamientos donde aparecen con mayor amplitud son diferentes. En el caso de N400 se destacan los emplazamientos centro-parietales (con cierta lateralización derecha) y, en el caso de N392, se destacan los emplazamientos occipitales. Este resultado habla a favor de que en ambas respuestas psicofisiológicas están interviniendo generadores neurales diferentes, los cuales parecen estar realizando operaciones análogas en diferentes dominios de información. N392 puede considerarse, por tanto, un análogo funcional de N400 en el dominio de las caras.

4. El componente N392, al igual que N400, es una respuesta psicofisiológica que parece reflejar lazos asociativos en la Memoria a Largo Plazo. La caracterización de N392

como un componente análogo funcionalmente a N400 pero específico del dominio facial puede considerarse como una evidencia psicofisiológica de la especificidad de los mecanismos cerebrales responsables del procesamiento de caras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baddeley, A.D. (1982). "Domains of Recollection". *Psychological Review*, 89 (6), 708-729.

Baddeley, A.D. y Woodhead, M. (1983). "Improving face recognition ability". En S.M.A. Lloyd-Bostock y R.B. Clifford (Eds), *Evaluating witness evidence* (pp. 125-136). New York: Wiley.

Barret, S.E. y Rugg, M.D. (1989). "Event-related potentials and the semantic matching of faces". *Neuropsychologia*, 27 (7), 913-922.

Barret, S.E. y Rugg, M.D. (1990). "Event-related potentials and the semantic matching of pictures". *Brain and Cognition*, 14, 201-212.

Barrett, S.E.; Rugg, M.D. y Perret, D.I. (1988). "Event-related potentials and the matching of familiar and unfamiliar faces". *Neuropsychologia*, 26, 105-117.

Baylis, G.C.; Rolls, E.T. y Leonard, C.M. (1985). "Selectivity between faces in the responses of a population of neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey". *Brain Research*, 342, 91-102.

Benton, A.L. (1980). "The neuropsychology of facial recognition". *American Psychologist*, 35 (2), 176-186.

Besson, M. y Macar, F. (1987). "An event-related potential analysis of incongruity in music and other non-linguistic contexts". *Psychophysiology*, 24, 14-25.

Besson, M.; Kutas, M. y Van Petten, C. (1992). "An event-related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 132-149.

Bloom, P.A. y Fischler, I. (1980). "Completion norms for 329 sentence contexts". *Memory and Cognition*, 8, 631-642.

Bötzel, K. y Grüsser, J. (1989). "Electric brain potentials evoked by pictures of faces and non-faces: A search for "face-specific" EEG potentials". *Experimental Brain Research*, 77, 349-360.

Bower, G.H. y Karlin, M.B. (1974). "Depth of processing pictures of faces and recognition memory". *Journal of Experimental Psychology*, 103 (4), 751-757.

Bruce, C.; Desimone, R. y Gross, C. (1981). "Visual properties of neurons in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque". *Journal of Neurophysiology*, 46 (2), 369-384.

Bruce, V. y Valentine, T. (1985). "Identity priming in the recognition of familiar faces". *British Journal of Psychology*, 76, 373-383.

Bruce, V. y Valentine, T. (1986). "Semantic priming of familiar faces". *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38, 125-150.

Bruce, V. y Young, A.W. (1986). "Understanding face recognition". *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.

Carey, S. (1992). "Becoming a face expert". En V. Bruce, A. Cowey, A.W. Young y D.I. Perret (Eds.), *Processing the facial image* (pp. 95-103). Oxford: Clarendon Press.

Cohen, N.J. y Eichenbaum, H. (1993). *Memory, amnesia and the hippocampal system*. Cambridge: The MIT Press.

Coombs, C.H. (1981). "Introducción a la Psicología Matemática.". Madrid: Alianza Editorial.

Craik, F.I.M. y Lockhart, R.S. (1972). "Levels of processing: A framework for memory research". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 11, 671-684.

Damasio, A.R. (1989). "Neural mechanisms". En A. Young y H. Ellis (Eds.), *Handbook of research on face processing* (pp. 405-436). Amsterdam: North Holland.

Damasio, A.R. (1992). "Cortical systems underlying memory in humans". *Proceedings of the course on Neuropsychology: The Neuronal Basis of Cognitive Function, Vol. 2 /International School of Neuroscience, 3rd.* (pp.185-194). New York: Thieme.

Damasio, A.R. y Damasio, H. (1986). "The anatomical substrate of prosopagnosia". En R. Bruyer (Ed.), *The neuropsychology of face perception and facial expression* (pp. 31-38). Hillsdale: Erlbaum.

Damasio, A.R.; Damasio, H. y Tranel, D. (1986). "Prosopagnosia: Anatomic and physiologic aspects". En H.D. Ellis, M.A. Jeeves, F. Newcombe y A. Young (Eds.), *Aspects of face processing* (pp. 268-272). Dordrecht: Martinus Nijhoff.

Damasio, A.R.; Damasio, H. y Van Hoesen, G.W. (1982). "Prosopagnosia: Anatomic basis and behavioral mechanisms". *Neurology*, 32, 331-341.

Damasio, A.R.; Tranel, D. y Damasio, H. (1990). "Face agnosia and the neural substrates of memory". *Annual Review of Neuroscience*, 13, 89-109.

De Renzi, E. (1986). "Currents issues on prosopagnosia". En H.D. Ellis, M.A. Jeeves, F. Newcombe y A. Young (Eds.), *Aspects of face processing* (pp. 268-272). Dordrecht: Martinus Nijhoff.

De Renzi, E. (1989). "Prosopagnosia: a multi-stage, specific disorder?". En A. Young y H. Ellis (Eds.), *Handbook of research on face processing* (pp. 27-35). Amsterdam: North Holland.

De Renzi, E.; Perani, D.; Carlesimo, G.A.; Silveri, M.C. y Fazio, F. (1994). "Prosopagnosia can be associated with damage confined to the right hemisphere: An MRI and PET study and a review of the literature". *Neuropsychologia*, 32 (8), 893-902.

Debruille, J.B.; Pineda, J. y Renault, B. (1996). "N400-like potentials elicited by faces and knowledge inhibition". *Cognitive Brain Research*, 4, 133-144.

Djemel, B. (1997). Comunicación personal.

Donchin, E. y Coles, M. (1988). "Is the P300 component a manifestation of context updating?". *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 357-374.

Ekman, P., Friesen, W.V. y Ellsworth, P. (1992). "Research foundations". En P. Ekman (Ed.), *Emotion in the human face* (pp. 1-6). Cambridge: Cambridge University Press.

- Ellis, H.D. y Florence, M. (1990). "Bodamer's (1947) paper on prosopagnosia". *Cognitive Neuropsychology*, 7 (2), 81-105.
- Ellis, H.D. y Young, A.W. (1989). "Are faces special?". En A. Young y H. Ellis (Eds.), *Handbook of research on face processing* (pp 1-26). Amsterdam: North Holland.
- 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.
- Ettlin, T.M.; Beckson, M.; Benson, D.F.; Langfitt, J.T.; Amos, E.C. y Pineda, G.S. (1992). "Prosopagnosia: a bihemispheric disorder". *Cortex*, 28, 129-134.
- Fagan, J.F. (1976). "Infants' recognition of invariant features of faces". *Child Development*, 47, 627-638.
- Fantz, R.L. (1963). "Pattern vision in newborn infants". *Science*, 140, 296-297.
- Farah, M.J. (1990). *Visual agnosia. Disorders of object recognition and what they tell us about normal vision*. Cambridge: The MIT Press.
- Farah, M.J. (1991). "Patterns of co-occurrence among the associative agnosias: Implications for visual object representation". *Cognitive Neuropsychology*, 8 (1), 1-19.
- Farah, M.J.; Gazzaniga, M.S.; Holtzman, J.D. y Kosslyn, S.M. (1985). "A left hemisphere basis for visual mental imagery?". *Neuropsychologia*, 23 (1), 115-118.
- Farah, M.J.; Levinson, K.L. y Klein, K.L. (1995). "Face perception and within-category discrimination in prosopagnosia". *Neuropsychologia*, 33 (6), 661-674.
- Fischler, I.; Childers, D.G.; Achariyapaopan, T y Perry, N.W. (1985). Brain potentials during sentence verification: Automatic aspects of comprehension". *Biological Psychology*, 21, 83-106.
- Fischler, Y.; Bloom, P.A.; Childers, D.G.; Roucos, S.E. y Perry, N.W. (1983). "Brain potentials related to stages of sentence verification". *Psychophysiology*, 20, 400-409.

- Fodor, J.A. (1983). "The modularity of mind". Cambridge: MIT Press. (Trad. cast., Madrid: Morata, 1986).
- Friedman, D. (1990). "Cognitive event-related potentials during continuous recognition memory for pictures". *Psychophysiology*, 27(2), 136-148.
- George, N.; Evans, J.; Fiori, N.; Davidoff, J. y Renault, B. (1996). "Brain events related to normal and moderately scrambled faces". *Cognitive Brain Research*, 4, 65-76.
- Graf, P. y Mandler, G. (1984). "Activation makes words more accesible, but not necessarily retrievable". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 553-568.
- Gross, C.G. (1992). "Representation of visual stimuli in inferior temporal cortex". En V. Bruce, A. Cowey, A.W. Young y D.I. Perret (Eds.), *Processing the facial image* (pp. 3-10). Oxford: Clarendon Press.
- Guillem, F.; N'kaoua, B.; Rongier, A. y Claverie, B. (1995). "Intracranial topography of event-related potentials (N400/P600) elicited during a continuous recognition memory task". *Psychophysiology*, 32 (4), 382-392.
- Haig, N.D. (1986). "Exploring recognition with interchanged facial features". *Perception*, 15, 235-247.
- Halgren, E. (1990). "Insights from evoked potentials into neuropsychological mechanisms of reading". En A.B. Scheibel y A.F. Wechsler (Eds.), *Neurobiology of higher cognitive function* (pp. 103-150). New York: Guilford.
- Halgren, E.; Baudena, P.; Heit, G.; Clarke, J.M.; Marinkovic, K. y Chauvel, P. (1994). "Spatio-temporal stages in face and word processing. 2. Depth-recorded potentials in the human frontal and Rolandic cortices". *Journal de Physiologie Paris*, 88, 51-80.
- Halgren, E.; Baudena, P.; Heit, G.; Clarke, J.M.; Marinkovic, K. y Chauvel, P. (1994). "Spatio-temporal stages in face and word processing. 1. Depth-recorded potentials in the human occipital, temporal and parietal lobes". *Journal de Physiologie Paris*, 88, 1-50.

Halgren, E.; Squires, N.K.; Wilson, C.L.; Rohrbaugh, J.W.; Babb, T.L. y Crandall, P.H. (1980). "Endogenous potentials generated in the human hippocampal formation and amygdala by infrequent events". *Science*, 210, 803-805.

Harbin, T.J.; Marsh, G.R. y Harvey, M.T. (1984). "Differences in the late components of the event-related potentials due to age and to semantic and non-semantic tasks". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59, 489-496.

Harvey, M.T. y Marsh, G.R. (1983). "Effect of semantic category typicality on amplitude and latency of N400". *Psychophysiology*, 20, 444-445 (abstr.).

Hasselmo, M.E.; Rolls, E.T. y Baylis, C.G (1989). "The role of expression and identity in the face-selective responses of neurons in the temporal visual cortex of the monkey". *Behavioural Brain Research*, 32, 203-218.

Hasselmo, M.E.; Rolls, E.T.; Baylis, C.G. y Nalwa, V. (1989). "Object-centered encoding by face-selective neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey". *Experimental Brain Research*, 75, 417-429.

Hécaen, H. y Angelergues, R. (1962). "Agnosia for faces (prosopagnosia)". *Archives of Neurology*, 7, 92-100.

Holcomb, P.J. (1993). "Semantic priming and stimulus degradation: implications for the role of the N400 in language processing". *Psychophysiology*, 30, 47-61.

Holcomb, P.J. y McPherson, W.B. (1994). "Event-related brain potentials reflect semantic priming in an object decision task". *Brain and Cognition*, 24, 259-276.

Jackson, A. y Morton, J. (1984). "Facilitation of auditory word recognition". *Memory and Cognition* 12, 568-574.

Jasper, H.H. (1958). "The ten-twenty system of the International Federation". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

Jeffreys, D.A. (1989). "A face-responsive potential recorded from the human scalp". *Experimental Brain Research*, 78, 193-202.

- Jeffreys, D.A. y Tukmachi, E.S.A. (1992). "The vertex-positive scalp potential evoked by faces and by objects". *Experimental Brain Research*, 91, 340-350.
- Jeffreys, D.A.; Tukmachi, E.S.A. y Rockley, G. (1992). "Evoked potential evidence for human brain mechanisms that respond to single, fixated faces". *Experimental Brain Research*, 91, 351-362.
- Keselman, H.J. y Rogan, J.C. (1980). "Repeated measure F test and psychophysiological research: Controlling the number of false positives". *Psychophysiology*, 17, 499-503.
- Klatzky, R.L. y Forrest, F.H. (1984). "Recognizing familiar and unfamiliar faces". *Memory and Cognition*, 12 (1), 60-70.
- Kutas, M y Hillyard, S.A. (1980a). "Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity". *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M y Hillyard, S.A. (1980b). "Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words". *Biological Psychology*, 11, 99-116.
- Kutas, M y Hillyard, S.A. (1982). "The lateral distribution of event-related potentials during sentences processing". *Neuropsychologia*, 20, 579-590.
- Kutas, M y Hillyard, S.A. (1984). "Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association". *Nature*, 307, 161-163.
- Kutas, M. (1987). "Event-Related Potentials (ERPs) elicited during rapid serial visual presentation of congruous and incongruous sentences". En Johnson, Jr, Rhrbaugh, J.W. y Parasuraman, R. (Eds), *Current trends in event-related potential research (EEG Suppl. 40)* (pp. 406-411). Amsterdam: Elsevier.
- Kutas, M. (1997). "Evoked potentials and language processing". Conferencia impartida en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid.
- Kutas, M. y Van Petten, C. (1988). "Event-related brain potential studies of language". En P.K. Ackles, J.R. Jennings y G.H. Coles (Eds.), *Advances in Psychophysiology* (pp.139-187). Greenwich: JAI Press.

- Kutas, M.; Neville, H y Holcomb, P.J. (1987). "A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening and signing". The London Symposia, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Suppl 39, 325-330.
- Leonard, C.M.; Rolls, E.T.; Wilson, F.A.W. y Baylis, G.C. (1985). "Neurons in the amygdala of the monkey with responses selective for faces". *Behavioural Brain Research*, 15, 159-176.
- Levy, J.; Trevarthen, C. y Sperry, R.W. (1972). "Perception of bilateral chimeric figures following hemispheric deconnexion". *Brain*, 95, 61-78.
- Logothetis, N.K. y Sheinberg, D.L. (1996). "Visual object recognition". *Annual Review of Neuroscience*, 19, 577-621.
- Mangun, G.R. y Hillyard, S.A. (1996). "Mechanisms and models of selective attention". En M.D. Rugg y M.G.H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind. Event-related potentials and cognition* (pp. 40-85). Oxford: Oxford University Press (Oxford Psychology Series No. 25).
- Markowitsch, H.J. (1995). "Anatomical basis of memory disorders". En M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neuroscience* (pp. 765-779). Cambridge: The MIT Press.
- McCallum, W.C., Farmer, S.F. y Pocock, P.K. (1984). "The effects of physical and semantic incongruities on auditory event-related potentials". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59, 477-488.
- McCarthy, G. y Wood, C.C. (1984). "Intracranially recorded event-related potentials during sentence processing". *Society of Neuroscience, Abstracts*, 10, 847.
- McCarthy, G.; Nobre, A.C.; Bentin, S. y Spencer, D.D. (1995). "Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: I. Intracranial distribution and neural generators". *The Journal of Neuroscience*, 15 (2), 1080-1089.
- Meadows, J.C. (1974). "The anatomical basis of prosopagnosia". *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 37, 489-501.

- Meltzoff, A.N. y Moore, M.K. (1977). "Imitation of facial and manual gestures by human neonates". *Science*, 198, 75-78.
- Mitchell, P.F.; Andrews, S. y Ward, P.B. (1993). "An event-related potential study of semantic congruity and repetition in a sentence-reading task: effects of context change". *Psychophysiology*, 30, 496-509.
- Morris, C.D.; Bransford, J.D. y Franks, J.J. (1977). "Levels of processing versus transfer appropriate processing". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 519-533.
- Morton, J. (1969). "Interaction of information in word recognition". *Psychological Review*, 76, 165-178.
- Murrell, G.A. y Morton, J. (1974). "Word recognition and morphemic structure". *Journal of Experimental Psychology*, 102, 963-968.
- Nardelli, E.; Buonanno, F.; Coccia, G.; Fiaschi, A.; Terzian, H. y Rizzuto, N. (1982). "Prosopagnosia. Report of four cases". *European Neurology*, 21, 289-297.
- Neisser, U. (1954). "An experimental distinction between perceptual process and verbal response". *Journal of Experimental Psychology*, 47, 339-402.
- Neville, H.J.; Kutas, M.; Chesney, G. y Schmidt, A. (1986). "Event-related brain potentials during initial encoding and subsequent recognition memory of congruous and incongruous words". *Journal of Memory and Language*, 25, 75-95.
- Nigam, A.; Hoffman, J.E. y Simons, R.F. (1992). "N400 to semantically anomalous pictures and words". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(1), 15-22.
- Nobre, A.C. y McCarthy, G. (1995). "Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: II. Effects of word type and semantic priming". *The Journal of Neuroscience*, 15 (2), 1090-1098.
- Paller, K.A.; Kutas, M. y Mayes, A.E. (1987). "Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67, 360-371.

- Parkin, A.J. y Williamson, P (1986). Patterns of cerebral dominance in wholistic and featural stages of facial processing". En H.D. Ellis, M.A. Jeeves, F. Newcombe y A. Young (Eds.). *Aspects of face processing* (pp. 223-227). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Parks, T.E.; Coos, R.G. y Coos, C.S. (1985). "Thatcher and the Cheshire cat: Context and the processing of facial features". *Perception, 14*, 747-754.
- Perret, D.I.; Mistlin, A.J.; Chitty, A.J.; Smith, P.A.J.; Potter, D.D.; Broennimann, R. y Harries, M. (1988). "Specialized face processing and hemispheric asymmetry in man and monkey: Evidence from single unit and reaction time studies". *Behavioural Brain Research, 29*, 245-258.
- Perret, D.I.; Rolls, E.T. y Caan, W. (1982). "Visual neurones responsive to faces in the monkey temporal cortex". *Experimental Brain Research, 47*, 329-342.
- Polich, J. (1985). "N400s from sentences, semantic categories, number and letter strings?". *Bulletin of the Psychonomic Society, 23*, 361-364.
- Ponsoda, V. (1986). *Iniciación a la Psicología Matemática*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Rhodes, G. (1985). "Lateralized processes in face recognition". *British Journal of Psychology, 76*, 249-271.
- Ritter, W.; Ford, J.; Gaillard, S.W.K.; Russell Harter, M.; Kutas, M.; Naatanen, R.; Polich, J.; Renault, B. y Rohrbaugh, J. (1984). "Cognition and event related potentials: The relation of negative potentials and cognitive processes. *New York Acad. Science, 425*, 24-38.
- Rodman, H.R.; Skelly, J.P. y Gross, C.G. (1991). "Stimulus selectivity and state dependence of activity in inferior temporal cortex of infant monkeys". *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A., 88*, 7572-7575.
- Rolls, E.T. (1992). "Neurophysiological mechanisms underlying face processing within and beyond the temporal cortical visual areas". En V. Bruce, A. Cowey, A.W. Young y D.I. Perret (Eds.), *Processing the facial image* (pp. 11-21). Oxford: Clarendon Press.

Rolls, E.T.; Baylis, G.C.; Hasselmo, M.E. y Nalwa, V. (1989). "The effect of learning on the face selective responses of neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey". *Experimental Brain Research*, 76, 153-164.

Ruchkin, D.S.; Johnson, J.R.; Grafman, J.; Canoune, H. y Ritter, W. (1997). "Multiple visuospatial working memory buffers: Evidence from spatiotemporal patterns of brain activity". *Neuropsychologia*, 35 (2), 195-209.

Rugg, M. y Doyle, M.C. (1992). "Event-related potentials and recognition memory for low- and high-frequency words". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 69-79.

Rugg, M.D. (1984a). "Events-related potentials in phonological matching tasks". *Brain and Language*, 23, 225-240.

Rugg, M.D. (1984b). "Event-related potentials and the phonological processing of words and non-words". *Neuropsychologia*, 22, 435-443.

Rugg, M.D. (1985). "The effects of handeness on event-related potentials in a rhyme-matching task". *Neuropsychologia*, 23, 765-775.

Rugg, M.D. (1985). "The effects of semantic priming and word repetition on event-related potentials". *Psychophysiology*, 22, 642-647.

Rugg, M.D. y Coles, M.G.H. (1996). "The ERP and cognitive psychology: Conceptual issues". En M.D.Rugg y M.G.H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind. Event-related potentials and cognition* (pp. 27-39). Oxford: Oxford University Press (Oxford Psychology Series No. 25).

Ruiz-Vargas, J.M. (1994). *La Memoria Humana. Función y estructura*. Madrid: Alianza Editorial.

Ruiz-Vargas, J.M. (1997). *Sistemas de Memoria: evidencia convergente*. Conferencia impartida en el I Congreso de la Sociedad Española de Psicofisiología. Miraflores de la Sierra, Madrid.

Sackett, G.P. (1963). "A neural mechanism underlying unlearned, critical period and developmental aspects of visually controlled behavior". *Psychological Review*, 70, 40-50.

Schacter, D.L. (1989) "Memory". En M.I. Posner (Ed.), *Foundations of Cognitive Science* (pp. 683-725). Cambridge: The MIT Press.

Scherg, M. y Picton, T.W. (1991). "Separation and identification of event-related potential components by brain electric source analysis". En C.H.M. Brunia, C. Mulder y M.N. Verbaten (Eds.), *Event-Related Potential Brain Research (EEG Suppl. 42)* (pp. 24-37). Amsterdam: Elsevier.

Schweinberger, S.R. y Sommer, W. (1991). "Contributions of stimulus encoding and memory search to right hemisphere superiority in face recognition: Behavioural and electrophysiological evidence". *Neuropsychologia*, 29 (5), 389-413.

Schweinberger, S.R.; Sommer, W y Stiller, R.M. (1994). "Event-related potentials and models of performance asymmetries in face and word recognition". *Neuropsychologia*, 32 (2), 175-191.

Seeck, M. y Grüsser, O.J. (1992). "Category-related components in visual evoked potentials: Photographs of faces, persons, flowers and tools as stimuli". *Experimental Brain Research*, 92, 338-349.

Sergent, J. (1982). "About face: Left-hemisphere involvement in processing physiognomies". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8 (1), 1-14.

Sergent, J. (1988). "Face perception: Underlying process and hemispheric contribution". En G. Denes, C. Semenza, P. Bisiacchi y A. Andreewsky (Eds.). *Perspectives on cognitive neuropsychology* (pp. 3-30). Hillsdale: Erlbaum.

Sergent, J. y Signoret, J.L. (1992). "Functional and anatomical decomposition of face processing: evidence from prosopagnosia and PET study of normal subjects". En V. Bruce, A. Cowey, A.W. Young y D.I. Perret (Eds.), *Processing the facial image* (pp. 55-62). Oxford: Clarendon Press.

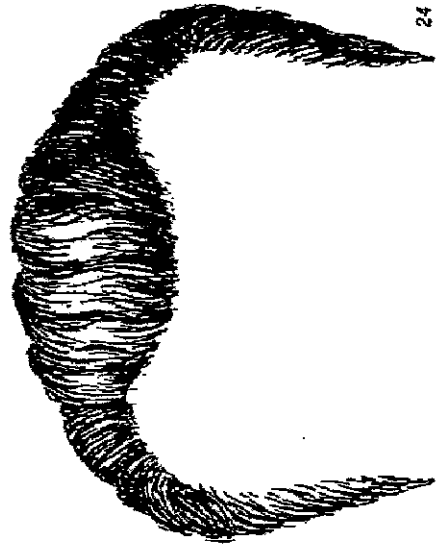
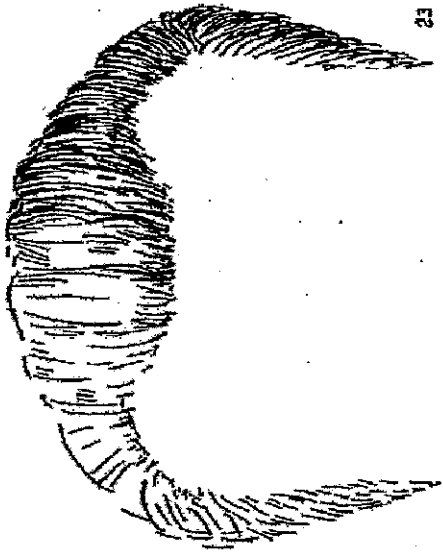
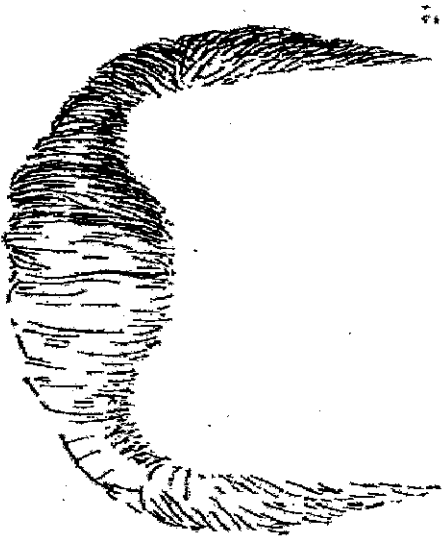
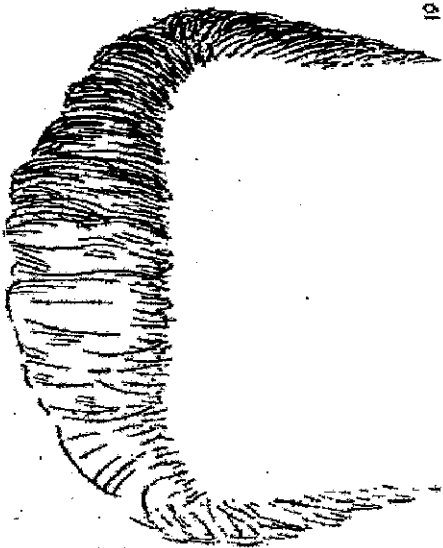
- Serrano, J.M.; Iglesias, J. y Loeches, A. (1995). "Infants' responses to adult facial expressions". *Infant Behavior and Development*, 18, 477-482.
- Seymour, P.H.K. (1979). *Human Visual Cognition*. London: Collier Macmillan.
- Sherry, D.F. y Schacter, D.L. (1987). "The evolution of multiple memory systems". *Psychological Review*, 94, 439-454.
- Small, M. (1986). "Hemispheric differences in the evoked potential to face stimuli". En H.D. Ellis, M.A. Jeeves, F. Newcombe y A. Young (Eds.). *Aspects of face processing* (pp. 228-233). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Smith, M.E. y Halgren, E. (1987). "ERPs elicited by familiar and unfamiliar faces". En Jr. Johnson; J.W. Rhrbaugh y R. Parasuraman (Eds), *Current trends in event-related potential research (EEG Suppl. 40)* (pp. 422-426). Amsterdam: Elsevier.
- Smith, M.E.; Stapleton, J.M. y Halgren, E. (1984). "Human medial temporal lobe potentials evoked in memory and language tasks". *Society of Neuroscience, Abstracts*, 10, 846.
- Sommer, W.; Schweinberger, S.R. y Matt, J. (1991). "Human brain potential correlates of face encoding into memory". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 79, 457-463.
- Sporer, S.L. (1991). "Deep- Deeper- Deepest? Encoding strategies and the recognition of human faces". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 323-333.
- Swets, J.A. (1964). *Signal Detection and recognition by humans observers*. New York: Wiley.
- Takahashi, N.; Kawamura, M.; Hirayama, K.; Shiota, J. e Isono, O. (1995). "Prosopagnosia: A clinical and anatomical study of four patients". *Cortex*, 31, 317-329.
- Tanaka, J.W. y Farah, M.J. (1993). "Parts and wholes in face recognition". *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 225-245.

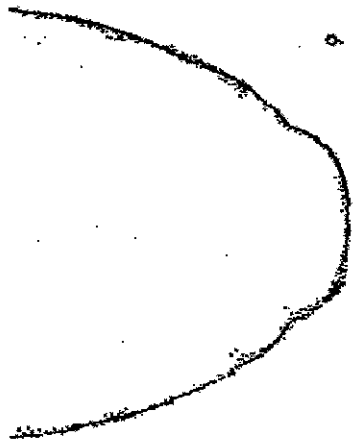
- Tanaka, K. (1996). "Inferotemporal cortex and object vision". *Annual Review of Neuroscience*, 19, 109-139.
- Toveé, M.J.; Rolls, E.T.; Azzopardi, P. (1994). "Translation invariance in the responses to faces of single neurons in the temporal visual cortical areas of the alert macaque". *Journal of Neurophysiology*, 72 (3), 1049-1060.
- Tulving, E. (1972). "Episodic and semantic memory". En E. Tulving y W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-403). New York: Academic Press.
- Tulving, E. (1983). *Elements of Episodic Memory*. Oxford: The Clarendon Press.
- Tulving, E. (1995). "Introduction: Part VI. Memory". En M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neuroscience* (pp. 751-753). Cambridge: The MIT Press.
- Uhl, F.; Goldenberg, G.; Lang, W.; Lindinger, G.; Steiner, M. y Deecke, L. (1990). "Cerebral correlates of imaging colours, faces and a map-II. Negative cortical DC potentials". *Neuropsychologia*, 28 (1), 81-93.
- Valdés-Sosa, M. y Bobes, M.A. (1990). "Making sense out of words and faces: ERPs evidence for multiple memory systems". En E.R. John (Ed.), *Machinery of the Mind* (pp. 252-288). Boston: Birkhauser.
- Van Petten, C.; Kutas, M.; Kluender, R.; Mitchiner, M. y McIsaac, H. (1991). "Fractionating the word repetition effect with event-related potentials". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 131-150.
- Warren, C. y Morton, J. (1982). "The effects of priming on picture recognition". *British Journal of Psychology*, 73, 117-129.
- Whiteley, A.M. y Warrington, E.K. (1977). "Prosopagnosia: A clinical, psychological, and anatomical study of three patients". *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 40, 395-403.
- Winograd, E. (1978). "Encodings operations which facilitate memory for faces across the life span". En M.M. Gruneberg, P.E. Morris y R.N. Sykes (Eds.), *Practical Aspects of Memory* (pp. 255-262). San Diego: Academy Press.

- Winograd, E. (1981). "Elaboration and distinctiveness in memory for faces". *Journal of Experimental Psychology*, 7, 181-190.
- Yin, R.K. (1969). "Looking at upside-down faces". *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141-145.
- Yin, R.K. (1978). "Face perception : a review of experiments with infants, normal adults and brain-injured persons". En R. Held, H. Leibowitz y H. Teuber (Eds.), *Perception (Handbook of sensory physiology, Vol. 8 (pp. 593-608))*. Berlin: Springer-Verlag.
- Young, A.W. (1984). "Right cerebral hemisphere superiority for recognizing the internal and external features of famous faces". *British Journal of Psychology*, 75, 161-169.
- Young, A.W. (1988). "Functional organization of visual recognition". En L. Weiskrantz (Ed.), *Thought without language (pp. 78-107)*. Oxford: Oxford University Press.
- Young, A.W.; Hellawell, D. y Hay, D.C. (1987). "Configurational information in face perception". *Perception*, 16, 747-759.
- Young, A.W.; McWeeny, K.H.C.; Hay, D.C. y Ellis, A.W. (1986). "Access to identity-specific semantic codes from familiar faces". *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 271-295.
- Young, M.P. (1995). "Open questions about the neural mechanisms of visual pattern recognition". En M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neuroscience (pp. 463-474)*. Cambridge: The MIT Press.

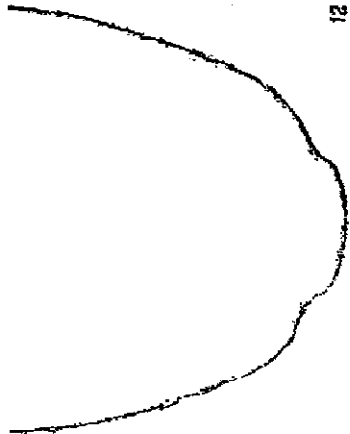
APÉNDICES

A. Muestra del catálogo de rasgos faciales

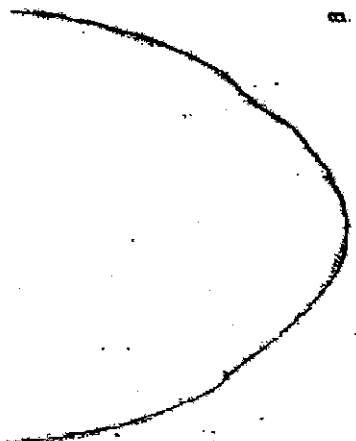




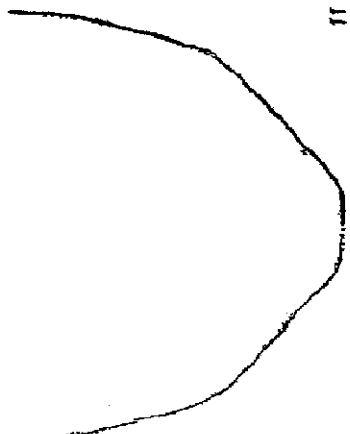
9



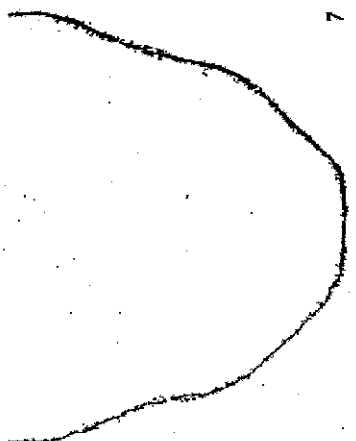
21



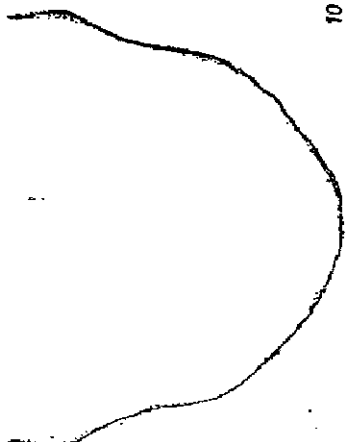
8



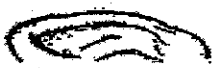
11



7



10



3



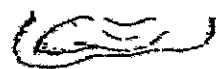
6



9



12



2



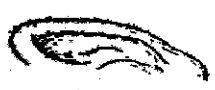
5



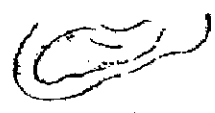
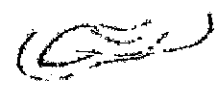
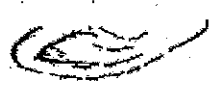
8



11



10



18



21



24



27



30



17



20



23



26



29



16



19



22

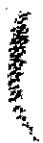


25



28





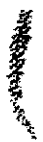
19



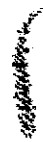
25



31



20



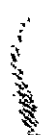
26



32



21



27



33



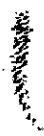
22



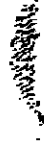
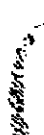
28



34



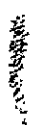
23



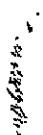
29



35



24



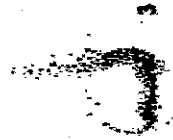
30



36



2



3



4



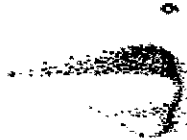
5



6



7



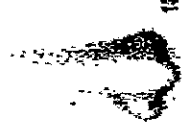
9



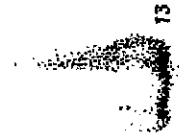
10



11



12



13



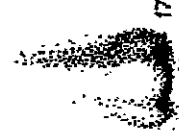
14



15



16



17



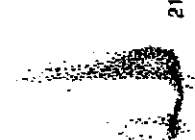
18



19



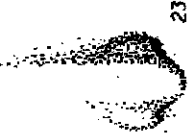
20



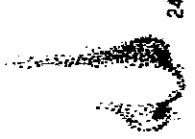
21



22



23



24

24

Lab 3



31



25



19



13



7

1



32



26



20



14



8

2



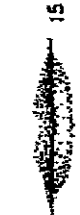
33



27



21



15



9

3



Lab 4



34



28



22



16



10

4



35



29



23



17



11

5



36



30



24



18



12

6



**B. Texto del programa utilizado para la composición
las caras**

```

const MaxR = 10;
    MaxNames = 500;
    maxCaras = 1000;
type Str8 = String[8];
    TNames = Array[1..MaxNames] of Str8;
    TFlags = Array[1..MaxNames] of Boolean;
    InfoR = Record
        NN:Integer,
        Names:TNames,
        NT:integer,
        Taken:TFlags,
    End;
    PtrInfo = ^InfoR;
    PtrStr = ^String;

var Rasgos:Array[1..MaxR] of PtrInfo;
    nr,i,j,nr:integer;
    List:Array[1..MaxCaras] of PtrStr;
    Etext;
    Ok:Boolean;
    S,SS,name:String;

function GetRasgo(r:integer):Integer;
var i:integer;
begin { GetRasgo }
    repeat
        i:=round(random*Rasgos[r]^NN);
    until (i>=1) and (i<=Rasgos[r]^NN) and Not Rasgos[r]^Taken[i];
    Rasgos[r]^Taken[i]:=True;
    GetRasgo:=i;
    inc(Rasgos[r]^NT);
    if Rasgos[r]^NT = Rasgos[r]^NN then begin
        for i:=1 to Rasgos[r]^NN do
            Rasgos[r]^Taken[i]:=False;
        Rasgos[r]^NT:=0;
    end;
end; { GetRasgo }

begin
    randomize;
    write('# de rasgos:'),readln(nr);
    { Read the files }
    for i:=1 to nr do begin
        repeat
            Ok:=False;
            write('Filename Rasgos #,i:1,': ),readln(name);
            assign(f,name);
            reset(f);
            if ioresult <> 0 then
                writeln('#7,File ',name,' not found')
            else Ok:=True;
        until Ok;
        New(Rasgos[i]);
        readln(f,Rasgos[i]^NN);
        Rasgos[i]^NT:=0;
        for j:=1 to Rasgos[i]^NN do begin
            readln(f,Rasgos[i]^Names[j]);
            Rasgos[i]^Taken[j]:=False;
        end;
    end;
end;

```

```

end;
close(f);
end; { for i }
write('# de caras a generar:');readln(nc);
for i:=1 to nc do
  New(List[i]);
  i:=1;
  while i <= nc do begin
    S:='';
    for j:=1 to NR do begin
      SS:=Rasgos[j]^Names[GetRasgo(i)];
      S:=S+SS+' ';
    end;
    Ok:=true;
    for j:=1 to i-1 do
      if S = List[j]^ then begin
        Ok:=False;
        Break;
      end;
    if Ok then begin
      List[i]^:=S;
      inc(i);
    end;
  end;
  write('Output filename:');readln(name);
  assign(f,name);
  rewrite(f);
  for i:=1 to nc do
    writeln(List[i]^);
  close(f);
end.

```

**C. Texto del programa utilizado para la presentación
las caras en la *fase de estudio* de las sesiones de
aprendizaje**

```

Uses Cri, Dos, NSGraph, Keystuff;
const plane = 0;
    maxH = 639;
    maxV = 479;
type str80 = string[80];
str255 = string[255];
masks = Array[0..7] of byte;
SigLine = Array[0..81] of Byte; { Variable auxiliar en los externals }
SigVectMask = Array[0..7] of Byte; { Para las mascararas de los externals }

const Toriz : masks = ($FF, $7F, $3F, $1F, $0F, $07, $03, $01);
Torde : masks = ($80, $C0, $E0, $F0, $F8, $FC, $FE, $FF);
Tabla2 : masks = ($80, $40, $20, $10, $08, $04, $02, $01);
Taniz : SigVectMask = ($00, $80, $C0, $E0, $F0, $F8, $FC, $FE);
Tande : SigVectMask = ($7F, $3F, $1F, $0F, $07, $03, $01, $00);
BytesLin : Word = 80;
var Linea: Array[1..100] of byte;
    path: str80;
    i, lastx, lasty, lastwide, lastheight, cont: integer;
    DirInfo: SearchRec;
    s{, Grupo}: Str80;
    f, fout: text;
    c, stop: char;

{$F-}

{$L EdPicV86 }

procedure vsqcur86(x,y, ancho, alto: integer); external;

procedure vPutImage(invert: boolean; pastmode, x, y: integer; var image); external;

procedure vGetImage(plane, xmin, ymin, xmax, ymax: integer; var image); external;

procedure PutImage(invert: boolean; pastmode, x, y: integer; var image);
begin
    vPutImage(invert, pastmode, x, y, image);
end; { PutImage }

procedure GetImage(plane, xmin, ymin, xmax, ymax: integer; var image);
begin
    vGetImage(plane, xmin, ymin, xmax, ymax, image);
end; { GetImage }

procedure bell;
begin
    sound(240);
    delay(3500);
    nosound;
end; { bell }

procedure ReadImage(x, y: integer; name: str80);
{ x, y son las coordenadas del ext. sup. izquierdo, name es el nombre del }
{ fichero sin extension }

const max = 38403;
    maxbloq = 301;
type buffer = array[0..max] of byte;

```

```

var buf: ^buffer;
    f: file;
    ch: char;
    nombre: str80;
    wide, height: integer;

begin { ReadImage }
    new(buf);
    {$I-}
    assign(f, name+'.pic');
    reset(f);
    {$I+}
    if ioresult <> 0 then
        begin
            dispose(buf);
            CloseGraphMode;
            write(#7, 'File '+name+' not found'); readln;
            halt;
        end;
    {$I-}
    blockread(f, buf^, maxblob);
    close(f);
    {$I+}
    if ioresult <> 0 then;
        move(buf^[0], wide, 2);
        move(buf^[2], height, 2);
        fillscreen(0);
        putimage(false, 1, x, y, buf^);
        dispose(buf);
        Stop:=ReadKbd(KeyWait, [Sp, Esc], UpCaseAlpha);
    end; { ReadImage }

```

```

begin { Main }
    if paramcount = 0 then Halt;
    path:=ParamStr(1);
    GraphMode;
    TextJustify(JustifyLeft);
    TextStyle(Triplex, 32, 32);
    palette(1, 15);
    palette(14, 0);
    {$I-}
    assign(f, path);
    reset(f);
    assign(fout, 'salida');
    rewrite(fout);
    write(fout, 'vistas ');
    close(fout);
    cont:=0;
    {readln(f, Grupo);}
    if ioresult <> 0 then halt;
    stop:='e';
    while (not eof(f)) and (stop<>esc) do
        begin
            readln(f, s);
            ReadImage(0, 0, s);
            cont:=cont+1;
            append(fout);
            write(fout, ' ', cont);

```

```
close(fout);
if ((cont mod 20=0) and (cont<40)) then
begin
fillscreen(0);
TextPosition(160,240);
writestring(GetAttribute(15,0),'DESCANSO');
readln;
end}
end;
close(f);
CloseGraphMode;
end
```


D. Texto del programa utilizado en la *fase de comprobación* del aprendizaje en el Experimento 1

```

Uses Crt,Dos,NSGraph,Keystuff,TpTimer,NsMouse;
const plane = 0;
    maxH = 639;
    maxV = 479;
type str80 = string[80];
    str255 = string[255];
    masks = Array[0..7]of byte;
    SigLine = Array[0..81]of Byte; { Variable auxiliar en los externals }
    SigVectMask = Array[0..7]of Byte; { Para las mascararas de los externals }

const Toriz : masks = ($FF,$7F,$3F,$1F,$0F,$07,$03,$01);
    Toric : masks = ($80,$C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE,$FF);
    TablaZ : masks = ($80,$40,$20,$10,$08,$04,$02,$01);
    Tamiz : SigVectMask = ($00,$80,$C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE);
    Tande : SigVectMask = ($7F,$3F,$1F,$0F,$07,$03,$01,$00);
    BytesLin : Word = 80;
var Linea:Array[1..100]of byte;
    i,lastx,lasty,lastwide,lastheight,conocida:integer;
    DirInfo:SearchRec;
    path,s,ss,Grupo,nametr:Str80;
    {fir:text;
    bien,mal,respu:string;
    respuesta:char;
    ir:real;

{SF-}

{$L EdPicV86 }

procedure vsqcur86(x,y,ancho,alto:integer);external;

procedure vPutImage(invert:boolean;pastmode,x,y:integer;var image);external;

procedure vGetImage(plane,xmin,ymin,xmax,ymax:integer;var image);external;

procedure PutImage(invert:boolean;pastmode,x,y:integer;var image);
begin
    vPutImage(invert,pastmode,x,y,image);
end; { PutImage }

procedure GetImage(plane,xmin,ymin,xmax,ymax:integer;var image);
begin
    vGetImage(plane,xmin,ymin,xmax,ymax,image);
end; { GetImage }

procedure bell;
begin
    sound(240);
    delay(3500);
    nosound;
end; { bell }

procedure ReadImage(x,y:integer;name:str80;var treac:real;
    var conocida:integer;var resp:string);
{ x,y son las coordenadas del ext. sup. izquierdo, name es el nombre del }
{ fichero sin extension }

const max = 38403;

```

```

    maxbloq = 301;
    type buffer = array[0..max]of byte;
    var buf: ^buffer;
        ffile;
        ch:char;
        nombre:str;80;
        wide,height:integer;
        InitTime,FinTime:Longint;
        Coord1,Coord2:Word;
        estado:char;

```

```

begin { ReadImage }
    new(buf);
    {$I-}
    assign(f,name+'.pic');
    reset(f);
    {$I+}
    if ioresult <> 0 then
        begin
            dispose(buf);
            CloseGraphMode;
            write(#7,'File '+name+' not found');readln;
            halt;
        end;
    {$I-}
    blockread(f,buf^,maxbloq);
    close(f);
    {$I+}
    if ioresult <> 0 then;
        move(buf^[0],wide,2);
        move(buf^[2],height,2);
        fillscreen(0);
        ch:=readkey;
        putimage(false,L,x,y,buf^);
        InitTime:=ReadTimer;
        repeat
            MouseWhereXY(Coord1, Coord2, estado);
        until (estado = LeftButton) or (estado = rightButton);
        FinTime:=ReadTimer;
        case conocida of
            0:respuesta:=rightButton; {no conocida}
            1:respuesta:=leftButton {conocida}
        end;
        if respuesta=estado then begin
            TextPosition(420,240);
            writestring(GetAttribute(15,0),'BIEN');
            resp:='bien'
        end
        else begin
            TextPosition(420,240);
            writestring(GetAttribute(15,0),'MAL');
            resp:='mal'
        end;
        t:=ElapsedTime(InitTime,FinTime);
        dispose(buf);
    end; { ReadImage }

```

```

BEGIN { Main }
ClrScr;
InitializeTimer;
Write('Nombre de fichero de t. de reac:');
readln(nametr);
SS:=CONCAT(nametr,'.pas');
FindFirst(ss,archive,DirInfo);
if (DosError=2) or (DosError=18) then
begin
assign(ftr,ss);
rewrite(ftr);
writeln(ftr,' ');
close(ftr);
end
else
begin
clrscr;
writeln('Fichero ',ss,' ya existente');
halt
end;
if paramcount = 0 then Halt;
path:=ParamStr(1);
GraphMode;
TextJustify(JustifyLeft);
TextStyle(Triplex,32,32);
palette(1,15);
palette(14,0);
{$i-}
assign(f,path);
reset(f);
if ioresult <> 0 then halt;
while not eof(f) do
begin
readln(f,conocida,s);
while s[1] = ' ' do delete(s,1,1);
ReadImage(0,0,s,tr,conocida,respu);
append(ftr);
writeln(ftr,tr:5:0,' ',conocida,' ',respu);
close(ftr);
end;
close(f);

CloseGraphMode;
END.

```

E. Texto del programa utilizado en la *fase de comprobación* del aprendizaje en el Experimento 2

```

Program seleye;
uses Crt,Dos,NSGraph,NSMouse,RBytes,TPTimer;
const maxeye=4;
  Esc = #27;

type str80=string[80];
  st12=string[17];
  recdat=record
    orden:integer;
    estado:integer;
    ir:real
  end;

  mairdat=array[1..200] of recdat;
  imagdat=array[1..7082] of byte;
  newarr=array[1..maxeye] of str80;
  newtado=array[1..maxeye] of integer;

var R,t11,tiempo:real;
  Key,CH,CHI:CHAR;
  k,demora1,demora2,contar,tmouse,color1,color2,
  segmento,ntot,CH2,LECT,LA,Ancho,Alto,x,y:INTEGER;
  nomfile,ss2,S1,MENSAJE:STR80;
  limite,maxSeg,Pmreal:real;
  imagen:^imagdat;
  fimagen:file of imagdat;
  ikk :integer;
  newfich:newarr;
  fest:text;
  tado:newtado;
  datos:mairdat;

{$R-}
type masks = Array[0..7]of byte;
  SigLine = Array[0..81]of Byte; { Variable auxiliar en los externals }
  SigVectMask = Array[0..7]of Byte; { Para las mascaras de los externals }
const Toriz : masks = ($FF,$7F,$3F,$1F,$0F,$07,$03,$01);
  Torde : masks = ($80,$C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE,$FF);
  Tabla2 : masks = ($80,$40,$20,$10,$08,$04,$02,$01);
  Tamiz : SigVectMask = ($00,$80,$C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE);
  Tande : SigVectMask = ($7F,$3F,$1F,$0F,$07,$03,$01,$00);
  BytesLin : Word = 80;
  var Linea:SigLine;
{$L EdPicV86 }
procedure vsqour86(x,y,ancho,alto:integer);external;
procedure vPutImage(invert:boolean,pastmode,x,y:integer,var image);external;
procedure vGetImage(plane,xmin,ymin,xmax,ymax:integer,var image);external;

{-----TOQUE-----}

{Funcion que se pone en true cuando hay algun boton del mouse apretado}
{y devuelve el boton que se apreto:1-izq.,2-der.,3-los 2}
function toque(var tecla:integer):boolean;
var x,y:word;

```

```

    st:char;
begin
  toque:=MousePressed;
  MouseWhere:XY(x,y,st);
  case st of
    LeftButton :tecla:=1;
    RightButton :tecla:=2;
    BothButtons :tecla:=3;
  end;
end;
end;

```

procedure LimpiaPantalla;

```

begin
  InLine($1c / {      push ds      }
    $b8 / $00 / $b8 / {      mov ax,b800      }
    $3e / $d8 / {      mov ds,ax      }
    $b0 / $20 / {      mov al,20      }
    $b4 / $00 / {      mov ah,0      }
    $b9 / $d8 / $07 / {      mov cx,7d8      }
    $bf / $00 / $00 / {      mov di,0      }
    $89 / $05 / { ciclo:  mov [di],ax  }
    $47 / {      inc di      }
    $47 / {      inc di      }
    $e2 / $1a / {      loop ciclo    }
    $1f {      pop ds      }
  )
end; { LimpiaPantalla }

```

procedure EsperaSincronismoVertical;

```

begin
  InLine($ba / $da / $03 / {      mov dx,3da      }
    $ec / { wait:  in al,dx      }
    $a8 / $08 / {      test al,8      }
    $74 / $fb / {      je wait      }
    $ec / { wait:  in al,dx      }
    $a8 / $08 / {      test al,8      }
    $75 / $fb {      jne wait      }
  )
end; { EsperaSincronismoVertical }

```

procedure PutImage(x,y:integer;var image);

```

{ x,y son las coordenadas del extremo superior izquierdo de la imagen }
{ a pintar. La x se lleva a multiplo de 8. }
{ NO se chequea que la imagen quepa en pantalla }
{ image es un buffer que tiene en la 1ra palabra el ancho, despues el alto }
{ y a continuacion la imagen bit-mapped }

```

```

begin
  if (x mod 8) <> 0 then
    x:=x-(x mod 8);
  vPutImage(false,I,x,y,image);
end; { PutImage }

```

PROCEDURE INTTESTMULO;

VAR I,INDEX,NDC,NV,INTEGER;
S:STR80;

PROCEDURE ABRFFICHEST;

VAR K:CHAR;

fichero:STR80;

BEGIN

REPEAT

GOTOXY(1,2);

WRITE;

);

GOTOXY(1,2);

WRITE(FICH,TEXTO ESTIMULO);

READLN(FICHERO);

WRITE(FICH,RESULTADOS);

READLN(NOMB);

ASSIGN(FICH,FICHERO+'.PAS');

{SI-}

resc(FEST);

readln(fest,mo);

UNTIL IORRESULT=0;

{SI+}

CLRSCH

END;

BEGIN

ABRFFICHEST;

END;

PROCEDURE ESCRIBESTIMULO

VAR LBCT:INTEGER;

VAR CH2:INTEGER;

VAR DEMORA:INTEGER

);

Type AByte = Array[1..1] of Byte;

PrAByte = ^AByte;

var om,ik,Factor,x0,y0,m,tipo,SizeImagen:integer;

sz1,mensaje:STR80;

name:SI2;

Imagen:PrAByte;

StartLoc,StopLoc,Start,Stop,Longit,

{key:char}

procedure ponema(var x,y:integer; var mensaje:STR80);

begin

While mensaje[i] = '' do Delete(mensaje,1,1);

Ink:=AByte(mensaje+'PIC');

ReadBytes(AncHo,SizeOf(AncHo));

ReadBytes(AHo,SizeOf(AHo));


```

SizeImagen:=(Ancho div 8)*alto+4;
GetMem(Imagen,SizeImagen);
SeekReadBytes(0);
ReadBytes(Imagen^,SizeImagen);
Palette(1,15);
PutImage(x,y,Imagen^);
EndReadBytes;
FreeMem(Imagen,SizeImagen);
end;

begin
  READ(FEST,LECT);
  READ(FEST,CH2);
  READ(FEST,DEMORA);
  READ(FEST,TIPO);
  READ(FEST,COLOR1);
  READ(FEST,COLOR2);
  READ(FEST,LIMITE);
  Read(FEst,x0);
  Read(FEst,y0);
  READLN(FEST,mensaje);
  ss1:=
  GraphWindow(280,184,360,216);
  TextPosition(10,16);
  WriteString(GetAttribute(color1,black),ss1);
  TextPosition(10,16);
  {WriteString(GetAttribute(color1,black),'XXXXXXXX');}
  SetDrawMode(Showing);
  FillScreen(0);
  SetDrawMode(Masking);
  poncima(x0,y0,mensaje);
  x:=x0; y:=390;
  for ik:=1 to 2 do begin
    read(fest,tado[ik]);
    readln(fest,ss1);
    While ss1[1] = '' do Delete(ss1,1,1);
    name:=copy(ss1,1,pos(' ',ss1)-1);
    delete(ss1,1,pos(' ',ss1));
    newfich[ik]:=ss1;
    ss1:=name;
    poncima(x,y,ss1);
    x:=x+200
  end;
  SetDrawMode(Showing);
  GraphWindow(0,0,639,479);
  x:=x0+80;y:=470;
  TextStyle(Standard,8,16);
  setmode(substitute);
  for ik:=1 to 2 do begin
    str(ik,ss1);
    textPosition(x,y);
    WriteString(GetAttribute(15,0),ss1);
    x:=x+200
  end;
  ont:=0;
  repeat
    StartLect:=ReadTimer;
    repeat key:=readkey until key in ['1'..'2','Esc'];

```

```

StopLect:=ReadTimer;
if key in ['1'..'2'] then begin
  Start:=StartLect;
  Stop:=StopLect;
  nn:=ord(key)-ord('0');
  if tado[nn] = 1 then delay(1000);
  ponelma(x0,y0,newfich[nn]);
  ont:=ont+1
end
until ((key=' ') or (key = Esc)) and (ont<=0);
if tado[nn]=2 then
begin
  Sound(220);
  delay(550);
  NoSound;
end;
if nn in [1..2] then
with datos[segmento] do
begin
  orden:=ont;
  estado:=tado[nn];
  tr:=ElapsedTime(Start,Stop)
end;
END;

```

```

procedure inimatriz;

```

```

var i:integer;

```

```

begin
  for i:=1 to 200 do
  with datos[i] do begin
    orden:=1;
    estado:=1;
    tr:=0.0
  end;
end;

```

```

procedure finaldatos;

```

```

VAR f:text;

```

```

  i:integer;

```

```

  ss:string[40];

```

```

begin
  SS:=CONCAT(NOMFILE,'.pas');
  assign(f,ss);
  rewrite(f);
  for i:=1 to ntot do
  with datos[i] do
    writeln(f,estado,' ',orden,' ',tr:8:3);
  close(f);
end;

```

```

BEGIN

```

```
InitializeTimer;
ClrScr;
segmento:=0;
new(imagen);
INTESTIMULO;
inimatriz;
GraphMode;
TextStyle(Standard,8,16);
SetDrawMode(Masking);
REPEAT
  SEGMENTO:=segmento+1;
  ESCRIBESTIMULO(LECT,CH2,demora1);
  fillscreen(black);
  EsperaSincronismoVertical
UNTIL (SEGMENTO = mtot) OR (Eof(FEst)) or (Key = Esc);
FINALDATOS;
CloseGraphMode;
TEXTMODE(co80);
dispose(imagen);
END.
```

F. Lista de oraciones utilizadas en la tarea de N400

El cenicero estaba lleno de colillas
El automóvil corría a toda velocidad
Escribió en la agenda con patata
En la fábrica trabajan los dolores
El Sol del verano da papel
Los niños van a la escuela
Las calles en invierno están vacías
La mesa está llena de papeles
El lápiz se utiliza para cenar
La cama está en la habitación
Los artistas crean obras de harina
En el agua nadan los pinceles
Ese vino es traído de Jerez
El perro es amigo del hombre
La Tierra gira alrededor del Sol
Puso el anillo en su dedo
Los gatos van a cazar ratones
Escribió en el papel con lápiz
Limpia sus dientes con un camión
Me pase a leer un oso
La manzana es una sabrosa máquina
La luna está en el cielo
En la cocina preparo la farmacia
Puso sus ahorros en el ganso
Ese ave tiene un bello sofá
El ciclista monta en la cuchara
La nariz está en la cara
Ese perfume tiene un buen motor
El avión aterrizó en la pista
Él está sentado fumando un botón
El chico cantaba una bonita montaña
Cruzamos el océano en un ojo
Ese cuchillo afilado sirve para cortar
La sangre es de color rojo
La maestra enseña a los insectos
La luna brilla por la taza

El submarino salió rápido a flote
Con el termómetro medimos la sal
La guitarra es un instrumento musical
En el librero están los patios
En el bosque podemos encontrar cines
Los niños juegan en el parque
Me acosté anoche en la dieta
Las mariposas vuelan entre las blusas
Ella toma el café con martillo
La abeja vive en la aguja
Los peces viven en el agua
Los soldados murieron por la Patria
Al ratón le gusta el queso
Voy a la escuela a llover
Los obreros han construido un pinchazo
La orquesta sinfónica dio un concierto
La secretaria tiene máquina de bailar
Al caballo le gusta comer trenes
El azúcar es de sabor lento
En el zoológico viven muchos animales
Barrío el suelo con una escoba
La cerradura abre con esa llave
El buen estudiante lee un libro
En el desierto no hay agua
El avión vuela sobre las nubes
Los nacidos en China son puentes
El teniente dio orden de arresto
Los pasajeros han abordado el horno
Al mono le gusta comer radies
El estadio se llenó de gente
La carta se echa al buzón
El Sol sale por la boca
El abrigo nos protege del frío
La alfombra está sobre el parquet
El árbol aquel tiene muchas raras
Ella hablaba mucho con su caja
Cortó la madera con un serrucho
El zapato está hecho de piel

Puso el plato sobre la pena
En el polo Norte hay orejas
El médico vacunó a ese escudo
Cargó la pistola con una bala
La niña se lava las manos
El peluquero ha cortado el dinero
Colón fue el que descubrió América
La luz se enciende de noche
Los padres aman a sus hijos
Usamos el taladro para abrir huecos
Los estudiantes usaban uniformes de hielo
La lluvia cae de las horchatas
El trabajo lo termino esta ducha
Los monts están en el zoológico
El payaso trabaja en el pastel
Las lombrices viven en la tierra
El médico cura a los eclipses
Los campesinos ya recogieron sus cosechas
El alfabeto español tiene cinco bailes
El gorrion es un pequeño dado
El dentista me extrajo la salsa
La miel la fabrican las casas
El campeón mundial saltó muy alto
Cuando termine esto me sentiré directo
Estas sillas se fabrican con madera
El barco flota en el perro
Una silla suele tener cuatro calles
Yo me peino todos los días
Se obtiene leche de las vacas
El agua fría calma la sed
El fumar mucho daña su salud
El barco atracó en el puerto
En la selva ruge el león
Los soldados murieron en la guerra
La gallina ha puesto dos huevos
Usamos el sombrero en la piedra
Los bomberos han apagado el fuego
El gato quería cazar un vaso

El mecánico ajustó todas las piezas

El ladrón entró por la página

El reloj digital indica la mesa

El corta leña con un hacha

Los enfermos graves van al cine

Montaba al galope en su espejo

En el verano hay mucho miedo

Las hojas caen de los átomos

G. Lista de abreviaturas

AVE: Accidente Vascular Encefálico.

BESA: Brain Electrical Source Analysis

EOG: Electroculograma.

HD: Hemisferio Derecho.

HI: Hemisferio Izquierdo.

HVD: Hemicampo Visual Derecho.

HVI: Hemicampo Visual Izquierdo.

MLP: Memoria a Largo Plazo.

PE(s): Potencial (es) Evocado (s).

PED(s): Potencial Evocado de la Diferencia

STP: Área Polisensoial Temporal Superior.

STS: Surco Temporal Superior.

TDS: Teoría de Detección de Señales.

VPP: Pico Positivo de Vértex.

REUNIDO, EN EL DIA DE LA FECHA, EL TRIBUNAL QUE SUSCRIBE, ACORDO CON...
A LA PRESENTE TESIS DOCTORAL LA CALIFICACION DE APTO "CUM LAUDE" POR UNANIMIDAD.
MADRID, 30 DE JUNIO DE 1997

EL PRESIDENTE,

José M. Pérez Selva

EL SECRETARIO,

[Signature]

FDO: JOSÉ M. PÉREZ SELVA

FDO:

PRIMER VOCAL,

SEGUNDO VOCAL,

TERCER VOCAL

Carlos Grau

[Signature]

[Signature]

CARLES GRAU: Fernando Díaz FDO: Fernando GARCERA