



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
División de Ciencias Biológicas  
Departamento de Ciencias Ambientales

**INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS**

## Influencia de la estimulación visual con contenido emocional sobre la memoria de trabajo

Tesis

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO  
(OPCIÓN NEUROCIENCIAS)**

presenta

**Marina Alvelais Alarcón**

Comité tutelar

**Dr. Andrés González Garrido (Director)**

Dra. Julieta Ramos Loyo

Dr. Emilio Gumá Díaz

Mtro. Daniel Zarabozo E. de R. (asesor)

Un agradecimiento especial a todos los que me acompañan en este viaje,  
principalmente a **mis padres** quienes desde el principio  
me pusieron a viajar.

Dr. Andrés González Garrido, gracias por proponer ***inagotablemente***  
nuevos y múltiples destinos.

Dr. Alberto Durazo Díaz ¿Quién nos lo iba a decir?

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo estudiar el efecto de la estimulación visual transiente con contenido emocional sobre la ejecución de una tarea doble de memoria de trabajo.

Se registraron los Potenciales Relacionados a Eventos (PREs) mientras 15 adultos varones, sanos y diestros ejecutaban una tarea dual visoverbal de memoria de trabajo. La tarea consistió en la presentación secuencial de palabras de dos sílabas (ej. BOTE ) seguida de una cadena de cuatro letras, las cuales podrían representar el inverso (ej. ETOB) o no (ej. ATOB) de la palabra presentada previamente. Los sujetos fueron entrenados para determinar, presionando una tecla específica, si la cadena de letras correspondía o no a la escritura inversa de la palabra y decir en voz alta la segunda sílaba de la misma palabra seguida de la primera sílaba en orden inverso (ej. TEOB). Se examinaron tres condiciones de 50 ensayos: 1) tarea base A; 2) tarea de reconocimiento emocional B, en la cual cada ensayo fue precedido de una cara con expresión de enojo, alegría o neutra; 3) tarea control en la cual cada ensayo fue precedido de una cara difuminada (ruido visual). Los resultados conductuales mostraron que los sujetos obtuvieron un menor número de respuestas correctas y un mayor tiempo de reacción cuando los estímulos eran precedidos de una cara. El registro de los PREs ante las palabras reflejan una mayor amplitud en la condición de reconocimiento emocional comparada con las condiciones control.

## **Abstract.**

Event-related brain potentials (ERPs) were recorded while fifteen healthy and right-handed male adults performed a visual retention-during-processing verbal dual task. Task consisted of the sequential presentation of two-syllable words (Ex. RUBY) followed by a string of four letters which could represent their inverse (Ex. YBUR) or not (Ex. YRUB). Subjects were trained to judge, by pressing a key, whether the final string corresponded or not to the inverse of the word, and to say aloud the second syllable followed by the inverse of the first one (Ex. BYUR). Three conditions were examined: 1) baseline task (A: 50 trials); 2) face recognition task (B), in which each trial was preceded by a face with anger (50), happy (50) or neutral (50) expressions that was presented during 35 ms, starting 250ms before the word onset; 3) stimulus-control task (C), in which trials were preceded by abstract scattered patterns (50). Regarding the results, it can be hypothesized that early automatic face processing, especially when it includes facial emotions, seem to involve neural networks which can contend with those necessary engaged to the performance of a highly working-memory demanding task.

## INDICE GENERAL

I.-Introducción.....	4
II.-Antecedentes.....	6
Cognición.....	6
Conceptualización de memoria de trabajo.....	8
Emoción.....	11
Reconocimiento facial.....	14
Técnicas electrofisiológicas.....	17
Cognición y emoción.....	21
Exploración funcional de los sustratos cerebrales de la memoria de trabajo y la emoción.....	22
Estudios Neuropsicológicos.....	26
Estudios Electrofisiológicos.....	28
Estudios Conductuales.....	29
III.-Planteamiento del Problema, Hipótesis y Objetivos.....	30
IV.-Método.....	32
V.-Resultados.....	39
VI.-Discusión.....	49
VII.-Referencias Bibliográficas.....	54
VIII.-Anexos.....	i

## **I.-INTRODUCCIÓN.**

Existe una antigua tradición filosófica que coloca a la emoción en oposición directa a la razón, una postura cuestionable luego de demostrarse que bajo ciertas circunstancias la emoción puede potenciar los caminos de la razón; beneficiando el juicio, la atención y la memoria. (Dolan, 2002).

La interacción entre la cognición y la emoción representa un campo de estudio atractivo para los investigadores ya que estos aspectos delimitan el funcionamiento de la mente. Esta relación entre emoción y cognición ha sido realmente cuestionada por las neurociencias proporcionando hallazgos en los cuáles se han localizado mediante estudios de neuroimagen, áreas específicas que son afectadas por dicha interacción. Tal es el caso de los estudios realizados por (Davidson et al., 2004) quienes localizaron patrones de lateralización hemisférica para distintos rasgos afectivos y cognitivos.

Existe evidencia de que los procesos emocionales interactúan indisolublemente en la vida diaria (Damasio; 1994). Las emociones parecen regular funciones cognitivas tales como atención, percepción, razonamiento y el análisis de la información (Campos, 1994), aunque los mecanismos de cómo lo hacen aún no está aclarado. De acuerdo con la literatura la memoria resulta ser una de las funciones en las que el componente emocional tiene mayor impacto.

Aun cuando la actividad neural asociada a las emociones ha sido extensamente estudiada, la influencia del afecto sobre las actividades cognitivas no ha sido claramente descrita (Perlstein et al; 2002).

Se sabe que la memoria de trabajo (MT) puede ser influenciada por estímulos emocionales ya sea positivamente, facilitando la retención, o negativamente interfiriéndola. Se ha demostrado que la expresión emocional al escribir se relaciona con una mejor ejecución de la memoria de trabajo, mientras que la

represión emocional la interfiere (Klein y Boals; 2001). Aparentemente la percepción de estímulos emocionales con contenido emocional positivo facilitan la ejecución cognitiva mientras que los estímulos con contenido negativo podrían interferirla.

La corteza dorsolateral prefrontal (DLPFC), en particular las áreas 46/9 de Broadmann, son activadas por un estímulo emocional sobre todo si es placentero y solo cuando la tarea requiere del procesamiento en memoria de trabajo. La Corteza Orbito Frontal (OFC) áreas 10/11 de Broadmann es activada cuando los requerimientos de Memoria de trabajo son bajos y se establece una relación inversamente proporcional con la activación en DLPFC la cual responde cuando se establece una alta demanda de memoria de trabajo.

En conjunto, los resultados de las investigaciones recientes sugieren que la emoción ejerce una influencia importante en las funciones cognitivas, sin embargo, existe un largo camino por recorrer para lograr el establecimiento de interconexiones fisiológicas afectivas y cognoscitivas que nos permitan una mejor comprensión del comportamiento y funcionamiento del cerebro humano.

La presente investigación corresponde al área de las neurociencias cognitivas y representa un intento por aportar nuevas pistas sobre la relación cognición-emoción.

Es de interés estudiar la memoria de trabajo (MT) y su interacción con estimulación visual con contenido emocional. Específicamente se hipotetiza que la MT, podría verse afectada si es precedida de un estímulo con contenido emocional. Se eligió como estímulo emocional precedente una cara, de la cual se conoce su relevancia informativa y su carácter generador natural de procesamiento automático. La ejecución de la memoria de trabajo es comparada en tres condiciones una condición basal donde se realiza una tarea doble de MT sin preestímulo, una condición emocional donde la misma tarea es precedida de

caras con tres tipos de expresión, alegría, enojo y neutra, y una condición control en donde la tarea es precedida de ruido visual.

En este sentido, el presente trabajo desea contribuir al esclarecimiento de cuestionamientos tales como ¿existe una relación entre el reconocimiento emocional facial y la disponibilidad de procesamiento en memoria de trabajo?

El soporte teórico de esta investigación considera como precedentes algunos hallazgos de los campos de la psicología cognitiva, la neuropsicología y electrofisiología, mismos que se exponen a continuación.



## II.-ANTECEDENTES

### ***Cognición***

Anteriormente, los teóricos cognitivos concebían a la atención, la memoria y el aprendizaje como un solo ente. Con el desarrollo de la psicología cognitiva se establecieron tendencias a conceptualizar la atención y la memoria como procesos distintos, dentro de la ruta secuencial de procesamiento de información.

Se ha planteado que la atención y la memoria interactúan y operan simultáneamente en la ejecución de varias tareas cognoscitivas independientes. Algunos aspectos de la memoria pueden analizarse sin considerar operaciones atentas tales como la fuerza con la que se establece una conexión asociativa; el tiempo en el que una huella de memoria se degrada, así como las características que distinguen un estímulo de larga duración y otro de corta duración.

En el estudio de la memoria aún hay preguntas por responder como por ejemplo; ¿cómo interactúan la atención automática y la sostenida en las operaciones en la memoria?

Con fines de ampliar la comprensión de la memoria, los investigadores han hecho varias clasificaciones de esta de acuerdo con su contenido, su evocación o duración. La más general, probablemente, es la debida Squire y Zola-Morgan; quienes dividen la memoria en declarativa y no declarativa.

La categoría declarativa corresponde a la memoria consciente para acontecimientos, la que tiene que ver con el recuerdo de textos, escenas, rostros, etc; el adjetivo “declarativa” significa que accede a la conciencia y que su contenido puede ser formalmente “declarado” o enunciado.

La categoría no declarativa corresponde a habilidades u operaciones aprendidas que no son necesariamente conscientes. (Gumá, 2001). Las estructuras como el

hipocampo y la amígdala, que desempeñan diferentes papeles en el aprendizaje emocional, parecen tener también funciones diferenciadas en cuanto a la potenciación emocional de la memoria (Aguado, 2002). Las investigaciones que se han realizado tanto en animales como en personas, coinciden en atribuir a la amígdala el papel principal en ese efecto modulador. Mientras que las lesiones amigdalares anulan el efecto de potenciación emocional de la memoria, las lesiones hipocampales no parecen tener tal efecto. De hecho, las personas con lesiones hipocampales manifiestan déficit en la memoria explícita (medida según el reconocimiento de distintos aspectos de un relato), pero muestran un reconocimiento conservado de los componentes emocionales de un relato. Una posible interpretación de estos resultados es que la amígdala potencia indirectamente la formación de la memoria declarativa emocional, que en sí misma es dependiente del hipocampo.

La activación emocional parece ejercer un doble papel “potenciador” de la memoria a través de la amígdala. Por una parte, “refuerza” los recuerdos implícitos emocionales formados en los propios circuitos amigdalares, y por otra, favorece a través de su influencia sobre el hipocampo, el registro explícito de esos mismos recuerdos.

### ***Conceptualización de la Memoria de Trabajo***

Uno de los conceptos más recientemente estudiados en el ámbito de la memoria es el de memoria de trabajo (MT), la cual se describe como la capacidad simultánea de mantener y procesar información, también descrita como el “pizarrón de la mente” (Just y Carpenter; 1992). La memoria a corto plazo y la memoria de trabajo no son sinónimos, sino que esta última es una variedad de la primera con características que la hacen independiente desde su concepto. Por ejemplo, cuando una serie de dígitos se repite inmediatamente en el mismo orden en que fue presentada se trata simplemente de memoria a corto plazo, cuando se repiten en orden inverso (al mismo tiempo es necesario recordar la secuencia original y modificarla mentalmente) se trata de memoria de trabajo. (Gumá, 2001).

Probablemente el origen del concepto MT podría ubicarse en la segunda mitad del siglo XX, cuando Broadbent en 1958 propuso un modelo doble de memoria a corto plazo. Esta propuesta planteaba que la memoria no tiene un componente único, sino que surge de la interacción de varios sistemas. Un decenio después, Atkinson y Shiffrin postularon su modelo de memoria tripartita sensorial a corto plazo, un almacén (buffer) con rápida caída del recuerdo, y un procesador independiente para llevar la información a almacenes más duraderos o permanentes. (Gumá, 2001).

Siguiendo estos argumentos, Baddeley y Hitch; 1974 postularon finalmente un constructo denominado memoria de trabajo, que comprendía la existencia de una instancia ejecutiva central que dirige la atención (basada en el Sistema Supervisor Atencional propuesto por Shallice; 1992 y los procesos controlados, almacenando la información en 2 subsistemas "esclavos", uno que presumiblemente almacena la información verbal y otro que almacena la información visoespacial. La distinción entre estos subsistemas "esclavos" fue a su vez subdividida en otros componentes, un mecanismo de almacenamiento pasivo y otro mecanismo de almacenamiento activo (Baddeley; 1996)

El modelo de MT ha demostrado tener una participación central en los procesos de aprendizaje, razonamiento y comprensión (Baddeley y Hitch; 1974). La crítica conceptual más seria sobre la MT la hizo Mandler en 1975 quien planteó que la memoria de trabajo no era memoria sino conciencia (o atención consciente), pues la información no había sido extraída de almacenes sino que estaba disponible, directamente accesible. Posteriores estudios demostraron que la información que accede a la MT puede ser nueva ("recién percibida") o antigua y procedente de la memoria a largo plazo, donde el procesamiento simultáneo puede presentarse sobre cualquiera de ellas. (Gumá, 2001).

Las características básicas de la operación de MT son su capacidad limitada y su decadencia o borrado espontáneo del trazo en pocas decenas de segundos, así como la interacción de ambas. Esto implica el llamado “fenómeno del recién llegado” (*recency*); un nuevo ítem de información más allá de la capacidad de la MT desplaza al ítem más antiguo, de modo que el mejor recordado es el recién llegado y el previo pasa al olvido.

MT tiene una capacidad limitada. Desde 1956, Miller acuñó el término “chunck” (trozo o pedazo) para designar a la unidad de retención temporal a muy corto plazo (segundos). La cantidad de información de un *chunck* puede variar ampliamente (un *chunck* quizás sea una letra o una palabra), pero la cantidad máxima de *chuncks* que la MT de cualquier humano en condiciones estándar puede retener es de  $7 \pm 2$ . Broadbent planteó que ese límite máximo es relativo pues corresponde a una probabilidad de acierto de 50% y que el límite máximo de *chuncks* recordados con total certeza (probabilidad de 100%) es de 3 a 4 en el adulto joven. (Gumá, 2001).

Se ha demostrado que la medición de la memoria de trabajo tiene alta correlación positiva con el rendimiento de tareas como la lectura y la comprensión del lenguaje y, en general, con todas las tareas de razonamiento tradicionalmente empleadas para medir inteligencia.

El sistema de Memoria de trabajo ejerce una función coordinadora de la información procedente de distintas fuentes cerebrales:

1. Cooperación para establecer la organización perceptual participando en la integración de las múltiples modalidades y aspectos de la información sensorial que integran la representación cerebral de cada objeto concreto.

2. Permite usar lo aprendido para solucionar la situación presente, pues en la recuperación de información de los almacenes de la memoria episódica, esa información accede a la MT que la mantiene en línea para la toma de decisión.

3. Concilia el planteamiento y utilización de "modelos" predictivos del futuro ofreciendo el espacio computacional donde las representaciones de eventos pasados son comparados y evaluados para formular planes, es decir, información de distinta antigüedad, información presente y planes futuros ocurren en el foco de la atención consciente cuando acceden a la MT (el pizarrón de la mente). Así en la MT se mantienen juntos por un lapso "intemporal" (el del pensamiento en curso), pasado, presente y futuro. (Gumá, 2001).

Estudios de neuroimagen (Jonides et al., 1993) describen que la corteza prefrontal está relacionada de manera diferencial con las operaciones de la MT. El componente del ejecutivo central de la MT parece modular funciones como atención selectiva, inhibición, monitoreo y planeación más allá de un simple almacenamiento pasivo (Baddeley 1996, Smith y Jonides 1999). La corteza prefrontal ventromedial áreas 45 y 47 de Broadman participa predominantemente en las tareas de sostenimiento de información ( D'Esposito et al., 1998)

### ***Emoción***

Considerando que el componente dirigido a una meta parece estar relacionado con la corteza prefrontal, cabría plantearse ¿de que manera influye la emoción este proceso? Para comprender mejor esta relación se hará una breve revisión conceptual sobre las teorías de la emoción y sus constructos.

La emoción es un proceso que se ha caracterizado mejor en los humanos, por ser esta especie quien parece contar con un mayor repertorio de matices y procesos más complejos asociados a la misma.

Las emociones son fenómenos psicológicos complejos que comprenden aspectos conductuales, fisiológicos y cognitivos. Los estados emocionales surgen normalmente como reacciones a estímulos externos, aunque es evidente que en nuestra especie los estímulos internos pueden igualmente generarlos como recuerdos o estados conscientes que resultan de la actividad cognoscitiva. (Aguado, 2000)

Las reacciones "emocionales" de los organismos ante los estímulos ambientales podrían clasificarse en tres tipos a) las dirigidas a obtener estímulos reforzantes, b) las orientadas a evitar estímulos lesivos que compondrían las reacciones de huida o evitación y, finalmente, c) las de antagonismo o de ataque que posiblemente surjan como expresión de la competencia por sustancias alimentarias o por pareja sexual. Esos tres tipos de respuesta se ven acompañadas por reacciones viscerales. (Aguado; 2000)

Las emociones se han vinculado con mayor frecuencia al género femenino, parece haber una diferencia en la manera en la que hombres y mujeres son sensibles a las emociones y en la manera en que las expresan. Esto parece estar relacionado con el circuito mesolímbico el cual parece intervenir en los estados emocionales asociados con el ciclo menstrual de las mujeres (Kimura y Hampson; 1994 citado por Sanz; 2000).

En la primera mitad del siglo XX se acumularon evidencias de diferentes tipos acerca de la participación de varias estructuras interconectadas del cerebro anterior o prosencéfalo que intervenían en el proceso de las emociones. Este conjunto de estructuras cerebrales es conocido como "sistema límbico", descrito por Paul Broca, en 1872. El sistema límbico, del latín *limbos* que significa borde, está encerrado en la profundidad del cerebro, formando un anillo alrededor del tallo cerebral. Está integrado por cuatro estructuras arqueadas en forma de C que se extiende desde la superficie medial del lóbulo frontal hasta el lóbulo temporal, estrechamente relacionadas con el sistema olfatorio, por lo que también dicho

sistema recibe el nombre de rinencéfalo. De acuerdo a esta descripción, el "sistema emocional" incluye las áreas paleocorticales, es decir, involucra las partes de la corteza cerebral más antiguas de la evolución y los núcleos subcorticales integrados en el denominado "circuito emocional", de Papez, que a su vez fue completado en la concepción del "sistema emocional cerebral" de MacLean (Alcaraz y Gumá; 2001).

Aunque estas estructuras del cerebro anterior desempeñan una función muy importante en las emociones, esto no significa que la emoción sea la única función del sistema límbico, pues a la fecha se sabe de la intervención de otras estructuras en el comportamiento emocional. Asimismo, el sistema límbico ha sido relacionado con otras funciones relevantes tales como conducta espacial, atención, memoria, lo que sugiere que la emoción está vinculada a la cognición.

La participación cortical en la discriminación de las emociones es algo que recibe cada vez mayor apoyo experimental y anatomoclínico; de acuerdo a esa perspectiva son sobre todo las regiones paralímbicas las que se encuentran asociadas a la emocionalidad, en particular la corteza orbitofrontal y las áreas temporales. La corteza prefrontal, la cual es filogenéticamente más reciente, ha cobrado importancia como un sistema ejecutivo central indispensable para realizar funciones cognitivas superiores, asimismo, vinculado al área emocional se sabe que es un sistema inductor de la conducta. (Alcaraz y Gumá; 2001)

Uno de los cuestionamientos respecto a la forma como se activan las emociones va en dirección de plantear si este proceso requiere de la conciencia y la motivación del sujeto.

La literatura sobre la influencia del estado de ánimo consciente sobre la ejecución conductual ha sido descrita en modelos con pacientes depresivos, fóbicos, así como en relación al grado de motivación intrínseca y extrínseca. Sin embargo, la activación no consciente de respuestas emocionales había tenido hasta hace poco

escasa credibilidad, debido en gran parte a la aceptación generalizada de que el aprendizaje de respuestas emocionales por condicionamiento requería necesariamente que el sujeto fuese consciente tanto de la presencia de los estímulos como de la relación de contingencia o dependencia existente entre ellos de acuerdo con la teoría del condicionamiento Pavloviano.

Sin embargo, la investigación neurocientífica provee múltiples ejemplos de tareas ejecutadas por debajo del umbral de conciencia (Schacter et al., 1993; He et al 1996, Berns et al., 1997; citados por Whalen et al., 1998). Se ha postulado que las respuestas iniciales ante un estímulo efectivo son automáticas y no requieren de alertamiento de conciencia.

Recientemente se han realizado numerosas investigaciones respecto a los factores básicos que provocan una reacción emocional, siendo la percepción de caras un estímulo potencial activador de emociones e incluso de estados de ánimo. (Adolphs et al., 1996). La percepción de una cara proporciona una riqueza de información que facilita la interacción y la adaptación social. Al observar una cara, uno puede acceder a información acerca de la identidad de otra persona, haciendo inferencias acerca del humor, nivel de interés e intenciones, lo que nos permite ofrecer una respuesta adaptativa y consecuente con lo que percibimos.

Se sabe que respuestas emocionales automáticas pueden ser inducidas por estímulos faciales con contenido emocional sugiriendo que este procesamiento es automático y no requiere de una activación cognitiva consciente (Blair et al., 1999, Dolan et al., 1996, Morris et al., 1996; Phillips et al., 1997; Vuillumier et al., 2001 citados por Winston et al., 2003) .

En 1998, Lang et al., citado por Pauli et al., 2004, postularon que las emociones se pueden medir en 2 dimensiones: la valencia emocional (de un polo positivo a uno negativo) y alertamiento (grado de incremento de la atención). Se considera que la



presentación taquitoscópica de fotografías con valencia emocional puede desencadenar respuestas en cualquiera de las 2 dimensiones.

De cualquier modo, a pesar de que reiteradamente se han usado caras para evaluar el reconocimiento emocional, no queda claro el impacto de dicho contenido emocional sobre el procesamiento de información configural de la propia cara u otra información presentada de manera simultánea.

### ***Reconocimiento facial***

La percepción facial es mediada por sistemas neurales. La organización de estos sistemas incluye una distinción entre la representación de rasgos básicos para el reconocimiento individual y la representación de aspectos cambiantes, tales como mirada, expresión y movimiento de los labios que subrayan la percepción de la información que facilita la comunicación social. (Adams y Kleck; 2003).

La percepción facial y de la expresión emocional parece trascender el efecto de variaciones físicas estructurales. De hecho, un estudio multicultural demostró que sujetos japoneses podían etiquetar adecuadamente las expresiones faciales aun cuando los rostros pertenecían a la raza caucásica, demostrando que el aspecto étnico de las caras parece no ser muy relevante para la evaluación de su expresión emocional (Narumoto; et al., 2000).

El sistema de análisis facial tiene una organización jerárquica. Se puede distinguir un sistema central que consta de regiones occipitotemporales en la corteza visual extraestriada mediando el análisis visual de las caras, así como un extenso sistema involucrado en otras funciones cognitivas que pueden actuar conectadas con el sistema central para reconocer el significado de la expresión de la cara. En el sistema para la percepción de caras, la amígdala juega un papel central en el procesamiento de la información socialmente relevante, particularmente cuando dicha información podría significar una amenaza.

Varios estudios del desarrollo cognitivo de la percepción de caras sugieren que los infantes prefieren mirar a las caras bastante más que a los objetos, iniciando esta tendencia tempranamente después del nacimiento (Morton y Jonson; 1991). La predilección de los infantes por imitar las expresiones faciales a una muy temprana edad sugiere que la percepción de la cara juega un rol central en el desarrollo de la interacción social y las habilidades de lenguaje.

Ontogenéticamente, se han planteado hipótesis que sugieren que durante el desarrollo del humano en la infancia, se adquiere la conexión entre las caras que expresan miedo y el conocimiento conceptual de lo que es el miedo (incluye las experiencias del miedo de los sujetos), proceso que requiere de al menos dos componentes neurales de acuerdo al modelo propuesto por Torras et al (2001):

- 1) una estructura que procese la información perceptual de la cara para identificar la emoción que denota.
- 2) estructuras en las que pueda "grabarse" el conocimiento conceptual de la emoción con posibilidad de "recuperarse" en el futuro.

Las posibles estructuras que cumplen con estas funciones son 1.- amígdala y 2.- las regiones neocorticales del hemisferio derecho. Algunos datos experimentales sugieren que, durante el desarrollo, la amígdala participa en el establecimiento de las redes que permiten el reconocimiento de las expresiones faciales de miedo, las cuales, posteriormente, pueden funcionar independientemente de la amígdala. En las regiones de la neocorteza mientras tanto, se desarrollan los sistemas por medio de los cuales los adultos recuperan el conocimiento sobre las expresiones faciales de la emoción.

Algunos estudios han tratado de explorar la relación entre los procesos emocionales y los involucrados en el reconocimiento facial en sujetos cerebro-lesionados, demostrando que en los procesos de reconocimiento de las expresiones faciales está implicada la corteza cerebral y que el reconocimiento de

la emoción implica la utilización de diversos subsistemas parcialmente distintos de las regiones corticales (Adolphs et al., 1996, Homak et al; 1996).

Se han desarrollado diferentes técnicas para estudiar la secuencia temporal de los procesos funcionales. Un ejemplo de ello son las técnicas de enmascaramiento, en las que un estímulo crítico se expone brevemente e inmediatamente es seguido por un estímulo "enmascarador", lo que permite que el individuo no sea consciente de la naturaleza del estímulo y han servido para demostrar que aún en ese caso, el estímulo determina las respuestas del individuo (Omhán et al; 1992).

Whalen, et al., (1998) utilizaron tareas de enmascaramiento para demostrar la activación de la amígdala en presencia de estímulos que no fueron percibidos conscientemente por los sujetos, presentando una cara (durante 33 ms) con expresión emocional de miedo o alegría (estímulo blanco) seguidas de un estímulo enmascarado cara neutra de 167 msc. Posteriormente los sujetos eran cuestionados sobre los rostros que habían visto y solo 2 de los sujetos percibieron el estímulo blanco (caras de temor o alegría), sin embargo, la actividad eléctrica de los 8 sujetos que no habían percibido los estímulos blanco reflejaron mayor activación de la amígdala ante los estímulos de temor que ante los de alegría.

Otras variables autonómicas han sido estudiadas como parte de la evaluación de los cambios en el estado emocional del sujeto y su relación con la estimulación experimental. Los cambios en el ritmo cardiaco, la respuesta electrodérmica (RED) basada en el incremento de sudoración de la piel, así como otros cambios orgánicos dependientes de la activación de las ramas simpáticas del sistema nervioso autónomo han sido empleados como índices de la activación fisiológica de origen emocional. (Cobra; 1985).

### ***Técnicas Electrofisiológicas***

El interés de los investigadores por conocer tanto la anatomía como la funcionalidad del cuerpo humano ha llevado a perfeccionar cada vez más las

técnicas de imagenología, desde los primeros rayos X hasta las últimas técnicas de Resonancia Magnética funcional, cada uno con sus ventajas y limitantes. Por ejemplo, los datos de imagen funcional pueden indicar cuáles regiones cerebrales participan en una función perceptual o cognitiva y cuál de estas participaciones están moduladas por otros procesos, tales como la atención o la memoria, pero los datos de imagen no pueden indicar cuáles de estas regiones cerebrales son críticas, en un momento determinado, para el exitoso desempeño de una operación perceptual o cognitiva.

Dadas las limitaciones de los medios de exploración imagenológica funcional y la alta resolución temporal de los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs), con frecuencia se han utilizado estos últimos para estudiar la activación funcional relacionada con eventos específicos en el dominio del tiempo. Comprendiendo la limitación de esta técnica en cuanto a su resolución espacial, se han desarrollado análisis laplacianos para determinación de fuentes distribuidas [Ej: LORETA (low-resolution electromagnetic tomography) o VARETA (variable resolution electromagnetic tomography)] que permiten la localización tridimensional de las zonas activadas por el evento estudiado en mapas cerebrales desarrollados al efecto, mejorando por consiguiente la solución del problema inverso.

Entre las evidencias electrofisiológicas relacionadas con las funciones cognitivas y el procesamiento emocional se encuentra el trabajo de Sidorova y Kostynia en 1993, quienes usando el electroencefalograma, describieron que cuando se reconocen expresiones emocionales se registra un foco de actividad en el área temporal izquierda de la corteza mientras que cuando la expresión no es reconocida este foco no se activa, pero se constata una activación bilateral de las áreas frontales.

El procesamiento emocional parece producir una activación específica de los lóbulos frontales. El modelo de Davidson (1993-2004) plantea una posible asimetría de procesamiento emocional, reflejado en altos niveles de actividad

frontal izquierda en el electroencefalograma, asociados con la expresión y la experiencia de emociones positivas, mientras que la actividad frontal derecha se ha asociado con la experiencia y expresión de emociones negativas (Cacciopo; 2004).

En un estudio realizado por Dolan en el 2002 con magnetoencefalograma (MEG), se reportan respuestas de discriminación emocional en la línea media de la corteza occipital, tan temprano como 100-120 ms después de haber presentado el estímulo. Respuestas de atención corta ante estímulos aversivos son registradas entre los 120 y los 160 ms en la corteza ventral prefrontal. Las evidencias electroencefalográficas apuntan hacia la presencia de respuestas rápidas ante estímulos emocionales procesados en un rango aproximado de 170 ms después de presentado el estímulo.

Estudios de PREs y neuroimagen (Henson y Rugg; 2003) sugieren que la percepción facial evoca actividad bilateral en la región lateral del giro fusiforme, esta actividad es más grande que la actividad evocada por la percepción de objetos. La localización de esta región esta avalada por numerosos estudios los cuales han nombrando a esta región área fusiforme de la cara. Se propone que esta región es un módulo que está especializado para la percepción facial aunque otras evidencias experimentales sugieren que no está restringida a esta función. El trabajo citado mostró regiones sensibles a las caras en la corteza extraestriada, así como activaciones focalizadas en el giro occipital lateral inferior y en el surco temporal postero superior.

En un estudio con MEG, Streit et al., en 1999; encontraron una activación de diferentes áreas temporales ante el reconocimiento de distintas emociones faciales. Allison et al; en 1994; registraron potenciales relacionados con eventos (estímulos de caras y no caras) encontrando una respuesta específica de potencial negativo con una latencia alrededor de 200 msg; en la región izquierda y derecha del giro fusiforme y en el giro temporal inferior. La estimulación eléctrica en esas áreas resultó en una incapacidad temporal para nombrar caras familiares.

En un estudio realizado por Bötzel et al; (1995), la estimulación con caras produjo un incremento de la negatividad de los electrodos temporales (T5, T6) alrededor de 160 msg después de la presentación del estímulo, reportado también por George et al; 1996; así como Eimer (1998; 2000); con resultados similares. Bentin et al; (1996) encontraron que las caras produjeron un potencial negativo con latencia de N170. El componente N170 no fue disparado por estímulos tales como carros, manos, muebles o por caras "difuminadas", por lo que el componente N170 se ha asociado típicamente con el procesamiento de caras.

Mientras los resultados de los PREs apoyan la idea de que el procesamiento de un estímulo facial está basado en mecanismos especializados bien localizados, aún no está claro el procedimiento mediante el cual se hace. En su modelo de influencia del reconocimiento facial, Bruce y Young; (1986) distinguieron unidades de reconocimiento facial, las cuales al ser acumuladas podían ser asociadas con una representación estructural, los nodos de identificación de la persona podían ser accedidos en la memoria semántica, resultando una identificación facial.

Bentet al., (1996) obtuvieron el componente específico N170 no únicamente en caras completas y alineadas sino también en caras invertidas y ojos aislados pero Eimer; en 1998 encontró y argumentó que N170 es probablemente un componente que refleja un proceso de codificación temprano estructural específico de caras, antes que estados de procesamiento involucrados en la identificación facial. Evidencia adicional para un enlace entre el N170 y una codificación estructural de caras proviene de un estudio realizado por Eimer y McCarthy (1999); quienes registraron los PREs para estímulos de caras y no caras a pacientes con severa prosopagnosia (vistos por Bentin et al; 1999, para un caso similar). Estos estudios refieren que los pacientes con prosopagnosia tenían afectados ambos niveles del sistema de reconocimiento. En contraste, su identificación de fragmentos de letras u objetos fotografiados en ángulos peculiares, objetos esquemáticos o carros fue encontrada dentro de rangos

normales. En estos pacientes el componente N170 estuvo completamente ausente, reflejando el hecho que este selectivo trastorno en el reconocimiento de caras es, al menos en parte, causado por un déficit en el procesamiento de codificación estructural. Si el componente 170 fuera preactivado antes del contacto de la representación estructural de caras con la memoria semántica, este componente no podría ser afectado por la familiaridad de la cara.

Varios estudios previos de PREs han empleado caras familiares como estímulo, pero estaban mayormente interesados en los efectos inmediatos de estímulos repetitivos que en el procesamiento del reconocimiento facial per se (Barrett et al., 1998; Barreto y Rugg; 1989; Bentin y MaCarthy; 1994; Begleiter et al., 1995).

En un estudio realizado para investigar la correlación entre los PREs y el reconocimiento de caras (Bentin y Deouell; 2000) se reportó una mayor negatividad para caras familiares, en comparación a las caras no familiares, en el rango de tiempo del componente N400. En este estudio no fueron encontrados efectos de familiaridad sobre el componente N170, por lo que los autores concluyeron que este componente refleja estados perceptuales de análisis estructural que no parecen estar influenciados por los procesos de identificación facial.

### ***Cognición y Emoción***

Reconociendo la "superposición del circuito cerebral que sustenta la cognición y emoción", Davidson, en el 2000; argumenta que si se intenta comprender cada uno de estos procesos se tienen que estudiar los 2 y sus interacciones. Varios investigadores tratan la emoción y la cognición como 2 procesos relacionados pero separados (Gray; 2001) sin embargo cabe el preguntarse si esto será así, o bien la cognición y la emoción son procesos superpuestos.

Recientemente se ha planteado el concepto de "memoria de trabajo afectiva" lo cual representa un acercamiento a la integración cognición-emoción. Este sistema

de memoria recientemente conceptualizado (Davidson e Irwin; 1999) en teoría es el responsable de mantener una emoción en ausencia del estímulo que lo originó, pero este constructo aún no ha sido definido del todo desde el punto de vista operacional.

Se ha mencionado que la valencia emocional de un estímulo afecta de manera diferencial a los procesos cognitivos. Al parecer la percepción de estímulos emocionales al ejecutar una tarea cognitiva parece restar recursos atentos necesarios para facilitar un procesamiento cognitivo mayor, tal como el sostenimiento en memoria, atención selectiva, memoria de trabajo y funciones ejecutivas (Wagner; 1994; Wagner, Quillian y Moustien; 1996).

La ejecución cognitiva puede verse modulada por una gran variedad de interacciones de naturaleza emocional (Dolan; 1994; Ekman y Davidson; 1994). Dichas interacciones pueden categorizarse en relación a la topografía de los sistemas neurales que los modulan ya sea anterior, posterior, hemisferio derecho o izquierdo. Empíricamente, se ha descrito que las emociones placenteras de valencia positiva tienden a facilitar la ejecución en tareas que dependen de la corteza prefrontal izquierda, mientras que las emociones displacenteras de valencia negativa tienden a facilitar la ejecución en tareas que dependen de la corteza prefrontal derecha, (Gray, 1999; Söllner y Nitschke; 1998).

A pesar de que estudios preliminares sustentan la hipótesis de que la percepción de estímulos agradables facilitan la operación en memoria de trabajo, no se sabe hasta el momento de qué manera la emoción pudiera incorporarse al modelo clásico de Baddeley aunque se reconoce su influencia. ¿Cabría hipotetizar una competencia entre los recursos destinados al estímulo emocional vs los destinados a la ejecución cognitiva? ¿el sistema seleccionaría en orden jerárquico aquellos estímulos relevantes a la tarea vs aquellos que carecen de relevancia?



## ***Exploración funcional de los sustratos cerebrales de la Memoria de Trabajo y la Emoción***

Perlstein et al; en el 2002; estudiaron el procesamiento de relaciones afectivas durante una tarea de memoria de trabajo y encontraron que la corteza prefrontal es crítica para la motivación, la emoción y para el funcionamiento cognitivo superior. Sus principales funciones se han separado en emotivas y cognitivas. Las funciones motivacionales y emocionales han sido atribuidas a la región medial orbitofrontal; y las cognitivas superiores a la filogenéticamente más reciente región dorsolateral. Estos autores plantean que la región de corteza órbito frontal (OFC) interviene en aspectos relacionados con la conducta social y de reacción emocional.

La corteza visual es otra de las áreas que participa en el análisis de un estímulo visual emocional. Se ha reportado que la corteza visual se activa ante los estímulos de reconocimiento de género y de caras y parece que esta activación es resultado de la percepción del estímulo visual y no específicamente vinculada al impacto de alguna emoción, es decir, al realizar una tarea de reconocimiento facial hay una demanda atencional que implica la participación de estructuras de corteza de asociación visual (Narumoto, et al., 2000).

La percepción de la cara involucra la participación de regiones múltiples y bilaterales en la corteza ventral extraestriada. Esas regiones visuales constituyen lo que se llama el sistema central para la percepción de la cara y parecen participar en la diferenciación en la percepción de la identidad de la cara, los movimientos de la cara y su expresión. El modelo de influencia cognitiva de percepción de la cara desarrollado por Bruce y Young (1986), enfatiza una distinción entre los procesos involucrados en el reconocimiento de la identidad y el reconocimiento de la expresión y el habla relacionado con los movimientos de la boca. La organización anatómica de las regiones de respuesta a la cara en la corteza visual extra estriada provee un sustrato que incluye esa distinción cognitiva.

Estudios imagenológicos muestran que las cortezas DLPFC y OFC están inversamente relacionadas con respecto a la valencia emocional de un estímulo visual durante una tarea de Memoria de Trabajo. Perlestein et al; (2002).

Lo anterior parece sugerir que ante la ejecución de un paradigma en el que se involucren un estímulo emocional visual y una tarea de memoria de trabajo deberá esperarse activaciones en las áreas de corteza dorsolateral prefrontal (DLPFC) áreas 46/9 de Broadmann, corteza órbita frontal (OFC) áreas 10/11 de Broadmann, así como estructuras paralímbicas como el hipotálamo y el cíngulo anterior.

Debido a la ampliamente estudiada participación de la amígdala como facilitadora de los procesos emoción-memoria, también se esperan activaciones en esta área, La amígdala es un área localizada en el lóbulo temporal medial, como se ha mencionado se sabe que procesa estímulos emocionales (Aggleton; 1992). Sin embargo, se ha descrito que la corteza prefrontal derecha está relacionada con la evaluación consciente de la emoción, suprimiendo activaciones amigdalares que participan solo en el reconocimiento facial inconsciente. De acuerdo a esos hallazgos podríamos suponer que si el estímulo visual que se presenta es percibido conscientemente por el sujeto, las activaciones en la corteza prefrontal derecha suprimirían las activaciones amigdalares, por lo que solo se esperaría que se activaran si el estímulo es inconscientemente percibido por el sujeto.

La literatura en torno a la participación de la amígdala en los procesos emocionales tiene dos teorías principales, la que plantea que la amígdala parece estar especializada en la detección rápida de estímulos emocionales relevantes en el ambiente y que esto puede ocurrir sin atención e incluso sin alertamiento de conciencia (Omán; 2002); y la contraparte que considera que el procesamiento emocional no es automático y requiere de un grado de atención, para ellos el hecho de que no se registre alertamiento en la conciencia ante un estímulo

subliminal no significa que no se activen mecanismos atentos (Pessoa et al; 2004). Consideran que la razón por la cual en estudios previos no se observa un proceso activo de atención es debido a que en dichos estudios la atención compite con otro proceso que suprime los recursos atentos.

La controversia parece centrarse en la participación de los mecanismos atentos activos. De acuerdo con el modelo competitivo de la atención, Grossberg; (1980) intenta explicar con este modelo que la competencia de vías para la representación neural de un estímulo, puede ocurrir de dos maneras principalmente:

1. de abajo hacia arriba mediante mecanismos de conducción sensorial.
2. de arriba hacia abajo, mediante retroalimentación de lo atendido.

Se ha demostrado que la respuesta neural ante un solo estímulo en corteza extra extraída V4 se reduce cuando aparece un segundo estímulo en el campo receptivo aunque este no sea relevante, lo que sugiere que 2 estímulos interactúan compitiendo de manera supresiva, por lo que la atención dirigida especialmente, es un mecanismo de modulación de las interacciones que compiten.

Siguiendo este razonamiento la atención sería un filtro activo útil para resaltar los estímulos relevantes a expensas de los irrelevantes, esto implica que solo los estímulos que logren dominar en la competencia son los que van a filtrarse e impactar sistemas de memoria.

Un hecho interesante es el que ocurre con estímulos visuales con contenido emocional los cuales se supone que son procesados automáticamente, (de abajo hacia arriba) sin un proceso activo de atención.

Cahill, et al; 1995 y Adolphs et al; 1997; citados por Torras; 2001; estudiaron la memoria a largo plazo de pacientes con la enfermedad de Urbach-Wiethe mediante un experimento en el que constataron que no presentaban la facilitación de la memoria del material con contenido emocional que se observa en los sujetos control. Por otro lado, no se detectaron diferencias en cuanto al recuerdo del material considerado emocionalmente neutro. En los últimos años han aparecido gran cantidad de experimentos que intentan determinar si la amígdala puede considerarse un sistema modulador de la memoria. Para ello, esta estructura debería cumplir una serie de requisitos, que podríamos resumir en tres:

1. La activación de la amígdala tendría que facilitar y deteriorar la memoria, siendo estos efectos dependientes de tiempo.
2. La amígdala no tendría que ser necesaria para el aprendizaje y la memoria, pero sí para que se manifestasen los efectos moduladores sobre la memoria de diferentes sustancias.
3. La amígdala modularía el almacenamiento de la memoria en otras zonas del encéfalo, diferenciándose de otros sistemas que participan en la adquisición y retención de tareas relacionadas con un tipo específico de memoria.

Se ha reportado que la estimulación eléctrica post-entrenamiento de la amígdala es capaz de modular la retención de diferentes tareas y que la administración de diferentes sustancias y hormonas, incluso sustancias como la adrenalina, que administrada periféricamente no cruza la barrera hematoencefálica, son capaces de modular la memoria y que esta modulación puede deberse, al menos en parte, a la activación de la amígdala.

### ***Estudios Neuropsicológicos***

Perlstein et al; 2002; reportaron que la corteza prefrontal dorsolateral es sensible a la predicción de recompensas y a la expectativa de estímulos atractivos o aversivos, mientras que la OFC se relaciona con desórdenes afectivos de tristeza y miedo.

Se sabe que DLPFC está altamente involucrada en un nivel de cognición superior, en particular con la memoria de trabajo (MT) así como en la retención de corto plazo y el uso de información para guiar el comportamiento y la atención selectiva. DLPFC está escasamente relacionada con las clásicas regiones límbicas pero está muy interconectada con estructuras paralímbicas como el hipotálamo y el cíngulo anterior.

La inducción de un estado emocional mediante estímulos visuales activa regiones de la corteza occipital y la amígdala, mientras que la evocación e imaginación activa el cíngulo anterior y la ínsula. Tareas emocionales con demandas cognitivas también activan el cíngulo anterior y la ínsula. Estas conclusiones sugieren que diferentes regiones del cerebro procesan información específica relacionada con la emoción. La biología de la emoción explica que es la amígdala principalmente quien facilita esta conexión emoción-memoria.

La percepción de caras familiares despierta menos actividad en la amígdala que la percepción de caras no familiares y esta disminución de la actividad es mayor cuando miramos caras de personas familiares, tales como las de la familia y amigos, que cuando vemos caras familiares de personajes famosos.

Esta reducción de la actividad amigdalar podría estar asociada con los sentimientos de más relajación y menor protección cuando uno está cerca de un conocido comparado a cuando uno se encuentra entre extraños.

Otro sistema neural que participa en la percepción facial es la corteza orbitofrontal. Esta región parece evaluar asociaciones con potenciales recompensas. Se ha sugerido que la corteza orbitofrontal juega un papel en la evaluación de la información de las caras que son importantes para el refuerzo social, incluyendo la expresión e identidad.

### ***Estudios electrofisiológicos***

En la literatura se pueden encontrar numerosos estudios de PRE's con paradigmas de tipo cognitivo, los menos con indicadores de procesamiento emocional, que proveen valiosa información respecto a la actividad cortical evocada por estímulos emocionales (Pauli; et al; 1997). Al respecto, dos componentes positivos resultan de especial interés: la P300 (un componente positivo que se presenta aproximadamente a los 300 ms posteriores a la presentación del estímulo el cual parece estar relacionado con un procesamiento atento y con el procesamiento de un estímulo novedoso o significativo (Donchin, 1987; Rockstroth et al., 1989) y la PSW400 presente 400 ms después de la presentación del estímulo y más allá, que se ha planteado covaría con el procesamiento cognitivo controlado y con procesos de evaluación y almacenamiento en memoria. En un paradigma cognitivo-afectivo (Nauman et al., 1992; Johnson et al., 1997; Keil et al., 2002; citados por Amhreinc et al., 2002) se encontró que la P300 y la PSW400 parecían estar moduladas por la presentación de estímulos con contenido emocional (fotografías IAPS), específicamente aumentada su magnitud de voltaje ante la presentación de estímulos visuales placenteros y displacenteros en comparación con estímulos neutros.

El aumento de la magnitud de los componentes tardíos positivos en los PRE's entre los 400 y los 600 ms desencadenados por los estímulos emocionales parece estar asociado a la dimensión de alertamiento ante estos estímulos y presumiblemente reflejan el procesamiento de atención sostenida de los estímulos emocionales cuando estos son relevantes a la tarea que se está realizando. (Cuthbert et al; 2000).

Otros autores (Diedrich et al., 1997; citado por Amhreinc et al., 2002) han observado una positividad aumentada en una latencia tan temprana como 200-300 ms solo ante estímulos placenteros del IAPS y no ante neutros o aversivos. Este efecto parece estar relacionado directamente con la valencia emocional de las

fotos (IAPS) en paradigmas en los que el estímulo emocional es relevante para la tarea.

Los efectos de los potenciales tempranos probablemente reflejan una facilitación de la codificación sensorial ante los estímulos afectivos lo que implica un procesamiento temprano de atención selectiva mientras que los efectos tardíos parecen estar relacionados con etapas superiores de procesamiento cognitivo (Amhrein et al., 2002).

Se ha encontrado que el tiempo de observación de estímulos visuales con valencia emocional no altera los efectos de estos sobre los PRE's, ni sobre el alertamiento producido ya que este es un procesamiento temprano, parece ser que más que el tiempo de exposición, es la relevancia del estímulo para el sujeto o para los requerimientos de la tarea lo que determina su influencia.

### ***Estudios conductuales***

Varios estudios conductuales han demostrado que los sujetos responden rápido e involuntariamente ante los estímulos emocionales tales como reconocimiento de caras con expresiones de temor o de ira (Wells y Matthews; 1994; citado por Pessoa et al., 2004). En algunos estudios (Lane y Nadel; 2000) se reporta que la amígdala se activa no solo al ver caras atemorizantes, sino que también se activa aún cuando el estímulo está enmascarado o los sujetos aparentan no alertarse con su aparición (Morisse et al; 1998). Se ha demostrado que los estímulos aversivos son más efectivos como interferencia en tareas de procesamiento cognitivo que la interferencia causada por estímulos agradables o neutros (Hartikainen et al; 2000).

Resumiendo, contraria a la postura preevalente, Pessoa et al; 2004 encontraron que la amígdala responde diferencialmente ante las caras con contenido emocional cuando dispone de suficientes recursos atencionales; en cambio, cuando los recursos atencivos estaban ocupados, las respuestas ante las caras

por parte de la amígdala fueron eliminadas. También encontraron la participación de otras áreas cerebrales en el reconocimiento emocional de caras, tales como el surco superior temporal, corteza orbitofrontal, giro fusiforme y corteza alrededor y entre la fisura calcarina, las cuales mostraron una dependencia de recursos atentos.

En base a los hallazgos descritos, el presente estudio se propone registrar la actividad electrofisiológica al realizar una tarea doble que requiere memoria de trabajo y determinar si influye o no un estímulo afectivo inducido por la presentación de caras, lo cual se espera que se refleje tanto en la ejecución conductual de la tarea como en la morfología, magnitud o latencia de los potenciales relacionados con eventos registrados simultáneamente.

### **III.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A pesar de que se conoce la existencia de una marcada interacción entre la estimulación con contenido emocional y el procesamiento en la memoria, aún permanece sin esclarecerse el sentido temporal de esta interacción.

La memoria de trabajo, debido a su limitada capacidad, sensibilidad a la "carga" de almacenamiento y dependencia de la disponibilidad de recursos atentos, podría ser particularmente afectada por la potencial competencia que significaría la interacción de estímulos cuyo procesamiento es automático. Esto es, la exposición por un tiempo breve a una cara con determinada expresión emocional, por ejemplo, expondría al organismo a la necesidad de procesar simultáneamente aquellos determinantes relacionados con el reconocimiento configural de los rasgos que caracterizarían a una cara, así como a los determinantes perceptuales que tipificarían la expresión emocional contenida en el mismo rostro. Suponiendo que gracias a un peculiar ordenamiento temporal de procesamiento, estos estímulos no compitiesen entre sí, se podría esperar al menos, que acapararían la suficiente "cantidad" de recursos neurales como para determinar cierto grado de



interferencia con el procesamiento paralelo de otra información en memoria de trabajo.

Aunque la alternativa natural a esta predicción sería que la activación de redes neurales especializadas podría mejorar el rendimiento en una tarea cognitiva que requiriera de estos recursos preactivados, esto parece más remoto, dada la limitación operacional de MT. De cualquier modo, estas interrogantes persisten en la literatura actual y alientan nuestro interés por estudiar la relación de potenciación o interferencia entre la memoria de trabajo y el procesamiento automático de estímulos simultáneos como es el caso de las caras o de la expresión emocional facial.

Resumiendo estas interrogantes ¿existe alguna relación entre el reconocimiento facial y la disponibilidad de procesamiento en memoria de trabajo?, de existir la misma ¿la disponibilidad sería cualitativamente diferente si se añade alguna expresión emocional a la cara?

## **HIPÓTESIS**

.-Desde el punto de vista conductual, la estimulación transiente con caras disminuirá la cantidad de respuestas correctas, incrementará el tiempo de reacción o tendrá ambos efectos sobre la ejecución de una tarea doble de MT. Electrofisiológicamente, se producirá una disminución en la amplitud, incremento en la latencia o ambos efectos, en la condición de procesamiento precedida de una cara.

.-Se registrarán diferencias significativas en el número de respuestas correctas, el tiempo de reacción o ambos, así como en la amplitud, latencia de los componentes endógenos o ambos, entre una condición con estimulación de valencia emocional significativa (caras de enojo o alegría) versus la condición de estimulación con caras neutras.

、

## **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el efecto de la estimulación visual transiente con contenido emocional sobre la ejecución de una tarea doble de memoria de trabajo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

.- Contrastar las respuestas conductuales y electrofisiológicas durante la ejecución de la tarea viso-verbal, entre las condiciones que involucran la presentación transiente de caras versus las condiciones de control (estímulo luminoso inespecífico y ausencia de estimulación pre-tarea).

.- Contrastar las respuestas conductuales y electrofisiológicas durante la ejecución de la tarea viso-verbal, entre las condiciones de presentación de caras con valencia emocional positiva o negativa versus las de expresión neutra.

## **IV.-METODO**

**Sujetos:** 15 sujetos del sexo masculino promedio de edad 28.5 años D.E (3.91). con escolaridad mínima de bachillerato participaron en el experimento.

### **Criterios de Inclusión:**

1. Participación voluntaria.
2. Ausencia de limitaciones sensoriales (no corregidas) o motoras detectadas por cuestionario "ad-hoc".
3. Manualidad derecha.
4. Ausencia de diagnóstico previo o tratamiento por alguna enfermedad neurológica, psiquiátrica o neuroquirúrgica.

### **Criterios de Exclusión:**

1. Tratamiento médico por cualquier causa, que provocara interacción funcional con el SNC y cuya administración alcance un periodo menor a 10 días antes de la fecha de evaluación conductual o registro electrofisiológico.

### **Estímulos:**

1.- Se usaron como estímulos pre-tarea imágenes digitalizadas de las expresiones faciales descritas por Ekman y Frisen (1975), de ellas 10 expresiones fueron de enojo (5 x sexo), 10 de alegría (5 x sexo) y 10 neutras (5 por sexo). Se confeccionaron listas de estimulación que incluían los archivos de las caras de modo semialeatorizado (nunca se repite una expresión antes de 8 exposiciones previas) hasta alcanzar 150 estímulos en total. Se utilizaron 50 representaciones de enojo, 50 de alegría y 50 neutras (balanceadas por sexo). Todas las caras fueron presentadas en blanco y negro, sobre fondo negro durante 50ms, en forma aleatoria en dos bloques de 8 minutos (75) y (75) con un periodo intermedio de 5 minutos para descanso del sujeto.

2.- Se realizó una tarea de control en la que se utilizaron 150 estímulos pre-tarea consistentes en estímulos luminosos resultantes de la aleatorización de los pixeles componentes de cada una de las caras utilizadas.

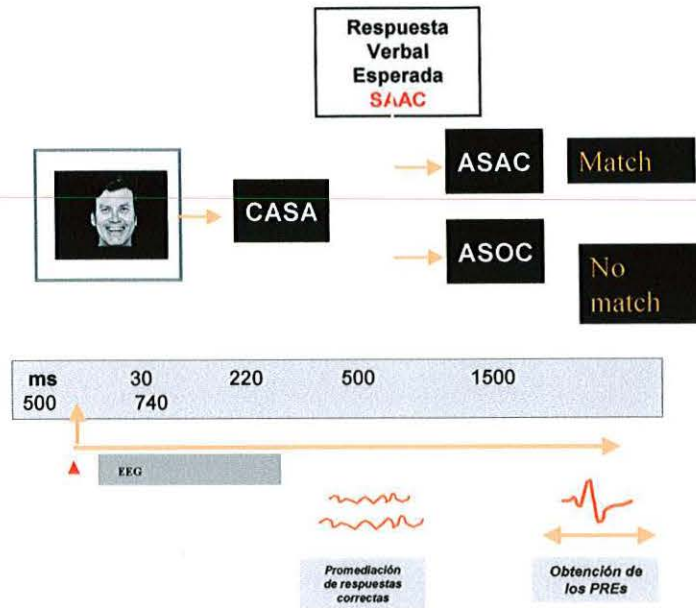
3.- Los estímulos empleados para realizar la tarea fueron 150 palabras de 2 sílabas, de uso frecuente medio a alto (Dicc. Col. Mex. 1996) **ver Anexo 1** escritas en mayúsculas de color blanco sobre fondo negro con el sujeto a 60 cm de la pantalla (disponiendo un ángulo visual de 0.80°).

### **Procedimiento**

#### ***Tarea Experimental:***

Los participantes estuvieron sentados confortablemente en una sala iluminada. Los estímulos visuales fueron presentados en un monitor SVGA (rango de actualización, 100 Hz), situado a 60 cm de la vista de los sujetos. Las palabras fueron escritas en letras mayúsculas blancas sobre un fondo negro. Todas las imágenes fueron igualmente luminosas y presentadas en un ángulo visual de 120 horizontal y 160 vertical. Las imágenes control fueron construidas mediante la aleatorización de los pixeles componentes de cada una de las caras utilizadas substituyendo el orden en la lista de presentación. Se usaron ciento cincuenta

palabras de uso frecuente como estímulos. El orden de los bloques de presentación fue contrabalanceado.



En los bloques B y C cada ensayo fue precedido de una imagen (cara o imagen difuminada) que aparecía 250 ms antes de la presentación de la palabra. En el bloque B, el orden de presentación de las caras con contenido emocional fue aleatorizado.

Se hizo énfasis en que los ensayos podrían o no estar precedidos de imágenes irrelevantes para la realización de la tarea por lo que no tenían que atenderlas.

Se requirió que los sujetos observaran pasivamente los estímulos mientras eran registrados los PREs. La naturaleza de los estímulos precedentes en la tarea B no fueron revelados a los sujetos para evitar generar expectativa.

### Condición B): Emociones y MT

Se facilitaron las instrucciones (ver Anexo 2) las cuales son las mismas para todos los sujetos. En esta condición se presentaron los estímulos emocionales

cuya aparición siempre antecedió en 250 ms a la presentación de los estímulos verbales.

Cada ensayo constó de tres fases

Fase 1: Presentación del estímulo visual con posible contenido emocional del cual no se alertó al sujeto ni se le pidió que realizara algún procesamiento particular con él (duración 30 ms)

Fase 2: 250 ms después de haberse presentado la cara, se presentó una palabra bisilábica durante 500 ms. Los sujetos fueron instruidos para verbalizar los sonidos formados por la última sílaba de la palabra presentada y el inverso de la primera sílaba de la misma Ej: CASA \_ SAAC; PESO \_ SOEP.

Fase 3: 1500 ms después de la presentación de la palabra inicial, aparecía en el monitor una cadena de caracteres que contenía las mismas letras que la primera palabra presentada en el ensayo. El sujeto tuvo que evaluar con el ratón de la computadora (dedos índice y medio) si la cadena de caracteres correspondía o no al orden inverso de la palabra original (Ej: CASA --- ASAC -> sí).

### **Condición A) MT**

Se facilitaron las instrucciones. En esta condición no se presentaron los estímulos con posible contenido emocional. Se inició directamente cada ensayo con la presentación de los estímulos verbales (fase 2).

Cada ensayo constó de dos fases:

Fase 1: Presentación de la palabra bisilábica (500) Al igual que para la condición B, los sujetos fueron instruidos para verbalizar los sonidos formados por la última sílaba de la palabra presentada y el inverso de la primera sílaba de la misma Ej: CASA \_ SAAC; PESO \_ SOEP. Esta respuesta fue considerada para el análisis del registro conductual.

Fase 2: Después de la transformación del estímulo verbal, aparecía en el monitor otra palabra que contiene las mismas letras que la palabra original del ensayo. El sujeto tiene que evaluar con el ratón de la computadora (dedos índice y medio) si estas letras corresponden o no, al orden inverso de la palabra original (imagen en espejo. Esta respuesta fue considerada para el análisis del registro electrofisiológico.

### **Condición C) Ruido Visual**

En esta condición se presentaron estímulos visuales luminosos en el instante en que en la condición B) se presentaban las caras.

Cada ensayo constaba de tres fases

Fase 1: Presentación del estímulo visual luminoso que el sujeto no tiene que atender.

Fase 2: Presentación de la palabra bisilábica (ver condición A).

Fase 3: Evaluación de si se presenta o no la imagen invertida de la palabra inicial (ver condición A).

### **Registro electrofisiológico:**

Se realizó el registro digital (durante la realización simultánea de la tarea experimental) en todas las derivaciones monopares del Sistema Internacional 10/20 modificado (1991), con referencia en orejas cortocircuitadas y uso de electrodos Au en un sistema MEDICID-04E. Filtros: el 0.05 y 50Hz. Puntos de caída: 6 dB por octava. Conversión A/D: 16 bits. Periodo de muestreo (PM): 4ms. Inclusión de 2 sitios de recogida monopolar dispuestos peri ocularmente.

### **Procedimiento para la obtención de los Potenciales Relacionados a Eventos (PREs).**

La fase de Registro electrofisiológico constó de una sesión que iniciaba con un registro basal (3 min.) con ojos cerrados y ojos abiertos (3 min.) antes de iniciar la condición experimental.

En cada tarea se registró, digitalizó y almacenó el EEG, así como los tiempos de reacción. Previo rechazo de artefactos por inspección visual del trazado, se promediaron por separado las ventanas de tiempo correspondientes (30 por categoría).

Se consideró como ensayo correcto aquél en el que tanto la respuesta verbal inicial como la evaluación de si el segundo estímulo correspondía o no a la imagen inversa del primero eran correctos.

Para la obtención de los PREs de cada sujeto en cada condición de la tarea, se promediaron sólo aquellas ventanas de tiempo que correspondían a ensayos correctos. Posteriormente se obtuvieron los promedios grupales en cada condición: alegría, enojo y neutra (incluyendo corrección de la línea de base considerando los 100ms anteriores a la presentación del estímulo blanco\_ palabra).

Se obtuvieron dos grupos de potenciales diferencia en cada individuo mediante una sustracción aritmética de los PREs de la condición de *alegría* menos *neutra* y *enojo* menos *neutra*, para finalmente obtener los PREs diferencia promedio grupales en cada una de las tareas experimentales.

Se incluyeron en el análisis aquellos registros electrofisiológicos con CCR (coeficiente de correlación entre los hemipromedios pares e impares) mayor de 0.5, SDR (cociente de desviación típica) menor a 1 y RNL (residual noise level\_ nivel de ruido residual) menor de 2.

#### **Identificación de los PREs:**

Se identificaron los máximos picos positivos en Fz, Cz y Pz para el rango de latencia entre 200 y 700 ms en los grandes promedios grupales. Se consideró como componente negativo tardío, aquel definible en vértex y posterior en latencia al máximo pico positivo anterior. Con la latencia de los componentes significativos

(en el gran promedio grupal), se identificaron (rango de: t50 ms) los picos individuales respectivos.

### **Análisis de Datos:**

Las respuestas correctas e incorrectas y los tiempos de reacción, se marcaron de manera automática (por software) en el EEG.

En este trabajo, se consideraron tres contextos para el análisis (*alegría, enojo, neutra*), todas equirepresentadas (33.33% del total de estímulos). Los PREs individuales resultaron del promedio de 30 segmentos libres de artefactos por cada condición.

Los resultados conductuales se presentan con estadígrafos descriptivos y para su análisis se utilizó una prueba estadística paramétrica (ANOVA de medidas repetidas).

Los PREs promedio se describen cualitativamente y para el análisis estadístico se consideraron los PREsD grupales entre tareas (PREs condición emocional - PREs condición neutra) en las ventanas de análisis más representativas.

Para el análisis de los PREsD grupales, se realiza un análisis de la Varianza de Bloques Aleatorizados Completos (Kirk, 1995) con tres factores (Condiciones x Ventana x Derivaciones):

Factor A : condiciones (5).

Factor B : ventanas (5).

Factor B: derivaciones (7).

Con el objeto de fortalecer la potencia de las dójimas estadísticas se realizó la determinación por inspección ocular, de aquellas derivaciones en las que los cambios de voltaje resultaron más evidentes. Estas derivaciones fueron Fz, Cz, Pz, T5, T6, O1 y O2, mismas que se incluyeron en el análisis estadístico final. Se consideró un nivel de significación de  $\alpha < 0.05$ .



### **Consideraciones Éticas:**

Se solicitó el consentimiento por escrito de los sujetos participantes previa explicación de los objetivos y metodología del estudio. El estudio no implicó riesgo alguno para la integridad física o emocional de los sujetos por tratarse de técnicas no invasivas de registro. No se detectó ningún trastorno clínico, que ameritara ser remitido al médico. Cada individuo se integró de manera voluntaria a la muestra con consentimiento escrito y siendo informados por escrito y en entrevista individual de los resultados obtenidos en la exploración neurológica, psicológica y neurofisiológica.

### **V.-RESULTADOS**

#### *Resultados conductuales.*

<b>CONDICION</b>	<b>RESPUESTAS CORRECTAS</b>	<b>TIEMPOS DE REACCION</b>
<b>BASAL (A)</b>	45.33 ± 4.90	<b>894.76 ± 156.93</b>
<b>ALEGRIA (B1)</b>	42.33 ± 5.75	928.44 ± 164.03
<b>ENOJO (B2)</b>	44.47 ± 4.22	924.38 ± 177.42
<b>NEUTRA (B3)</b>	45.33 ± 3.96	<b>930.59 ± 175.75</b>
<b>RUIDO VISUAL (C)</b>	45.13 ± 4.90	912.38 ± 178.93

Desde el punto de vista conductual de acuerdo al análisis estadístico, no se observan diferencias significativas en las respuestas correctas en las condiciones A (Basal), B (Emocional) y C (Ruido Visual)  $F(2,14)= 1.302$ ,  $p=(.286)$ , siendo sus medias muy similares. (Ver figura 1).

### Respuestas Correctas en las Condiciones

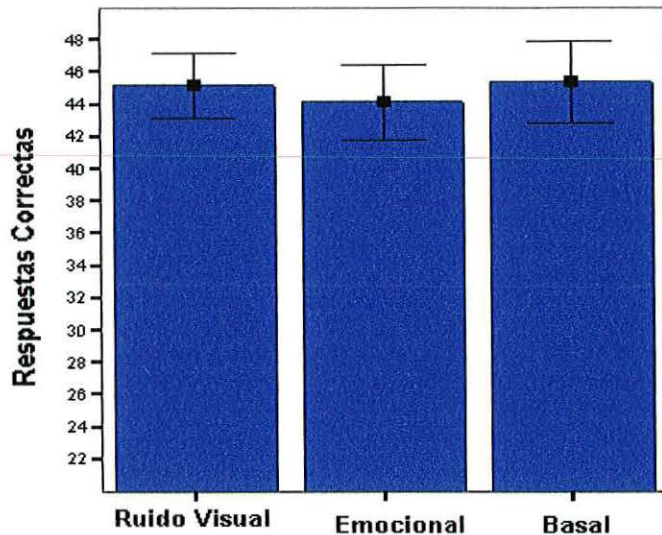
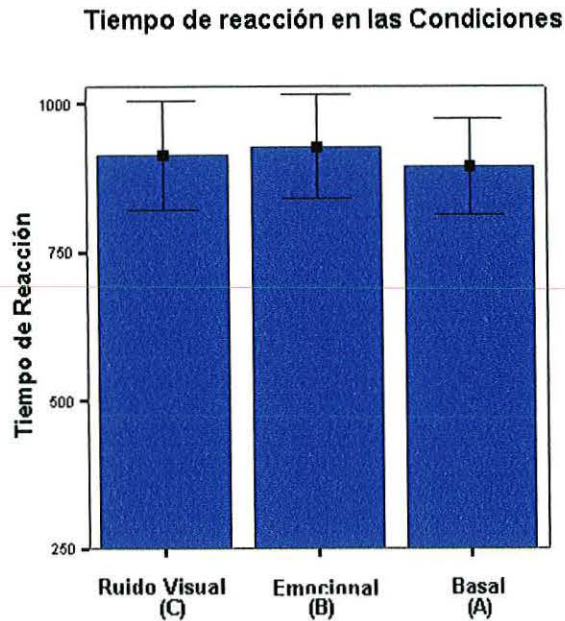


Figura 1. No se observan diferencias significativas en las respuestas correctas en las condiciones A (Basal), B (Emocional) y C (Ruido Visual)  $F(2,14)= 1.302, p=(.286)$ ,

Se observó un incremento sucesivo en el tiempo de reacción entre las condiciones A, C y B,  $F(2,14)= .162, p=(.828)$  así como entre los niveles de la condición B (caras de enojo y alegría respecto a la presentación de las caras neutras)  $F(4,14)=.183, p=(.828)$  que no alcanzó en ninguno de los 2 casos nivel de significación estadística. (Ver figura 2 y figura 4 )



**Figura 2. Tiempo de Reacción en las Condiciones. Se observa un incremento sucesivo en el tiempo de reacción entre las condiciones A, C y B que no alcanza significación estadística,  $F(2,14)= .162, p=(.828)$ .**

Con respecto al análisis de la condición B, en el que se incluyen los 3 niveles (alegría, enojo y neutro) no se obtuvieron diferencias significativas ni con respecto al número de respuestas correctas  $F(4,14)= 1.302, p=(.285)$  ni a los tiempos de reacción.  $F(4,14)=.183, p=(.830)$  Al realizar las comparaciones por pares, mediante el ajuste de Bonferroni, se constató una diferencia significativa en el número de respuestas correctas obtenidas entre la condición alegría comparada con la condición neutra. (Ver grafica 3 y gráfica 4).

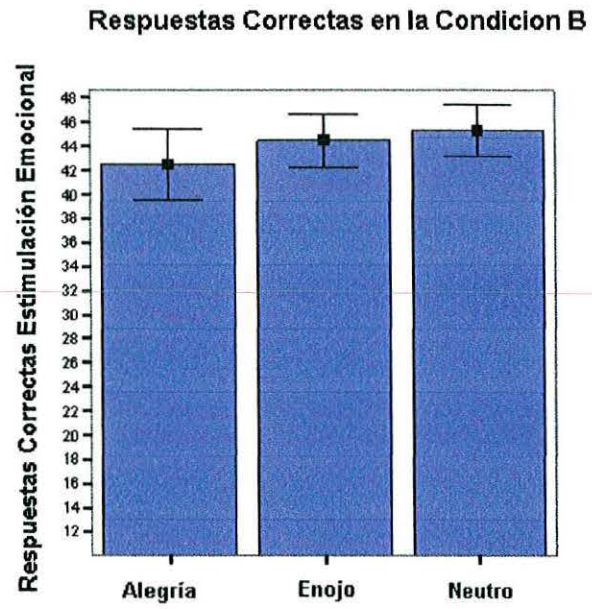


Figura 3: Análisis de respuestas correctas en condición B. No se obtuvieron diferencias significativas con respecto al número de respuestas correctas  $F(4,14)= 1.302, p=(.285)$ .

### Tiempo de Reacción en la Condición B

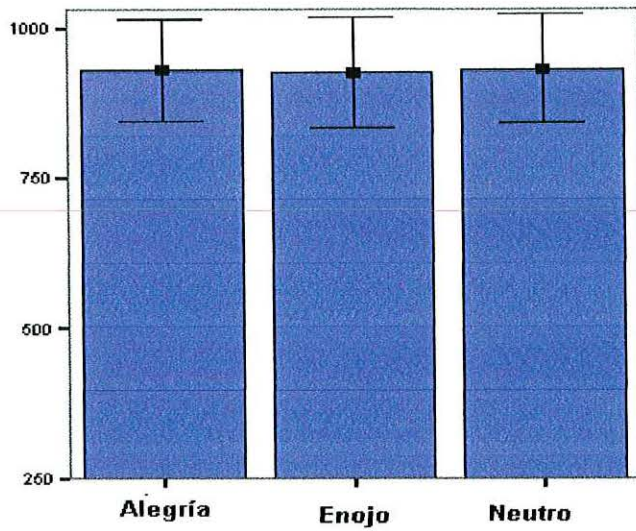


Figura 4: Análisis de Tiempo de Reacción en condición B (milisegundos). No se obtuvieron diferencias significativas respecto a los tiempos de reacción en la condición B.  $F(4,14)=.183$ ,  $p=(.830)$ .

*Resultados electrofisiológicos.*

P

Los PREs promedio para la condición de procesamiento basal mostraron una morfología típica compuesta por una sucesión de componentes positivo-negativo (P-N) con aparente mayor magnitud de voltaje sobre vértex, y máximos picos a los 160, 335 milisegundos respectivamente con regreso posterior y lento al nivel basal de voltaje sobre los 555 ms.

Las condiciones restantes (B y C) mostraron morfología similar en Cz, en particular la correspondiente a la presentación previa de ruido visual, con una positividad lenta en ambos casos que alcanzó su máximo sobre los 555 ms. En estas condiciones se observó una marcada reducción en la amplitud de la negatividad señalada respecto a la condición basal, así como la presencia de componentes previos a los anteriormente descritos, que podrían definirse en Cz como sigue:

Condición B: secuencia de componentes que inicia con una positividad de máximo pico a los 90 milisegundos previos a la presentación de la palabra (es decir, 160 ms posteriores a la presentación de la cara), seguido de una negatividad que alcanza su máximo en el instante en que se presenta la palabra (instante 0 en la tarea dual de MT). Debe señalarse que el primer componente positivo en Cz coincide con una negatividad lateralizada a la derecha con distribución principal en región temporal posterior y occipital de ese lado y máximo sobre los 165 milisegundos posteriores a la presentación de la cara, constituyendo un componente que solo es observable en esta condición. Además, se observa una pronunciada positividad temprana con máximo 130 milisegundos posteriores a la presentación de la palabra (380 ms posteriores a la presentación de la cara), exclusivamente presente en cualquiera de los niveles de esta condición.

Condición C: la secuencia de componentes inicia con una ligera negatividad que alcanza un máximo en Cz a los 0 milisegundos de la tarea MT.

Figura  
mor  
apar  
milis  
los 5

### Promedios de los PREs en las 3 condiciones

- Condición basal (A)
- Cara neutra (Bc)
- Ruído visual (C)

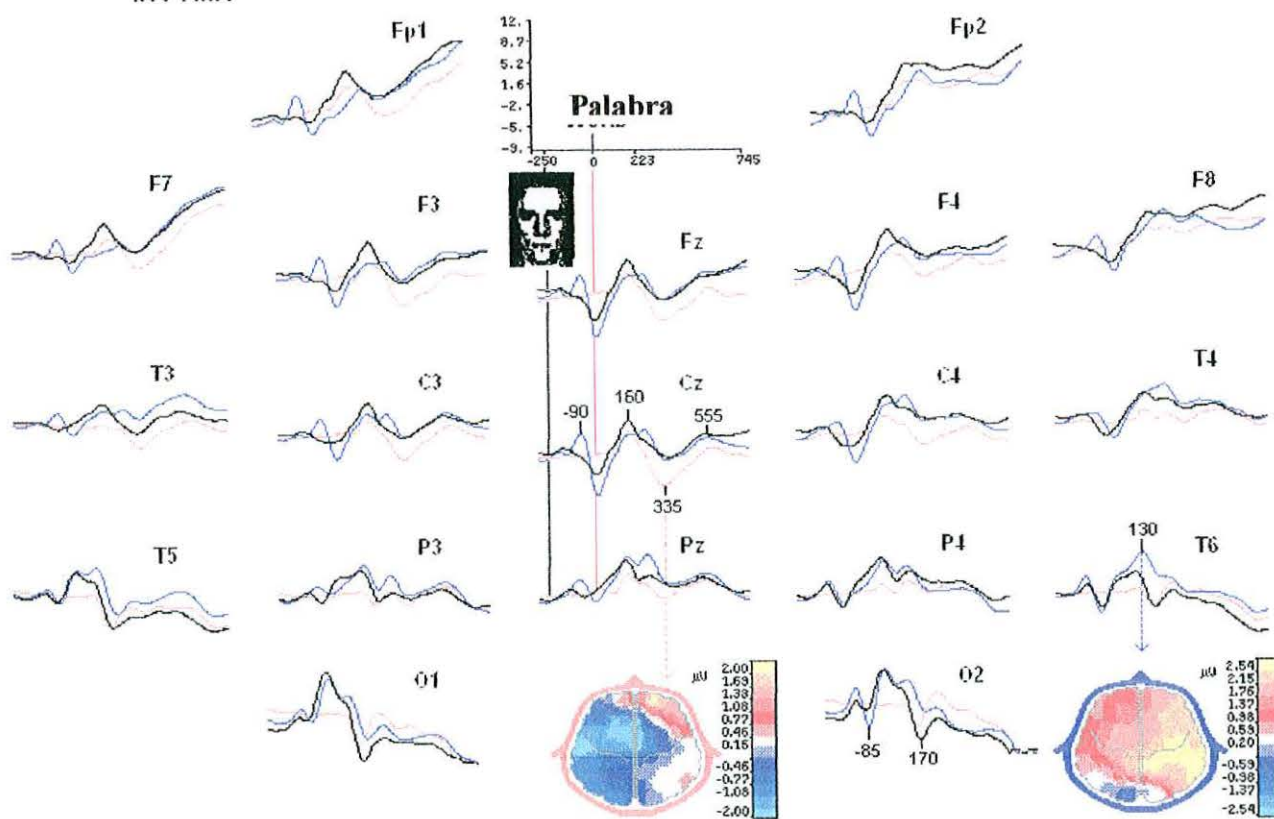


Figura 5: Los PREs promedio para la condición de procesamiento basal mostraron una morfología típica compuesta por una sucesión de componentes positivo-negativo (P-N) con aparente mayor magnitud de voltaje sobre vértex, y máximos picos a los 160, 335 milisegundos respectivamente con regreso posterior y lento al nivel basal de voltaje sobre los 555 ms.

La comparación de los PREs entre los diferentes niveles de la condición (B) en la cual la tarea iba precedida por la presentación de una cara, mostró la ausencia de diferencias significativas entre las 3 expresiones emocionales de la cara (neutra, alegre y de enojo), restringidas a un ligero incremento en la positividad frontopolar derecha para el caso de las caras alegres (no significativa desde el punto de vista estadístico).  $F(4,14)= 1.152$ ;  $p=(.342)$ .

### Promedios de los PREs en la Condición de Estimulación Emocional (B)

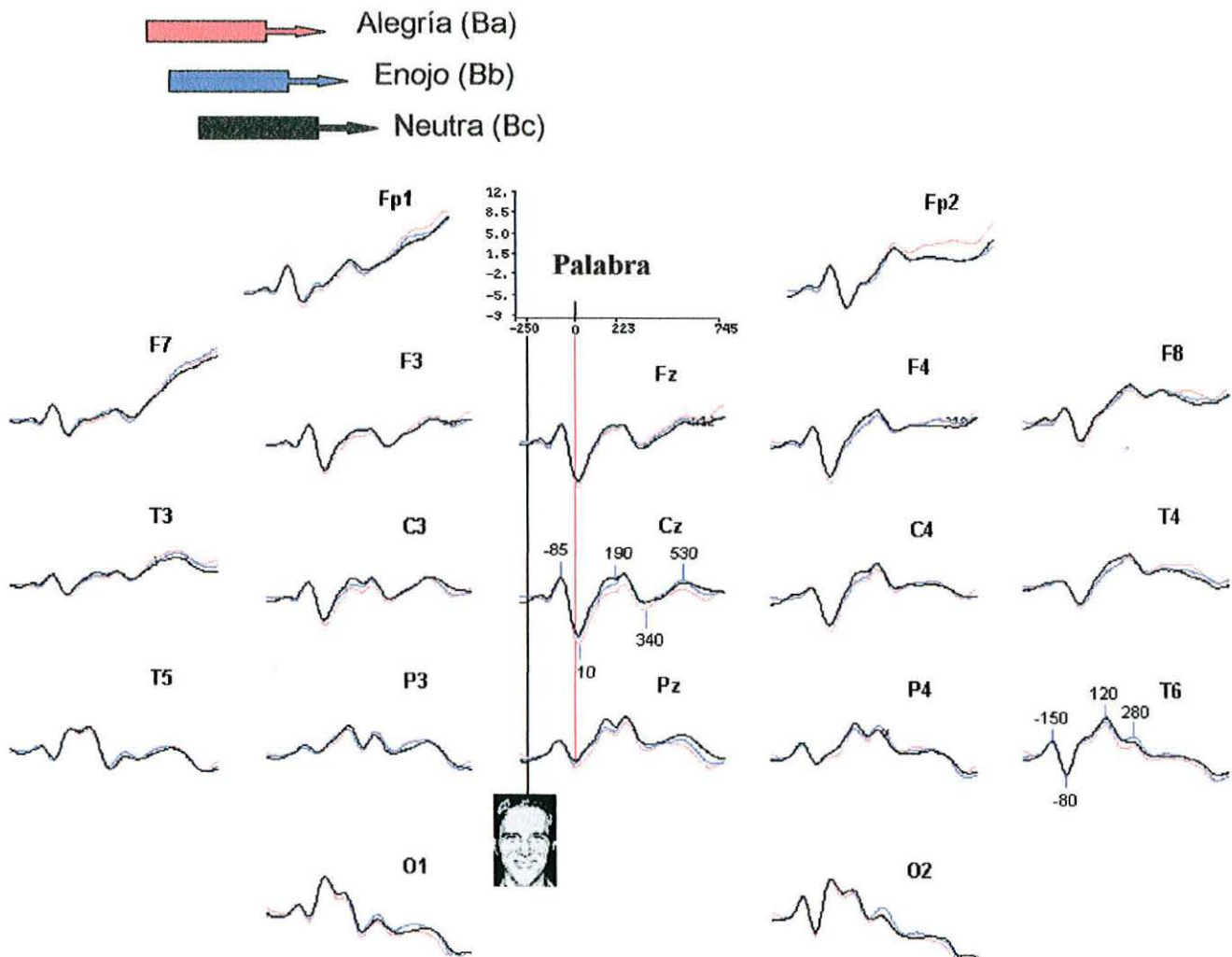


Figura 6 Las diferencias entre las 3 expresiones emocionales de la cara (neutra, alegre y de enojo), se limitan a un ligero incremento en la positividad frontopolar derecha para el caso de las caras alegres (no significativa desde el punto de vista estadístico).  $F(4,14)= 1.152$ ;  $p=(.342)$ .



Para el análisis estadístico se consideraron 5 ventanas de tiempo donde según el análisis visual, ocurrieron los cambios más evidentes de los PREs: V1(-140 a -40), V2(-40 a 60), V3(110-210), V4(285-385) y V5(505-605).

Para el análisis estadístico se empleó una prueba paramétrica ANDEVA Modelo lineal para medidas repetidas de 3 factores. Factor 1= Condiciones (5) Basal, Alegría, Enojo, Neutra y Control X Factor 2= Ventanas (5) V1, V2, V3, V4 y V5 x Factor3= Derivaciones (7) FZ, CZ, PZ, O1, O2, T5 y T6.

De manera general no se observaron diferencias significativas en las condiciones,  $F(4,14)= 1.152$ ;  $p=.342$ , pero si en las ventanas y  $F(4,14)= 3.286$   $p=(.044)$  y en las derivaciones  $F(6,14)=5.002$ ,  $p=(.001)$ .

Se obtuvieron diferencias significativas entre las interacciones ventana por derivación  $F(24,14)= 22.847$ ,  $p=(.001)$ . No se observaron diferencias significativas entre las interacciones condición por ventana, ( $F(16,15)=.754$   $p=(.597)$ ); ni entre condición por derivación  $F(24,15)= 1.598$   $p=(.161)$ .


Se obtuvieron diferencias significativas entre las interacciones condición por ventana por derivación  $F(96,14)= 5.104$ ,  $p=(.001)$ .


De acuerdo al ajuste de Bonferroni, en el análisis de comparaciones posteriores se observó que las diferencias entre las condiciones neutra vs basal y neutra vs ruido visual resultaron significativas.

Las diferencias entre ventanas no arrojan datos significativos.

Las diferencias entre derivaciones describen diferencias significativas entre T5 y Cz, así como entre T6 y Cz.

## Diferencias de los PREs en condición A y C

 Caras difuminadas menos tarea de referencia (C-A)

 Caras Neutras menos tarea de referencia (Bc-A)

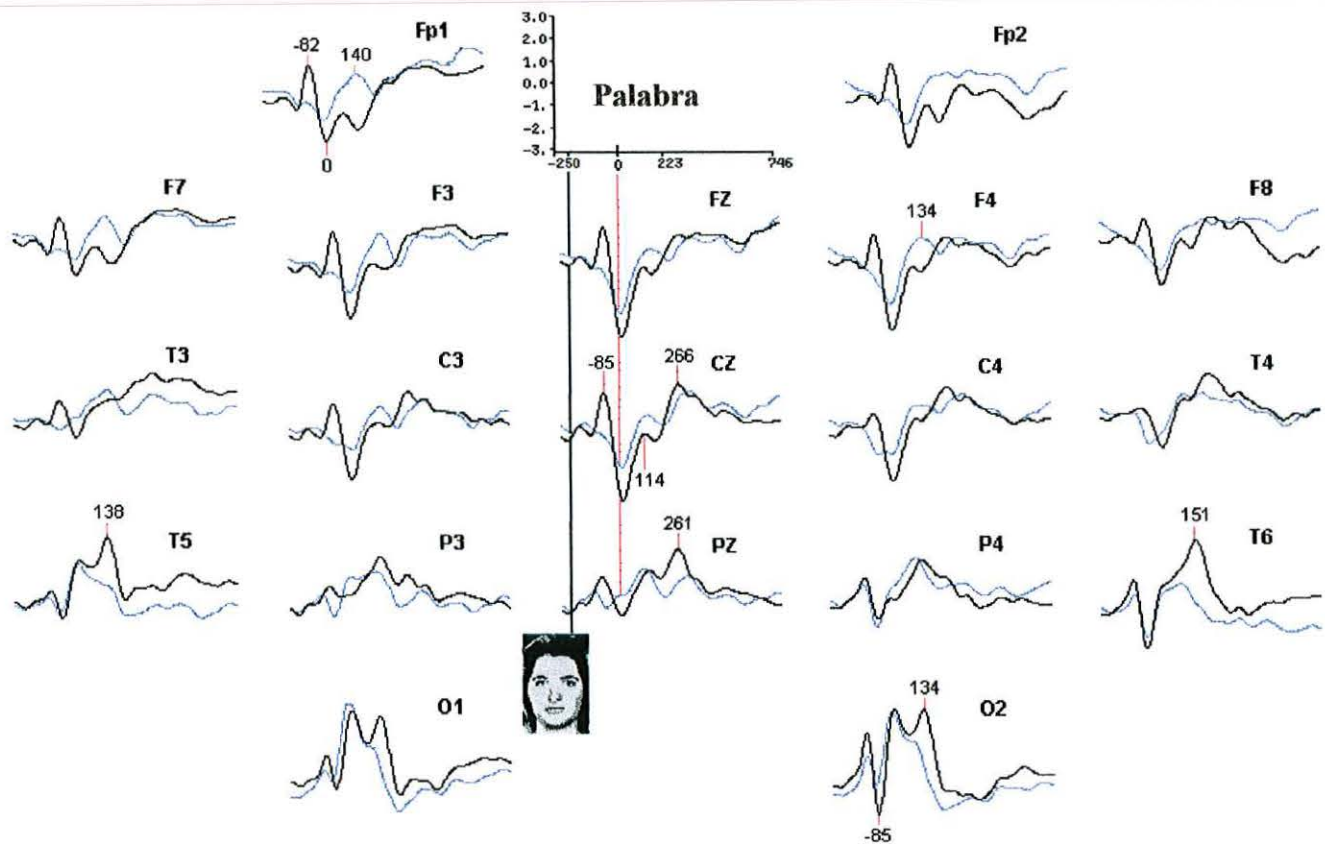


Figura 7 se observan las diferencias en condición ruido visual y condición cara neutra, destacando el procesamiento de los preestímulos.

## **VI.-DISCUSIÓN**

La presente investigación representa un intento por aportar nuevas pistas sobre la relación cognición-emoción. Una de las estrategias más comúnmente usada para medir esta interacción es la de presentar una tarea con alta demanda cognitiva (ya sea de atención o memoria) y probar los efectos de diferentes estímulos con valencia emocional sobre la ejecución conductual. En el presente estudio se seleccionó una tarea de Memoria de Trabajo (MT) por su naturaleza compleja y capacidad limitada, particularmente en el caso de una tarea dual, con el objeto de evaluar la ejecución del sujeto mientras se le presentaban de manera casi simultánea, estímulos a los cuales no debía atender, pero que dada su naturaleza podíamos esperar que fueran automáticamente evaluados, como lo fue el caso de las caras.

### ***Resultados conductuales.***

Los resultados conductuales del presente experimento parecen sugerir que el reconocimiento de estímulos visuales presentados de manera transiente (cuando son caras), empobrece la ejecución conductual en una tarea dual altamente demandante de memoria de trabajo. Esto se infiere a partir de observarse una disminución en el número de respuestas correctas y un incremento en el tiempo de reacción en la condición de estimulación con caras comparada con las condiciones de ruido visual y memoria de trabajo sin estimulación. Esto resulta interesante ya que aún cuando el estímulo que precede a la tarea debía ser irrelevante para un sujeto enfocado en realizar la compleja tarea de MT, la presentación de un estímulo facial, aunque transiente, parece competir por los recursos atentos disponibles, produciendo una interferencia más allá del esperado incremento del alertamiento basal.

El reconocimiento visual facial se ha considerado como un proceso automático que involucra principalmente el giro fusiforme medio (Kanwisher et al., 1997) y la

corteza occipital inferior (Gauthier et al., 2000), con una clara predominancia hemisférica derecha (Rossion et al., 2000; Sergent et al., 1992). Sin embargo, el papel funcional de estas áreas parece no estar restringido al procesamiento de las caras. El reconocimiento de los rostros está basado tanto en el análisis de la configuración (relaciones entre los rasgos faciales) como en sus características. Sin embargo, parece que el análisis configural resulta más importante para reconocer una cara que el procesamiento analítico de la misma o el basado en sus características (Itier y Taylor; 2004). En consecuencia, cuando se observa una cara durante un periodo breve de tiempo, podría esperarse que la estrategia de procesamiento configural se vea favorecida de forma adicional.

Aunque nuestros resultados no demostraron un efecto estadísticamente significativo del contenido emocional de las caras sobre la ejecución de la tarea de MT, se observó una ligera tendencia a la interferencia, caracterizada por la ocurrencia de mayores tiempos de reacción en los ensayos precedidos por caras con contenido emocional. Las teorías más recientes sobre el procesamiento de las emociones señalan que los estímulos con contenido emocional (especialmente los asociados a miedo) son procesados en primera instancia por una vía automática que involucra un mecanismo neural que ocurre fuera de nuestra conciencia (LeDoux; 1998). De hecho, los modelos duales inicialmente propuestos por Tranel et al; (1995) y Bauer; (1984) aceptan la idea que el afecto y la cognición están mediados por sistemas parcialmente independientes, en los cuales la respuesta afectiva podría presentarse incluso en ausencia de un reconocimiento consciente del estímulo (Zajonc; 1980). Sin embargo, el reconocimiento emocional de una cara podría no estar separado del contexto en el que se da la misma, es decir, podría ser que la potencial competencia entre el carácter automático de ambos estímulos (cara vs. emoción facial) se diera en un orden temporal serial o cuasi-serial (primero reconocer la existencia de la cara para después evaluar su caracterización emocional). En nuestro caso, la presentación breve de las caras podría reforzar este efecto sobre todo considerando el carácter altamente demandante de la tarea dual de MT impuesta.

### ***Resultados electrofisiológicos.***

Los potenciales relacionados a eventos, dada su alta resolución temporal, representan la herramienta precisa para el estudio y análisis de la cronología funcional de los sucesos relacionados con el procesamiento cognitivo, en las distintas etapas que determinan la ejecución de la tarea de interés.

El análisis de los PREs permitió identificar un primer componente de interés situado sobre los 170 ms posteriores a la presentación de las caras y exclusivo de esta condición. Este componente, como se revisó en los antecedentes de este experimento Bötzel et al; (1995), George et al; (1996), Eimer (1998; 2000), Bentin et al; (1996) podría representar la activación hemisférica especializada (área temporo-occipital derecha) que distingue el procesamiento facial. Todo lo anteriormente referido respecto a la importancia ecológica de reconocer una cara desde muy tempranas etapas del desarrollo ontológico, parece tener una representación de sus sustratos neurales en este componente.

A pesar de que poco después del momento de la presentación visual inicial de los estímulos verbales relacionados a la tarea no se distingue una diferencia notoria entre los componentes de los PREs de las distintas condiciones, resulta significativo que se haya detectado un componente temporal derecho sobre los 130 ms posteriores al inicio del estímulo verbal, lo que representaría unos 380 ms posteriores a la presentación de la cara. Es decir, aún después de verse involucrado en el procesamiento de una tarea de MT altamente demandante (a juzgar por los resultados conductuales), todavía se aprecian marcadores del procesamiento automático del reconocimiento facial, ya que este componente fue exclusivo de las condiciones precedidas por caras.

No tenemos un referente en la literatura para explicar el componente P130. Sin embargo, en este estudio podría tratarse de un marcador que representara la

desactivación del circuito neural involucrado en el procesamiento facial. El hecho de no presentarse distinciones posteriores entre las condiciones y el sentido previo de una negatividad "reclutante" en esas áreas (N170) podrían reforzar esta hipótesis.

Con posterioridad al componente P130, se aprecia la negatividad que designamos como N335. Su mayor amplitud en la condición basal y su persistencia en todas las condiciones de procesamiento parecen señalar que este es un reflejo probable del procesamiento en MT de la transformación fonémica que se le solicitó al sujeto como primera tarea. En ese mismo sentido, la disminución en la amplitud de esta negatividad para las condiciones no basales, podría representar un marcador electrofisiológico del nivel de interferencia determinado por la presentación de estímulos previos a la tarea, aún cuando esta presentación haya sido muy breve e irrelevante para el cumplimiento de la misma.

En este mismo rango se han descrito con anterioridad componentes que parecen estar relacionados con el procesamiento cognitivo controlado y con procesos de evaluación y almacenamiento en memoria. (Nauman et al., 1992; Johnson et al., 1997; Keil et al., 2002; Amhreinc et al., 2002).

Por último, la positividad observada a los 550 ms podría representar un análogo de las positividades tardías (PSW400, etc.) como probable reflejo de las altas demandas cognitivas de la tarea o como parte de los mecanismos de anticipación de la respuesta motora, aunque esta última posibilidad parece más lejana.

### ***Conclusiones y consideraciones finales***

Los presentes resultados podrían sugerir que el procesamiento de la cara sigue una secuencia que no es posible interrumpir, incluso ante una elevada demanda de recursos atencivos y de memoria como fue el caso de la tarea dual de MT. En este sentido, el hallazgo de un componente exclusivo de la condición de procesamiento antecedida por la presentación de caras que alcanza su máximo a

los 380 ms posteriores a la presentación de la cara y se localiza en la región temporal posterior derecha, parece reforzar esta hipótesis.

La expresión emocional de las caras (valencia positiva, neutra o negativa) presentadas de manera transiente no afectó significativamente la ejecución conductual ni la actividad electrofisiológica relacionadas con una tarea dual altamente demandante de memoria de trabajo. Esto puede interpretarse desde tres posibles explicaciones:

El breve tiempo de presentación de los estímulos, puede que le permita al sujeto reconocer la existencia de una cara, pero que no sea suficiente para que logre descifrar la expresión de la misma, a pesar de que, paradójicamente, el reconocimiento emocional se suele asumir como un proceso automático, cuando este es relevante para el sujeto.

Las características emocionales del estímulo (valencia emocional) puede que no sean lo suficientemente significativas para lograr inducir los cambios esperados. En este caso cabría esperar que ante estímulos con mayor valencia emocional (p.ej. escenas con contenido emocional impactante) se desencadenarían respuestas distintivas de procesamiento emocional.

El pobre impacto de procesamiento demostrado por los estímulos emocionales parecen indicar que probablemente los recursos atencivos disponibles se enfocan en la ejecución de la tarea de MT ¿podría explicarse como parte de un proceso temprano de inhibición de estímulos irrelevantes?

Ante estos hallazgos surgen nuevas interrogantes, entre ellas ¿qué ocurriría si se alarga el tiempo de presentación del estímulo y el sujeto puede atender la cara y sus características (valencia emocional)? ¿Se favorecería el procesamiento afectivo si en lugar de las caras se presentaran fotografías con alto contenido emocional como las fotos del sistema IAPS?

Para responder a estas interrogantes se sugieren nuevos estudios en la misma línea de investigación que consideren las variables mencionadas anteriormente.



## VII.-Bibliografía

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D. y Damasio, A.R. (1996). Cortical systems for recognition of emotion in facial expressions. *Journal of Neuroscience*, 16, 7678-7687.
- Aguado, L. (2002). Procesos cognitivos y sistemas cerebrales de la emoción. *Revista de Neurología*, 34 (12): 1161-1170.
- Alcaraz, V. y Gumá, E. (2001). *Texto de Neurociencias Cognitivas*. México: Manual moderno.
- Allman, J.M., Hakeem, A., Erwin, J., Nimchinsky, E; Y Hof, P. (2001). The Anterior Cingulate Cortex: The Evolution of an Interface between Emotion and Cognition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 935, 107-117.
- Amrhein, C., Muhiberger, A., Pauli, P. y Wiedermann, G. (2002). Modulation of event-related potentials during affective picture processing: a complement to startle reflex and skin conductance response?. *International Journal of Electrophysiology*, 54, 231-240.
- Baddeley, A. (1996). The fractionation of working memory. *Proceeding of the National Academic Sciences of the United States of America*, 93, 13468-13472
- Baddeley, A.D; y Hitch, G.J. (1974). Working Memory. In: Bower GH, (ed.). *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. Vol. 8. New York: Academic Press, 47-89.
- Cacciopo, J. (2004). Feelings and emotions: roles of electrophysiological markers. *Biological Psychology*, 67, 235-243.
- Campos, J. (1994). The new functionalism in emotion. *Society for Research in Child Development Newsletter*, 1(7): 9-14
- Carretie', L., Hinojosa, J.A., Loeches, M. y Tapia, M. (2004). Automatic Attention to Emotional Stimuli: Neural Correlates. *Human Brain Mapping*. 22, 290 -299

- Cobra, R.Q. (1985). *Emotional Man and Hithematic Behavior*. Brazil: Tesaurus editora.
- Cohen, R. (1993). *The Neuropsychology of Attention*. USA: Plenum Press.
- Damasio, A.R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human brain*. New York: Putnam.
- Davidson, R.J., y Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Science*, 3, 11–21
- Davidson, R.J., Maxwell, J.S. y Shackman, A.J. (2004). The privileged status of emotion in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(33): 11915-11916
- D'Esposito, M., Aguirre, G.K., Zarahn, E., Ballard, D., Shin, R.K. y Lease, J. (1998). Functional MRI studies of spatial and nonspatial working memory. *Brain Research and Cognition Brain Research*, 7, 1-13
- Dolan, R. (2002). Emotion, Cognition and Behavior. *Science*, 298, 1191-1192.
- De Ribaupierre, A. y Hitch, G. (1994). The Development of Working memory. *International Journal of Behavioral Development*. USA: LEA.
- Dietl, T., Trauther, P., Staedtgen, M., y Vannuchi, M. (2005). Processing of famous faces and medial temporal lobe event related potentials: a depth electrode study. *Neuroimage*, 25, 401-407.
- Ekman, P. y Friesen W.V. (1975). *Unmasking the Face*. Englewood Cliffs; NJ: Prentice Hall.
- Gauthier, I., Tarr, M.J., Moylan, J., Skudlarski, P., Gore, J.C. y Anderson, A.W. (2000). The fusiform "face area" is part of a network that processes faces at the individual level. *Journal of Cognition and Neuroscience*, 12, 495-504.
- Gray, J.R. (1999). A bias toward short-term thinking in threat-related negative emotional states. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25, 65–75.
- Greenwald A.G., Drahe, D.C. y Abrams, R.L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699-1702.

- Heller, W., & Nitschke, J.B. (1998). The puzzle of regional brain activity in depression and anxiety: The importance of subtypes and comorbidity. *Cognition and Emotion*, 12, 421-447.
- Henson, R.N.A. y Rugg, M.D. (2003). Neural response suppression, haemodynamic repetition effects, and behavioural priming. *Neuropsychologia*, 41, 263-270.
- Jonides, J., Smith, E.E., Koeppe, R.A., Awh, E., Minoshima, S. y Mintun, M.A. (1993). Spatial working memory in humans as revealed by PET. *Nature*, 363, 623-625.
- Just, M. A. y Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*. 99, 122-149.
- Klein, K. y Boals, A. (2001). The relationship of life event stress and working memory capacity. *Applied Cognitive Psychology*, 15, 565-579.
- Klein, K. & Boals, A. (2001). Expressive writing can increase working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 520-533.
- Lara, L.F. (Dir.), (1996). *Diccionario del español usual en México*. El Colegio de México: México D.F.
- LeDoux, J.E. (1998). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Touchstone.
- Phan, K.L., Wager, T., Taylor, S. F, y Liberzon, L. (2002). Functional Neuroanatomy of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, 16, 331-3348.
- Mcgeer P.L y Mcgeer E.G. (1980). Chemistry of mood and emotion. *Annual Review Psychology*, 31, 273-307.
- Mogg, K. y Bradley, B.P. (1999). Orienting of attention to threatening facial expressions presented under conditions of restricted awareness. *Cognition & Emotion*, 13, 713-740.

- Narumoto, J., Yamada, H., Lidaka, T., Sadato, N., Fukui, K., Itoh, H. y Yonekura, Y. (2000). Brain Regions involved in verbal or non-verbal aspects of facial emotion recognition. *Neuroreport*, 11: 2571- 2576.
- Perlstein, W.M., Elbert, T., y Stenger, V.A. (2002). Dissociation in human prefrontal cortex of affective influences on working memory-related activity. *Proceeding of the National Academic Sciences of the United States of America*, 99(3): 1736-1741.
- Pessoa, L. y Ungerleider, L.G. (2004). Neuroimaging studies of attention and the processing of emotion-laden stimuli. *Progress Brain Research*, 144, 171-183.
- Sanz, A. (2000). Diferencias Sexuales y Efecto del Ciclo Menstrual en el Reconocimiento de las Emociones Faciales. Tesis de grado de maestría. *Universidad de Guadalajara*.
- Shallice, T (1992). Neuropsychological investigation of supervisory processes. En A. Baddeley and L. Weiskrantz (Eds.) *Attention: Selection, awareness and control. A tribute to Donald Broadbent*. Oxford: Oxford University Press.
- Sidorova, O.A., Kostyunina, M.B. y Kulikov, M.A. (1992). Electroencephalographic and vegetative correlates of mental reproduction of emotional states. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 22 (6): 475-481.
- Smith, E.E. y Jonides J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283, 1657-1661.
- Streit, M., Loannides, A., Liu, L., Woelwer, W., Dammers, J. y Ross, J. (1999). Neurophysiological correlates of recognition of facial expressions of emotion as revealed by magnetoencephalography. *Cognitive Brain Research*, 7(4): 481-491.
- Torras, M., Portell, I. y Morgado, I. (2001). La amígdala: Implicaciones funcionales. *Revista de Neurología*, 33 (5): 471-476.

- Whalen, P., Rauch, S., Etcoff, N., McInerney, S., Lee, M. y Jenike, M. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *Journal of Neuroscience*, 18: 411-418.
- Winston, J.S., O'Doherty y Dolan, R.J. (2003). Common and distinct neural responses during direct and incidental processing of multiple facial emotions. *Neuroimage*, 20: 84-97.

## VIII.-ANEXO 1

### Lista de Estímulos Visuoverbales

150 palabras

MITO	OTIM	MOTO	OTOM	REMO	AMER
BESO	OSEB	TODO	ODOT	SOPA	OPAS
SUMA	AMUS	CARA	ARAC	ROCA	ORAC
CANA	ANAC	CENA	ANEC	RICO	ACIR
LORO	OROL	CINE	ENIC	DIME	EMAD
SECO	OCES	COLA	ALOC	TELA	ALIT
RIFA	AFIR	PINO	ONIP	VELA	ELAV
SOLO	OLOS	COPA	APOC	RATA	ATOR
JOTA	ATOJ	LOTE	ETOL	FAMA	AMUF
JUGO	OGUJ	GEMA	AMEG	FARO	OROF
TINA	ANIT	LATA	ATAL	OLGA	OGLA
PASE	ESAP	CAFÉ	EFAC	PALA	OLAP
CIMA	AMIC	CODO	ODOC	BAJO	AJAB
HORA	AROH	CAJA	AJAC	LOMA	OLAM
PATO	ATAP	VASO	OSAV	CERA	OREC
LANA	ANAL	POZO	OZOP	RIMA	AÑIR
TUBO	OBUT	ROBO	OBOR	PIÑA	AÑEP
DAMA	AMAD	FOCO	OCOF	CASA	ASOC
PESO	ESOP	DUDA	ADUD	ROSA	OSAR
FILA	ALIF	ONDA	ANOD	GULA	ALAG
ALAS	SALO	NUDO	ODUN	LUNA	ANOL
CAPA	APAC	TAPA	APAT	BALA	ALOB
CORO	ORAC	TOPO	OPOT	BOTA	ATAB
ROPA	APOR	BUZO	OZUB	ARMA	AMAR
META	ETAM	DADO	ADUD	BATA	ATAB
GATO	OTAG	TEMA	OMET	MISA	ASEM
FOCA	OCOF	GOTA	OTAG	ACTA	OTCA
TAZA	AZAT	PILA	ALAP	MOCO	OMOC
MAYO	AYAM	NIÑO	OÑIN	CAMA	AMOC
LINO	ONIL	ORCA	OCRA	FINO	ANIF

TOCA	OCAT	RAYO	AYAR	LOZA	OZAL
CUBO	OBUC	MODA	ODOM	ORAR	RARA
FAJA	AJAF	VINO	ONIV	MORA	OROM
RITO	OTIR	PENA	ANEP	AMOR	RAMA
SOPE	EPOS	COJO	OJOC	COSA	OSAC
LONA	ANOL	PALO	OLEP	SALA	ALOS
ALGO	AGLO	RANA	ANAR	PURO	OREP
RARO	ORAR	MANO	ONOM	FRIO	AIRF
MESA	ASEM	DEDO	ODUD	PERA	OREP
MOLE	ELOM	TACO	ACOT	SACO	OCES
MULA	ALUM	RISA	OSIR	RETO	OTRA
DONA	ANOD	ARCO	ACRO	MODO	ADOM
NATA	ATAN	GASA	ASAG	RAMO	OMER
KILO	OLIK	PISO	ASIP	CUNA	ANAC
PELO	OLEP	MUDO	ODOM	RUTA	ATOR
ZETA	ATEZ	FASE	ESAF	LIJA	AJIL
PESA	ASEP	NIDO	ODUN	LIMA	AMOL
RAMA	AMAR	NOTA	ATAN	SAPO	APOS
RENO	ONER	LAZO	AZOL	LOBO	OBAL
PUMA	AMUP	FILO	ALIF	PASA	ASEP

**Nota:** Las palabras en fondo claro corresponden a la categoría congruente (match). Las palabras en fondo oscuro corresponden a la categoría no congruente.

## ANEXO 2

### INSTRUCCIONES:

Gracias por participar con nosotros en esta tarea, vamos a trabajar registrando la actividad de tu cerebro mientras ejecutas algunas acciones relacionadas con la memoria. Para esto te colocaremos unos electrodos. Trata de mantenerte lo más relajado posible, esto es lo que haremos:

En el monitor aparecerán unas palabras de dos sílabas, simultáneamente también aparecerán unas imágenes a las que no tendrás que prestar atención. Tu tarea es:

- 1) descomponer la palabra que se te presente en sílabas.
- 2) Invertir el orden de las sílabas.
- 3) Invertir las letras de la primera sílaba y situarla mentalmente después de la segunda. Por ejemplo: PALA, PA-LA, "LAAP"
- 4) Cuando tengas la respuesta final díla en voz alta, procurando mover solamente tu boca.

Después de la palabra inicial se presentará un conjunto de letras

- a) Tu tendrás que determinar si estas letras representan una imagen en espejo de la palabra original,
- b) Si la respuesta es SI, entonces pulsa el lado derecho del ratón.
- c) Si la respuesta es NO entonces pulsa el lado izquierdo del ratón del lado  
Por ejemplo: si la primera palabra hubiese sido PALA, su imagen en espejo sería \_\_\_\_\_(ALAP). Si el conjunto de caracteres fuese ALAP, entonces la respuesta correcta sería SÍ y correspondería oprimir el lado derecho del ratón.

En el supuesto caso de que el conjunto presentado fuese LAPA, entonces la respuesta correcta sería NO y tendrías que pulsar el lado izquierdo del ratón.



La aparición de las palabras es rápida, así que no pienses demasiado tiempo tu respuesta. Hagamos otro ejemplo antes de empezar:

RIMA, tu dirías \_\_\_\_\_ la imagen en espejo sería \_\_\_\_\_

**Ahora, trata de seguir estas recomendaciones:**

- Fija tu vista en un punto lejos de la pantalla -mientras no empiece tu tarea

Cuando empiece la tarea:

- Trata de no parpadear, sobre todo cuando emites una respuesta
- Trata de no presionar tu mandíbula
- No te muevas
- Trata de mantenerte concentrado aun si hubiera interrupciones
- MANTENTE LO MAS RELAJADO POSIBLE
- Cuando estés listo presiona "guardar" en el monitor, para iniciar con la tarea.