



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

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

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Influencia del contexto con contenido emocional en el procesamiento auditivo evaluado mediante Potenciales Relacionados con Eventos

Tesis

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta

Luis Alejandro Alvelais González

Comité tutelar

Dr. Andrés González Garrido (Director)

Dr. Daniel Zarabozo Enríquez de Rivera

Dra. Julieta Ramos Loyo

Guadalajara, Jalisco

Mayo de 2007

**Un modesto, pero significativo logro,
dedicado a Ely y José Luis, mis padres, a quienes debo todo aquello de lo que puedo
sentirme orgulloso y el privilegio de tener oportunidades tan valiosas como esta.**

Con todo mi cariño.

Agradecimientos:

Uno no logra nada en esta vida únicamente por los méritos propios y de alguna manera los logros que realmente valen la pena siempre tienen algo de colectivo, empezando por el conjunto de condiciones que hacen posible cualquier actividad humana. En mi caso concreto, he sido beneficiado por lo que me parece una larga cadena de relaciones que me han permitido la gran ventaja de estudiar por largo tiempo y encima de todo, con apoyo económico. En breve, esta oportunidad que me ha dado la gente de México, de ser uno de sus privilegiados, es simplemente una deuda impagable que espero nunca dejar de tener en cuenta.

Por otra parte, el disfrute y la conclusión exitosa de esta etapa ha dependido de muchas personas que a lo largo de estos tres años y medio me han apoyado y enseñado muchas otras cosas que van más allá de los contenidos académicos: En primer lugar un agradecimiento especial a Andrés, mi tutor, por la paciencia y el apoyo a lo largo de todo este tiempo, por enseñarme la importancia de ciertas actitudes y por darme la oportunidad de aprender al incluirme en el equipo de trabajo del Laboratorio de Neurofisiología Clínica, una experiencia que independientemente del rumbo que tomarán las cosas, es ya sin duda alguna una parte importante de mi vida. Muchas gracias también a Fabiola, que también me ha dado la mano cada vez que se requiere y por demostrar tanta confianza y tanta generosidad a todos nosotros. A mis compañeros, Juan, Marina, Olga y Horacio y a las "nuevas" Chela, Lizet y Flor, y desde luego a mi viejo camarada Gerardo, por el espacio compartido y los reiterados gestos de amistad. En este sentido extendiendo este agradecimiento a todos mis otros compañeros de generación, Abelardo, Orlando y Paola, así como a Alejandro, Sara, Chuy y Omar con quienes tuve oportunidad de convivir y a quienes debo más de algún momento alegre.

A todos mis maestros del Instituto, de quienes puedo preciarme de haber aprendido un buen número de cosas. Sin ánimos de exagerar puedo decir que una de las aspectos que más disfruté de esta maestría fueron las clases, que contribuyeron grandemente a aclararme las cosas y a generarme entusiasmo por nuestro campo de estudio. Sin excepción cada profesor y cada clase que tuve me han parecido bastante estimulantes en su momento y he cursado estos años de maestría convencido de que este Instituto agrupa a un conjunto de investigadores poco común. Adicionalmente al espacio de las materias, hay pequeños detalles que cuentan demasiado: muchas gracias a Sergio, a Miguel Ángel, a Daniel y a Julieta por las charlas ocasionales de las que me he beneficiado tanto.

Con respecto a los proyectos que emprendí, es importante señalar que se llevaron a término gracias al apoyo de un buen número de personas que me ayudaron de una forma bastante desinteresada. Una lista demasiado larga no debe demeritar la contribución de cada uno y debe tomarse en cuenta que mencionar cada nombre es un pequeño gusto que me doy en estos momentos de valoración en retrospectiva. En primer lugar están los agradecimientos a las personas que contribuyeron de manera directa con su tiempo, al Fer, (a quién le debo además algunos trucos para mejorar mi técnica de registro) y a Juan Pablo por dedicarle tanto tiempo a los registros sin tener relación con el proyecto, así como Hugo y Chuy por la edición de las pistas del experimento, que reflejan una labor de muchas horas e ideas y antes que otra cosa, mucha generosidad... en el mismo sentido el agradecimiento a todos los voluntarios que participaron en las pruebas y las diferentes fases del experimento por su tiempo y en ocasiones paciencia extraordinarias. Luego vienen otros nombres que no puedo omitir: Gracias a Pablo Sepúlveda,

por la idea inicial del proyecto, al señor Carlos Crotté "Sixto" por su ayuda en la recopilación del material, a los ingenieros y el personal de Radio Universidad, como Marco y el otro Pablo, justamente uno de los detalles divertidos del proyecto fue ponerme en contacto con personas así de interesantes. Agradecimientos también a Diana por ponerme en contacto con los libros que necesitaba más de una ocasión, a Karina y a Citlalic por la ayuda en múltiples ocasiones con más de algún detalle engorroso, a Moisés por sus comentarios y por todo el tiempo que invirtió en nuestros proyectos y a Omar a quien debo una mención especial por su ayuda tan oportuna y tan valiosa en diversas etapas... Un paréntesis también a la casualidad, a Regina y posteriormente a Gaby quienes para bien o para mal me hablaron de la maestría con tal entusiasmo que acabé por caer en ella... Sin esfuerzo vienen a mi mente muchas otras personas que directamente me ayudaron con todo esto, empezando por la familia y sus gestos de apoyo: mis padres nuevamente, que prolongaron la burbuja protectora hasta estos momentos, mis hermanos Pepe y Dany, el tío Guicho por la bicicleta, la abuelita Elba por las comidas (entre muchas otras cosas), los Padres Agustinos por el trabajo de la biblioteca, pues gracias a todos ellos pude continuar la tesis durante estos meses tan peculiares en los que ya no había cuenta de banco... Fraternalmente agradecimientos a Jorge, a cuya amistad, una de las pocas cosas realmente seguras que conozco en este mundo, debo tantas cosas; y a la Natalie que me aguantó en una etapa de insatisfacción un tanto difícil y por todas las cosas que aprendimos juntos... En fin, a muchas otras personas que de manera o directa o indirecta siempre me manifestaron apoyo y que por razones de espacio corresponde solamente una mención genérica.

En verdad, gracias a todos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN	5
1. EL ESTUDIO DE LA EMOCIÓN DESDE UNA PERSPECTIVA NEUROBIOLÓGICA	6
1.1 Emoción: Definiciones y consideraciones previas.....	7
1.2 Bases neuroanatómicas de la emoción.	11
1.3 Relación de la emoción con otros procesos cerebrales.	23
1.4 Estudio experimental de las respuestas emocionales.....	29
2. EL ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO AUDITIVO POR MEDIO DE POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS.	38
2.1 Potenciales de corta y mediana latencia.....	39
2.2 El componente N1.....	42
2.3 La respuesta MMN (Mismatch Negativity).....	45
3. EL ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO EMOCIONAL POR MEDIO DE POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS.	53
3.1 PREs ante estímulos emocionales.....	53
3.2 Atención, PREs y sesgo emocional.	55
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	69
Objetivos.....	71
Hipótesis:	72
5. MÉTODO.....	73
Aparatos.....	73
Variables dependientes e independientes	74
Tarea experimental y estímulos	74
Diseño experimental y análisis estadístico.....	81
6. RESULTADOS.....	83
7. DISCUSIÓN.....	95
8. CONCLUSIONES.....	107
Referencias.....	108

ANEXOS

Carta de consentimiento informado.....	I
Escala de auto-reporte.....	II
Tablas de correlación de latencias y voltajes con las variables autonómicas.....	IV
Análisis estadístico	VI

RESUMEN

Se ha demostrado que la carga emocional de un estímulo o contexto puede afectar el curso temporal y la magnitud de diversas respuestas electrofisiológicas ocurridas en un paradigma de *odd-ball*. Este trabajo pretendió caracterizar el efecto de diferentes contextos formados por estímulos visuales y auditivos emocionalmente cargados sobre la actividad eléctrica cerebral asociada al procesamiento auditivo de dos tipos de estímulos breves (50 ms), uno frecuente de 1000 Hz ($p = .80$) y uno infrecuente de 1100 Hz ($p = .20$), enfocándose al estudio de la onda de negatividad por disparidad (MMN), que se pretende representa un proceso de detección de diferencias en los patrones de estimulación auditiva que ocurre independientemente de la atención y que en ocasiones precede al reflejo de orientación.

Siguiendo el modelo comúnmente utilizado en este tipo de investigaciones se emplearon tres tipos de contextos diferentes entre sí en términos de activación y valencia emocional: uno negativo formado por material de horror y violencia, uno neutro formado por contenidos de tipo cotidiano y uno positivo formado por imágenes asociadas a la niñez. El experimento consistió en una tarea de escucha pasiva durante la cual los sujetos ($n=16$) tenían que dirigir su atención a las imágenes presentadas e ignorar los tonos que se presentaban para determinar si al igual que sucede con otros procesos, la detección automática de sonidos (evaluada por la N1 y la MMN) es susceptible de presentar una modulación de tipo afectivo.

Para asegurar que efectivamente estos contextos provocaran un cambio en la apreciación y en el nivel de arousal emocional del espectador utilizamos una escala de autoreporte y la medición simultánea de tres índices de la actividad autonómica: frecuencia cardíaca, conductancia eléctrica de la piel y variación en la temperatura corporal. La variación en estos indicadores verbales y no verbales permitió hacer una distinción entre cada tipo de contexto y establecer qué tanto la valencia y el nivel de activación fueron diferentes en cada caso y presentaron la tendencia esperada, encontrándose que en el caso del contexto negativo, el nivel de arousal se incrementó de manera considerable.

Observamos que a pesar de una tendencia a presentar una reducción en la latencia en la condición negativa y a un aumento en la condición positiva con respecto a las condiciones neutra y control, la MMN se mantuvo sin cambios significativos en las tres condiciones. Lo mismo ocurrió con la N1 asociada al momento de la presentación de los estímulos. Esta se mantuvo estable tanto en el caso del PRE ante el frecuente como al infrecuente. Sin embargo, en el PRE ante el estímulo infrecuente se presentó un aumento significativo de la onda P50 en la condición negativa que resulta también evidente en la onda de diferencia. De acuerdo a la significación funcional de este componente, estos resultados sugieren alternativamente que un contexto emocional aversivo puede afectar el filtraje sensorial, o bien, que el nivel de activación emocional puede promover una mayor reactividad en las poblaciones neuronales que responden al sonido entrante en etapas tempranas, pero que esta movilización inicial de recursos no afecta sensiblemente la amplitud de la MMN, reforzando la idea de que este es un proceso altamente automatizado y resistente a la modulación.

ABSTRACT

Continuous evidence that emotion-laden stimuli or contexts can affect the time course and magnitude of various ERPs in an oddball paradigm has been reported in the affect-cognition interaction's literature. The present work aimed to characterize the effect of different contexts formed by visual and auditory emotional stimuli on the electrical brain activity before two types of auditory stimuli, a frequent of 1000 Hz ($p = .80$) and a deviant of 1100 Hz ($p = .20$), focusing on the MMN response, which represents a process of auditory detection of entrant differences based on sensory memory that takes place independently of selective attention and that has been proposed to precede the "call of attention" of the OR response.

Following the usual model in this type of investigations, three different kinds of contexts were presented to the subjects ($n=16$). These contexts were produced by stimuli differing in terms of emotional valence and arousal: A negative context was formed with material depicting horror and violent scenes, whereas a positive context was designed with material that was intended to be related to the subject's childhood. A neutral context, formed by quotidian and non-interesting scenes was also used. The experiment consisted of a passive listening task in which volunteers had to focus their attention to the presented images of the emotional contexts and ignore the tones. The aim was to determine if as it is the case with other processes, the automatic detection of sounds (as indexed by auditory N1 and MMN) is susceptible of affective modulation.

In order to ensure that the exposure to the different contexts induced an effective change in the viewer's emotional state, we combined a self-report scale and the simultaneous measure of three commonly used ANS responses: HR, SCR and body temperature. The variation of these verbal and non-verbal indexes allowed us to differentiate each context both in valence and arousal, especially in the case of the negative context in which we found stronger responses and a greater physiological activation.

In line with previous reports, there was a trend of the MMN latency to be reduced in the negative context and augmented in the positive one, but this trend didn't reached statistic significance. The amplitude was also unaffected, as it was the case with the N1 component, which remained stable during all conditions. However, we found a significant increase in the P50 voltage for the ERP to the deviant stimuli in the negative condition, which was also evident in the difference wave used to evaluate the MMN. According to the functional significance of this component, the present results suggest alternatively that an aversive emotional context can affect the sensory gating process, or that the level of emotional activation can promote a greater reactivity in the neural populations responding to the entrant sounds in early stages, but that this initial mobilization of resources do not affect the MMN process, reinforcing the idea that this is a highly automatic process and resistant to modulation effects.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la emoción y sus manifestaciones es de importancia capital para la comprensión del comportamiento humano y de los organismos superiores en general. Aunque por mucho tiempo se consideró que las reacciones emocionales resultaban meros epifenómenos completamente irrelevantes para la explicación de la conducta, hoy en día existe un conjunto de evidencias que sugieren precisamente lo contrario. La emoción no sólo es parte de la experiencia subjetiva del mundo, sino que desempeña activamente un papel fundamental en la selección de la información relevante, en la codificación y recuperación posterior de esta información, llegando incluso a modular la velocidad con que se lleva a cabo ese procesamiento al involucrar en determinados casos las denominadas *vías rápidas* de procesamiento sensorial o bien al movilizar una mayor cantidad de recursos atentos ante la detección y el procesamiento de estímulos que están investidos de una relevancia particular.

En este sentido se habla de una interacción afecto-cognición, en tanto que se observa que la manera en que la información es procesada depende del estado afectivo previo del organismo o bien, de la capacidad preestablecida de ciertos estímulos de afectar el sistema motivacional de manera inmediata. A nivel psicológico y conductual esta interacción ha sido estudiada en diversos campos: la atención, la memoria e incluso el aprendizaje. Sin embargo, estudiar como opera esta relación afecto-cognición a nivel del SN presenta complicaciones particulares: No es fácil encontrar para el estudio experimental eventos sencillos en los que se pueda abordar esta interacción en condiciones que sean equivalentes y comparables. Una alternativa a esta problemática proviene del campo de las neurociencias cognitivas, en el que se han venido utilizando desde hace varias décadas en una amplia serie de trabajos el registro de la actividad eléctrica cerebral, particularmente con la metodología de los potenciales relacionados con eventos (PREs), pues se ha demostrado que estos pueden reflejar la ocurrencia de procesos cognitivos elementales y contribuir a dilucidar la secuencia de eventos durante el procesamiento de información.

Nuestra investigación se inscribe en esta serie de trabajos y está basada en una

pregunta relacionada con la modulación del procesamiento auditivo (mucho menos estudiado que el visual en este campo de interés) de acuerdo al contexto afectivo en que se lleva a cabo la estimulación. Queremos determinar si diferentes marcadores electrofisiológicos como la N1, asociada a la presentación de cualquier estímulo, y la onda de negatividad por disparidad, MMN, que refleja la comparación de la información entrante con una huella de memoria sensorial y que ha sido un marcador mucho menos utilizado en estudios de los procesos afectivos (en comparación con la P300, por ejemplo), pueden ser modulados, en dependencia del contexto en que se presenten. Dada la gran estabilidad y resistencia a cambios que suelen presentar estos componentes en múltiples condiciones experimentales, encontrar en ellos el efecto de modulación descrito para otros componentes sería de particular relevancia en el aspecto teórico. Al igual que como se plantea comúnmente en este tipo de trabajos, suponemos que los cambios observados en la latencia y el voltaje de estos componentes en diferentes condiciones experimentales (la presentación de los mismos tonos en un contexto positivo, uno negativo y uno neutral) permitirán hacer inferencias sobre la relación temporal de la respuesta y la cantidad de recursos involucrados y contribuir así a la discusión sobre la naturaleza de la relación emoción-cognición en el SNC.

Presentación de esta tesis:

Los antecedentes de este trabajo proceden de dos campos principalmente. El estudio experimental de la emoción por un lado y el estudio del procesamiento de información a través de los potenciales relacionados con eventos (PREs) por el otro. Tomando esto en cuenta, la revisión teórica de esta tesis se llevará a cabo en tres capítulos: en el primero abordaremos las cuestiones relevantes del campo de la emoción para esta tesis, en el segundo el de los potenciales relacionados con eventos aplicados únicamente a la modalidad auditiva y en el tercer capítulo, en el cual ambos campos convergen, se hará una revisión sobre la aplicación de los PREs al campo de la emoción. El resto de los capítulos rinden cuenta del diseño experimental, así como los resultados obtenidos, el análisis de los datos y la discusión y conclusiones en torno a estos.

1. EL ESTUDIO DE LA EMOCIÓN DESDE UNA PERSPECTIVA NEUROBIOLÓGICA

A pesar de que de alguna manera siempre se ha reconocido el papel que juegan las emociones en la motivación y la conducta humanas, por mucho tiempo se evitó el abordaje de las emociones en el contexto del estudio científico, por tratarse de un problema de difícil operacionalización. Hoy en día, el conocimiento acumulado en el estudio del cerebro brinda la posibilidad de emprender el estudio de este campo desde una base un tanto más firme: los nuevos modelos de procesamiento de información a nivel del SNC y la introducción de tecnologías novedosas como la tomografía por emisión de positrones (TEP) o la resonancia magnética funcional (RMNf) han permitido una mejoría sustancial en el estudio de las emociones desde el punto de vista neurobiológico, permitiendo entre otras cosas extender muchos de los modelos animales a los humanos o bien verificar la participación de ciertas estructuras en el procesamiento emocional de sujetos sanos, pues hasta el momento sólo era posible inferir el rol de ciertas estructuras por los casos clínicos de lesión.

Esta mejoría no significa que el estudio de las emociones ha dejado de seguir siendo un campo lleno de obstáculos por toda la variedad de complicaciones que presenta, si no más bien que el estudio se está llevando a cabo desde una perspectiva que acaso resulte más fructífera. En el campo de las neurociencias puede referirse que en las últimas décadas se han cimentado las bases de lo que hoy en día se conoce como las neurociencias afectivas (Davidson, 1999), una rama de las neurociencias cognitivas que utilizando los mismos métodos tradicionales de estas aborda la problemática del procesamiento emocional y sus mecanismos neurales. En la medida en que estos mecanismos han ido aclarándose, se ha generado otra concepción muy diferente del papel de las emociones a aquella que las consideraba meros epifenómenos o sencillamente irrelevantes para la psicología científica.

La información acerca de como la emoción se encuentra representada en el cerebro provee de algunas pautas importantes que facilitan elegir entre diversas hipótesis sobre

la naturaleza de las emociones en general (su propósito y funcionamiento, el tipo de emociones básicas, su relación con el procesamiento de orden cognitivo, con la activación del organismo, con la conciencia y los estados subjetivos; la existencia de un procesamiento emocional "inconsciente", entre muchos otros temas que actualmente se estudian) y puede decirse que de alguna manera contribuyen también a delimitar buena parte de las discusiones sobre este tema y por ende a establecer una teoría de la mente y la conducta mucho más sólida, reforzando y dando nuevos elementos de interpretación a los hallazgos de la exploración psicológica sola (LeDoux, 1995).

1.1 Emoción: Definiciones y consideraciones previas.

Para comenzar a hablar de las emociones lo primero que puede decirse es que estas son un fenómeno familiar a cada uno. Su importancia es evidente en el sentido de que forman parte inseparable del comportamiento y de la experiencia cotidiana, ya sea haciendo su aparición de manera discreta ante una sorpresa, un sobresalto, una mala noticia, o bien tiñendo de cierto matiz lapsos de tiempo más largos, que van desde un día o una tarde, por ejemplo ante una buena noticia o un logro importante, hasta varias semanas o incluso meses o años como en el caso de una depresión crónica o un enamoramiento. Esta cercanía con el sentido común no las vuelve empero, un fenómeno fácil de explicar, pues aunque su influencia en la acción y en el estado del organismo es innegable desde el punto de vista empírico, su manifestación tiene múltiples expresiones y no siempre bien delimitadas. El tema de las emociones ha sido estudiado desde múltiples perspectivas y aunque puede hablarse de ciertos avances, la definición de lo que es una emoción, de qué funciones tiene o qué clases de emociones existen escapa al consenso general (Damasio, 2000; LeDoux, 1995).

Existen desde luego innumerables definiciones de lo que es una emoción. Comenzando a buscar una pista desde la raíz etimológica, nos encontramos que el término *emoción* significa *el impulso que induce la acción*. Si partimos de la etimología del francés antiguo *esmovoir*, bastante cercano a nuestra lengua, observamos que el término significa "excitar". El término en latín vulgar *exmovere* quiere decir moverse en el

sentido de "sacar de un lugar", "retirar", pero también "sacudir", acepciones que sugieren la gran cercanía con la motivación y con la movilización de energía en el cuerpo, pero que al mismo tiempo constituyen un ejemplo bastante claro de cómo durante mucho tiempo en la tradición occidental se resaltó la cualidad antitética de las pasiones respecto a la razón o a la posibilidad de ejercer un pensamiento tranquilo y lúcido (Damasio, 1997) .

Respecto de las definiciones técnicas o más especializadas, lo primero que podemos notar luego de una breve revisión es que la mayoría de las teorías explícita o implícitamente reconocen que una emoción no es un fenómeno simple. Varios autores proponen que una buena definición precisa tomar en cuenta las múltiples dimensiones que forman parte de un fenómeno como las emociones. Izard (1992) propone por ejemplo: (a) la experiencia o sentimiento consciente de la emoción, (b) los procesos que ocurren en el cerebro y el SN, y (c) la observación de patrones expresivos de la emoción, particularmente aquellos en el rostro. Por su parte, otra autora, Ramos (2002) en una revisión sobre el tema de las emociones sugiere partir de los siguientes componentes de la emoción para lograr una definición completa: a) el componente funcional, b) el perceptual, c) el subjetivo-cognitivo, d) el conductual, y e) el fisiológico. Retomando esta propuesta, desarrollaremos cada uno de los componentes para ir trazando varias de las líneas que la exposición del tema requiere:

a) El primero, el componente funcional, se refiere al papel que juegan las emociones en la adaptación de los organismos, una noción que es recurrente en la literatura desde la perspectiva evolucionista iniciada por Darwin en "La expresión de las emociones en el hombre y los animales" (Darwin 1872, citado por Levenson 2003a) y que siendo una referencia obligada en este tipo de investigaciones, sigue teniendo un enorme influjo en las teorías contemporáneas de la emoción. Esta teoría propone que en los organismos superiores las emociones se desarrollaron para enfrentar exitosamente con situaciones de gran importancia tanto para el individuo como para el grupo, en las que un sistema rápido y múltiple era requerido (Levenson, 2003a). Por otra parte su utilidad sería muy grande en diversas situaciones de interacción social, reforzando ciertos lazos y

optimizando las pautas de comunicación. Lo que en todo caso resalta en esta dimensión de la función de las emociones es el hecho de que por su estrecha relación con la motivación las emociones pueden ejercer una influencia decisiva sobre la conducta o los procesos mentales. Esto último se logra ya sea estimulando el tono cerebral general (Ramos, 2002; McGaugh 2003, Robbins, 1997; Lindsley, 1951 citado por Palmero, 1996) o actuando sobre mecanismos más específicos que subyacen a respuestas más elaboradas. Además de esta función de activación, las emociones participan en la conducta estableciendo la dirección de las acciones del organismo: a grandes rasgos esta idea supone que si un estímulo provoca emociones displacenteras el organismo tenderá a alejarse de éste, mientras que cuando genera una emoción placentera procurará dirigirse a él. Esta perspectiva ha dado lugar a una teoría (revisada posteriormente) bastante difundida y sus variantes, que se basan en dos continuos: Activación-Relajamiento (arousal), Positivo-Negativo (valencia), para establecer el valor de una emoción para el organismo (Lang y cols. 1995, Bradley y Lang, 2000b). Desde luego se reconoce que para el caso de los humanos el proceso es bastante más complejo, pero sin dejar de destacar que las emociones siguen teniendo un peso enorme en la organización de su conducta.

b) El componente perceptual hace referencia al valor del reconocimiento e interpretación de la expresión emocional. En este punto son relevantes los gestos faciales y corporales que acompañan a una emoción, pues permiten al individuo que las capta actuar de acuerdo con el estado que infiere en el otro (Ramos Loyo 2006; Izard. 1992, Ratner, 2000).

c) El componente subjetivo-cognitivo es el que tiene que ver con lo que se siente o se cree que se siente, con los cambios y sensaciones que el sujeto identifica asociadas a una emoción, así como la interpretación que les da a estas sensaciones como señala la teoría del "*appraisal*" de Lazarus; o los experimentos de Schacter y Singer en los setentas (Clore y Ortony, 2000). Verbalizar o reconocer lo que se siente implica un proceso de tipo cognitivo que no siempre corresponde a la experiencia de un estado afectivo. Este problema se verá con más detalle en la sección de medidas de

auto-reporte, por ejemplo.

d) El componente conductual consiste en la expresión de una emoción sentida. Este es un elemento que permite ciertas inferencias en el trabajo de investigación, pero que obviamente en el humano presenta una gran variedad interindividual, habiendo sujetos que externalizan muy fácilmente sus emociones y otros que no tanto, o bien, sujetos que "esconden" o disfrazan sus emociones, cosa muy común en la investigación (véase al respecto Stemmler 2003 y la descripción de sujetos "buenos respondedores" o "malos respondedores") y que suele complicar la validez de los autoreportes, de manera tal que para estudiar este componente se recurre también a la observación sistemática de la conducta y al registro de movimientos involuntarios, como son las expresiones faciales, el parpadeo o el sobresalto que pueden ser asociados a un estado emocional determinado.

e) Finalmente el componente fisiológico es el que tiene que ver con los cambios en el organismo que pueden producir o acompañar a las reacciones emocionales, y por su naturaleza es el que más nos interesa en el marco de la presente investigación. Algunas nociones importantes sobre este punto serán abordadas en la siguiente sección.

Tentativamente, una definición que cumple con estas consideraciones es propuesta por Levenson (2003a), la cual puede considerarse una síntesis de buena parte de los contenidos que vamos a revisar a lo largo de la exposición. Esta propone que:

Las emociones son fenómenos psicofisiológicos de corta duración que representan modos eficientes de adaptación ante demandas ambientales siempre cambiantes. Psicológicamente las emociones modifican la atención, promueven ciertas conductas en la escala de jerarquía, y activan redes neuronales asociativas relevantes en la memoria. Fisiológicamente, las emociones organizan rápidamente las respuestas de diversos sistemas biológicos incluyendo la expresión facial, el tono somático muscular, el tono de voz, la actividad del sistema nervioso autónomo, así como la actividad endocrina para generar un medio corporal que sea óptimo para una respuesta efectiva. Las emociones sirven para establecer nuestra posición frente nuestro ambiente, aproximándonos a ciertas personas, objetos, acciones e ideas, y alejándonos de otros. Las emociones también sirven como un depositario de influencias innatas y aprendidas, poseyendo ciertas cualidades invariables, y otras que muestran una variación considerable entre individuos, grupos y culturas.

Esta definición ya toma en cuenta evidencia procedente de numerosos campos de estudio: biología, psicología, psicología social, antropología y estudios interculturales, así como fisiología y neurociencias entre otros. Constituye por lo tanto un buen ejemplo de la integración de información que se ha ido estableciendo a diversos niveles posibles de estudio. En nuestro caso, la relación que Levenson señala con la atención y las estrategias de acción del organismo resulta de particular relevancia, pues nos sitúa en el punto de anclaje de esta investigación: la relación de los procesos emocionales con diferentes procesos de orden cognitivo. La manera en que esta interacción ocurre a nivel del sistema nervioso se explica a continuación.

1.2 Bases neuroanatómicas de la emoción.

Básicamente, el procesamiento de las emociones puede describirse a dos niveles: el que ocurre al nivel del SNC y el que ocurre a nivel visceral, regulado por el sistema nervioso autónomo (SNA). El primero nos interesa de manera general en tanto que las rutas de modulación sensorial y atencional se han relacionado fuertemente a la amígdala y algunas regiones prefrontales y el segundo porque constituye la base de una serie de técnicas de registro empleadas en la investigación de este campo, además de que ha propuesto que la activación a nivel periférico también pueden influir en el procesamiento a nivel cortical (Berntson, Sarter y Cacciopo, 2003).

Procesamiento a nivel del SNC:

Actualmente se considera que el hipotálamo y el sistema límbico son componentes de una complicada red neural que controla las emociones y la motivación en general (Hernández, 2002). El hipotálamo tiene la capacidad de detectar los niveles hormonales y de nutrientes en la sangre y de los cambios en la temperatura corporal. Es una estructura inductora del comportamiento en tanto se ha propuesto que es la base de las conductas alimentarias de sed, hambre, búsqueda de abrigo, conducta sexual, agresión e huida. La regulación de estas conductas es llevada a cabo por medio de las eferencias directas a las neuronas de la columna intermediomedial en la ME o por

nervios que van a los núcleos del tallo cerebral relacionados con el control visceral (Alcaraz & Gumá 2001) como el núcleo del tracto solitario, principal receptor del flujo de información procedente de las vísceras, que a su vez actúa sobre el núcleo del nervio vago (Hernández González, 2002). Otra vía de influjo sobre el SNA es a través de la acción de esta estructura en el sistema endocrino para liberar hormonas: Se acepta en general que la porción anterior del hipotálamo activa al sistema parasimpático e inhibe al simpático, y la porción posterior activa al simpático e inhibe al parasimpático. De esta manera, la participación de esta estructura en la motivación y la conducta emocional es indudable. El sistema hipotalámico-hipofisiario también tiene abundantes lazos de control y retroalimentación que conectan muchas regiones cerebrales, incluida la amígdala y otras regiones límbicas y de la corteza.

Otra de las nociones más difundidas en el campo de la neurobiología de emoción es que los procesos emocionales se procesan fundamentalmente a nivel del sistema límbico (Ramos, 2001; Palmero, 1996). Este sistema inicialmente comprende a un conjunto de estructuras encerradas en la profundidad del cerebro, formando un anillo alrededor del tallo cerebral (Alcaraz 2001). Actualmente sigue aceptándose en cierta forma la idea de que el sistema límbico podría funcionar, como lo sugería MacLean (1949, citado por Lautin 2001), de forma casi independiente de la corteza, encargándose de mantener en el organismo un nivel homeostático de funcionamiento. Por otra parte, podría funcionar como una especie de filtro, que autorregularía la cantidad y la intensidad de la estimulación emocional que llega hasta el sujeto (Palmero, 1996).

Al esquema original propuesto por MacLean se han anexado otras estructuras neurales que a la luz de una gran cantidad de experimentos se ha demostrado que también están involucradas en los procesos emocionales (Hernández, 2002), como son el septum, el área preóptica, ciertos núcleos del tálamo, algunas porciones de los ganglios basales, como el pálido ventral (Rolls, 1999) y el núcleo accumbens (Panksepp, 1998); así como algunas porciones de la corteza frontal. Otras estructuras implicadas en las emociones son el giro del cíngulo (Berridge, 2003) y algunas regiones

del tallo cerebral cuya contribución a los procesos de integración de la información emocional ha sido recientemente resaltada (Panksepp, 1998; Berntson y cols. 1998; Damasio, 1999).

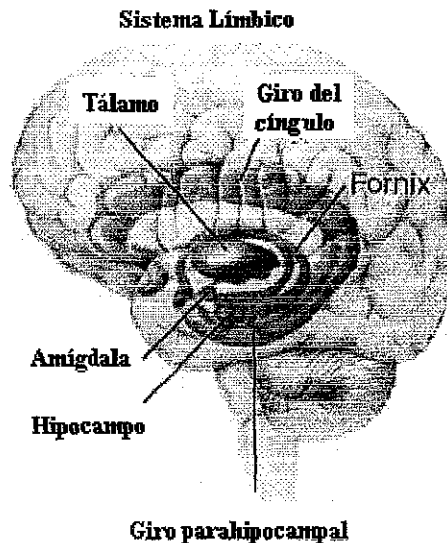


Figura 1: Localización anatómica de la amígdala y otras estructuras del sistema límbico.

Ciñiendo la exposición a los objetivos de este trabajo, profundizaremos únicamente en la contribución de la amígdala al circuito de procesamiento emocional, por su capacidad de modulación sensorial y en la función de distintas regiones corticales:

Amígdala: De todas estas estructuras la amígdala es la estructura mejor estudiada del circuito emocional y ha demostrado ser una estructura central en el procesamiento de la información emocionalmente significativa. La amígdala es un conjunto de núcleos en el lóbulo temporal que recibe información sensorial altamente procesada y que mantiene extensas conexiones recíprocas con otras estructuras cuya función puede ser modulada por la emoción (Damasio, Adolphs y Damasio, 2003): la corteza ventromedial, los ganglios basales, el cerebro anterior y el hipotálamo, así como estructuras adyacentes como el hipocampo. Esta estructura puede caracterizarse como un analizador pre-atentivo del ambiente que busca la información relevante en el ambiente que debe atenderse o codificarse en memoria (Ochsner y Feldman-Barret,

2000). Su disposición anatómica es consistente con estos datos: La amígdala del primate esta densamente interconectada con el neocórtex (LeDoux 1995, 2000) y se plantea que esta recibe información modal-específica de la mayoría de las áreas corticales sensoriales. La información sobre la identidad de un estímulo puede alcanzar a la amígdala a través de dos rutas posibles: la primera es un sistema cortical empleado para reconocer el estímulo con base a distintas propiedades perceptivas; el segundo consiste de conexiones más directas con los órganos sensoriales vía el tálamo, evitando la ruta cortical "larga".

En experimentos conducidos principalmente con ratas, LeDoux (1997, 2000; Armony y LeDoux, 2000) ha demostrado que cada vía de entrada a la amígdala da soporte a una diferente clase de aprendizaje emocional: la ruta cortical permite la discriminación de estímulos basándose en análisis complejos de sus características distintivas así como en la adquisición de diferentes respuestas condicionadas a estos. En contraste, la vía subcortical puede por sí misma apoyar el aprendizaje rápido de respuestas condicionadas ante estímulos preceptuales burdamente definidos. Sobre la base de estos resultados, LeDoux sugirió que la ruta subcortical provee de un análisis rápido de las propiedades del estímulo que sirven como un patrón para el procesamiento subsecuente (Ochsner y Feldman-Barret, 2000).

La investigación con animales empleando el método de lesión implicaban a esta estructura en la consolidación de la memoria a largo plazo. Para el caso de los humanos, estudios recientes de casos clínicos que reportan daños en esta estructura (McGaugh y Cahill, 2003), así como en una cantidad muy grande de experimentos que emplean resonancia magnética funcional en sujetos sanos, han provisto de suficiente evidencia para generalizar estos hallazgos, demostrando que la amígdala es crítica para un mejor desempeño en la memoria declarativa de largo plazo. Además de su papel en la memoria emocional, la amígdala, ha demostrado un papel crucial en las contribuciones que tiene la emoción en procesos atencionales. Se ha encontrado que uno de los componentes de la atención, la conducta de orientación hacia pautas que se asocian a contingencias reforzadoras, depende un circuito que involucra el núcleo

central de la amígdala y sus conexiones con la sustancia nigra y el estriado dorsal (Han, Maman, Holland y Gallagher, 1997). Otro importante componente de la atención, la distribución de los recursos de procesamiento hacia situaciones novedosas o sorprendentes, parece depender de la integridad de los núcleos centrales de la amígdala y sus conexiones con las neuronas colinérgicas en la sustancia innominata y el núcleo basal, estructuras del cerebro anterior. Se propone que a través de estos núcleos y conexiones la amígdala podría influenciar las funciones colinérgicas y consecuentemente modular la atención, la vigilancia y otros aspectos del procesamiento de información que parecen depender de la modulación colinérgica (Everitt y Robbins, 1997).

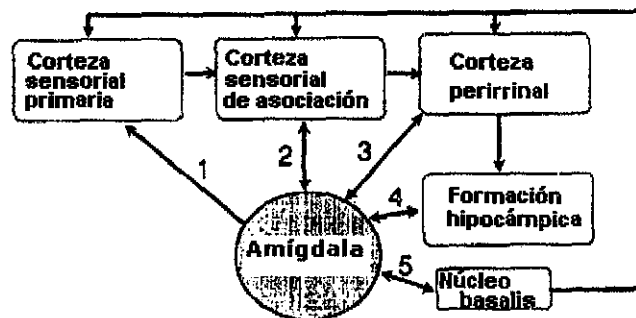


Figura 2: Aferencias y eferencias de los núcleos amigdalares, adaptado de LeDoux (1995).

En el diagrama anterior, puede observarse manera sintetizada cómo se propone que actúan las influencias de la amígdala sobre el procesamiento cognitivo: Una vez que un estímulo emocional activa la amígdala, esta estructura a su vez impacta los procesos cognitivos organizados en la neocorteza. La amígdala recibe aferencias de las áreas de asociación pero no de las áreas primarias sensoriales de la corteza. Sin embargo, parece proyectar de vuelta a la corteza sensorial primaria (1) y a las áreas de asociación (2). Estas proyecciones le permiten a la amígdala y a la información emocional codificada controlar el flujo de la información sensorial y puede representar canales a través de los cuales el procesamiento emocional puede modificar la percepción. La amígdala mantiene conexiones bidireccionales con la corteza perirrinal (3) y la formación hipocámpica (4). Estas estructuras han sido implicadas en el procesamiento de la memoria

declarativa o explícita, por lo que tales interconexiones pudiesen constituir un sustrato para la influencia de la emocional en la memoria (Cahill y McGaugh, 1998, 2003, Berntson, Sarter y Cacciopo, 2003). El hipocampo es también importante para situar en un contexto al estímulo emocional. El núcleo basal (5) es la fuente de las aferencias colinérgicas a las áreas de la corteza ampliamente extendidas y desempeña un papel importante en la activación cortical y la atención, lo cual sugiere que las proyecciones de la amígdala sean muy importantes en procesos de atención y activación (LeDoux, 1995; Everitt y Robbins, 1997, McGaugh, 2003).

Es importante señalar que se ha sugerido que la respuesta de la amígdala disminuye ante estímulos que señalan un ambiente seguro y libre de amenazas (Surakka, Tenhunen-Eskelinen, Hietanen y Sams, 1997). Esto es válido tanto para los estímulos cuyo valor como señales de seguridad ha sido aprendido antes del experimento o para estímulos que inicialmente parecían amenazantes pero que demostraron no serlo durante el curso de un experimento (McGaugh y Cahill, 2003). Otro fenómeno que parece apuntar en la misma dirección es la significativa reducción del reflejo de sobresalto que se observa cuando el estímulo que genera el reflejo es presentado en un contexto positivo en comparación a cuando se presenta en uno neutro o negativo (en cuyo caso se observa el efecto contrario; Schupp, Cuthberth, Bradley y Birbaumer 1997; y cols, 2004; Armhein, Mühlberger, Pauli y Wiedermann, 2004; Mini, Palomba y Angrilli, 1997). En todo caso, el efecto de los estímulos positivos en esta estructura aún no ha sido caracterizado adecuadamente. En estudios con técnicas de neuroimagen los resultados no son consistentes: algunos autores reportan la activación de esta estructura ante estímulos tanto positivos como negativos, mientras que otros no reportan una activación (Ochsner y Feldman-Barret, 2000).

Lóbulos frontales: Mientras que la amígdala puede modular respuestas corticales ante los estímulos emocionales a través de sus proyecciones directas a las áreas sensoriales y asociativas, algunas regiones de los lóbulos frontales se encuentran también implicadas en la modulación de las respuestas ante estímulos emocionales a

través de la modificación del nivel de prioridad o significado del estímulo que se procesa. Desde el campo de los estudios clínico se ha determinado que la corteza prefrontal cumple un papel crucial en la motivación, emoción y procesamiento cognitivo de orden más complejo (Damasio, 1999; Damasio, Adolphs y Damasio, 2003). En general, se dice que la corteza prefrontal cumple la función de integración y regulación de la emoción, merced a su capacidad inhibitoria sobre el sistema límbico, pero hay tres regiones en particular que en estudios recientes que involucran algunas propiedades del procesamiento emocional han recibido mayor atención:

a) Corteza orbitofrontal: El tercio inferior o ventral de la corteza prefrontal recibe el nombre de corteza orbitofrontal (COF), por su cercana posición a las órbitas oculares. Rolls (1999, 2004) propone que la amígdala y de la COF son las estructuras involucradas en el aprendizaje del valor emocional y motivacional de los estímulos, pues no sólo son los depositarios de la representación del valor de los reforzadores no condicionados, sino también porque son las partes del cerebro que permiten el aprendizaje de la asociación de patrones entre los potenciales reforzadores secundarios y los primarios. Algunos experimentos de Rolls (1999) avalan esta hipótesis, por ejemplo el hecho de que en el mono las neuronas de estas regiones disparen vigorosamente cuando prueba alguna comida predilecta o cuando ve la comida o un estímulo asociado. En estos estudios las neuronas de la COF responden a las propiedades hedónicas o afectivamente positivas de algún estímulo. Berridge (2003) señala que en humanos diversos estudios con TEP y RMNf reportan cambios en la COF asociados con sabores agradables o desagradables, olores, estímulos táctiles agradables e incluso ante música agradable o recompensas económicas.

b) Región ventromedial: Por otra parte, la región ventromedial de los lóbulos prefrontales (CPFVM) se encuentra conveniente localizada para procesar información emocional al mantener conexiones recíprocas con la amígdala y puede por lo tanto recibir información emocional acerca de estímulos que están siendo procesados desde la amígdala así como mandar retroalimentación a la amígdala para suprimir o facilitar el procesamiento emocional de acuerdo con las prioridades prefrontalmente

determinadas. La corteza está fuertemente interconectada, de manera tal que cualquier información registrada en la CPFVM puede influir las propiedades ejecutivas de la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL) y en última instancia alterar la dirección de la atención o modificar la asignación de recursos en un contexto determinado. La CPFVM puede entonces verse como el puente que transporta la información emocional de las regiones subcorticales límbicas a los centros ejecutivos corticales más elevados (Taylor y Fragopanagos, 2005).

c) *Corteza dorsolateral*: Se sabe que la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL) juega un rol importante en el mantenimiento de las representaciones relevantes sólo para la tarea, de manera tal que la atención pueda ser efectivamente dirigida para conseguir los objetivos de la tarea. Las representaciones mantenidas por la CPF DL pueden ser emocionales o no-emocionales, ya que su selección no depende (al menos de manera directa) de su carga emocional, sino más bien en la relevancia que tienen para el desempeño de la tarea (Taylor y Fragopanagos, 2005; Perlst ein, Elbert y Stenger, 2002). Esta región de la corteza se encuentra escasamente conectada con las estructuras límbicas clásicas, pero se encuentra interconectada con estructuras paralímbicas como el hipocampo y el cíngulo anterior. A pesar de que por sí misma no se encuentre implicada en mediar operaciones motivacionales, se sugiere que se encuentra bien posicionada para ser influida por el estado motivacional del organismo, ya que a través de técnicas de registro unitario se ha observado que las regiones ventrales de la corteza prefrontal y las áreas límbicas y paralímbicas son recíprocamente interactivas con las regiones dorsales (Perlst ein y cols, 2002).

Especialización hemisférica: Tradicionalmente se ha sugerido un distinto grado de especialización de cada hemisferio cerebral para el procesamiento de diferentes funciones cognitivas. Así por ejemplo se sugiere una mayor capacidad del hemisferio derecho para procesar atención, tareas espaciales, música, habilidades no-verbales, y los aspectos prosódicos del lenguaje; mientras que el izquierdo procesa la información de tipo verbal, lógico-matemática y temporal-secuencial (Ramos, 2002).

En la actualidad se acepta indiscutiblemente la participación de la corteza en diversas fases del procesamiento de las emociones y la idea de una especialización correspondiente a cada hemisferio en ciertos aspectos de este procesamiento es una noción que cuenta con cierta aceptación. Muchos de estos datos provienen del estudio de casos clínicos en los que se observan ciertas diferencias de procesamiento de los estímulos cargados afectivamente en función del hemisferio que se estimule (Lehman y cols, 2001). Lo anterior es particularmente evidente en el caso de los pacientes con cerebro dividido (Cacciopo & Gardner 1999), pero existen más evidencias provenientes de la observación de que las lesiones en el hemisferio izquierdo provocan un daño más severo en lo referente al estado de ánimo del paciente, mientras que las lesiones del hemisferio derecho dan lugar a una reducción de la intensidad de las experiencias emocionales (Heller, 1993), llegando a observarse una indiferencia del sujeto ante su problemática (Davidson, 1975), sugiriendo que al igual que en la especialización del hemisferio izquierdo para el lenguaje, el hemisferio derecho cumpliría una función más desarrollada en el procesamiento emocional. Esta hipótesis parece reforzarse con los resultados reportados en diversos trabajos en los que se emplea RMNf, que reportan una mayor actividad metabólica en las estructuras del lado derecho (Vuilleumier, Armony, Driver y Dolan, 2001; Persltein y cols. 2002, Sander y Scheich, 2001) por citar unos cuantos ejemplos) ante la exposición a estímulos con una carga afectiva (imágenes del IAPS, rostros con expresiones emocionales, sonidos de llanto y risas) y según parece ser el caso, en ciertas tareas de procesamiento emocional la amígdala derecha también muestra una activación más elevada que la izquierda (Armony, Colbo, Clément y Brunet, 2005).

Respecto a la naturaleza de estas asimetrías existen algunos modelos teóricos que proponen diferencias hemisféricas en el procesamiento de las emociones positivas y las emociones negativas. Uno de ellos es el de Davidson (1984,1999, 2000, 2003), quien ha propuesto un modelo bastante difundido, aunque no exento de crítica, de distribución hemisférica del procesamiento de estímulos afectivos según el cual, el lóbulo temporal derecho procesaría los estímulos negativos, mientras el izquierdo procesaría los positivos. Una serie de trabajos parecen sustentar esta propuesta (por ejemplo: Sutton,

Ward, Larson, Holden, Perlman, y Davidson, 1997; o Wrase y cols., 2003). Sin embargo, a este respecto se han encontrado reportes en contra de este modelo. Por mencionar un caso, Canli y cols., (1998), encontraron en un experimento efectuado con RMNf una mayor activación ante imágenes negativas en el lóbulo temporal izquierdo. Es común también encontrar reportes de autores que sostienen que la activación hemisférica se produce por igual ante los estímulos positivos y negativos (Baker, Frith, y Dolan, 1997; Lane y cols., 1997). En un par de meta-análisis (Phan y cols., 2002; y Wager y cols., 2003), han reportado encontrado que las activaciones reportadas en 65 estudios de neuroimagen con sujetos normales no alcanzan una consistencia significativa en tanto a una lateralización mayor en la corteza en función de la valencia positiva o negativa de los estímulos, pero sí encontraron una mayor tendencia a la activación del hemisferio izquierdo en la corteza frontal lateral cuando analizaron la categoría de "acercamiento" (approach).

Procesamiento a nivel del SNA

El sistema nervioso autónomo (SNA) es responsable de las respuestas visceromotoras, de la musculatura lisa del organismo y de las glándulas exocrinas. Incluye las ramificaciones nerviosas a lo largo del cuerpo que transmiten la información a los músculos o que provienen de los órganos sensoriales, así como los nervios que llevan información desde el SNC hasta varios órganos corporales internos (Hernández, 2002). Este sistema, junto con los sistemas endocrinos permite el control del medio interno del organismo para el mantenimiento de un ambiente óptimo para células, tejidos y órganos incluidos el cerebro y los músculos (Jänig, 2003). A través del SNA y el sistema endocrino el hipotálamo se encarga de regular la temperatura corporal, la concentración de fluidos corporales, el metabolismo, la conducta reproductiva, los estados de alerta y sueños, los recursos corporales en situaciones de dolor o estrés e incluso se plantea una relación de las funciones del SNA con el sistema inmunológico (Jänig, 2003).

De acuerdo a ciertas características anatómicas y funcionales este sistema se ha dividido desde los estudios de Langley (veáse Langley 1921, citado por Jänig 2003) en

Los paralelos entre algunas de estas respuestas y la expresión corporal de las denominadas emociones básicas se ha propuesto desde los primeros estudios de las inervaciones autonómicas (al respecto las metáforas coloquiales o literarias abundan en ejemplos comunes: "el brillo en los ojos" para describir una alegría evidente o "temblar de rabia o de miedo" para hablar de un nivel de excitación difícilmente contenible). Puede observarse por lo tanto, que todas las diversas funciones del SNA en el mantenimiento de la homeostasis y los cambios asociados a estas son de interés en el estudio de las emociones porque forman parte de la expresión de los estados emocionales del organismo en tanto que estos también suponen un aumento o una reducción en el gasto metabólico y un cambio en el equilibrio corporal. Siguiendo este principio, las respuestas mediadas por el SNA son el fundamento de múltiples mediciones empleadas en la evaluación del estado emocional, como las medidas del ritmo cardíaco y respiratorio, los cambios en la temperatura y en la conductancia eléctrica en la piel, tensión muscular que como se verá más adelante, proveen de una forma de medición indirecta del estado emocional.

Además de este punto, existe un segundo factor de interés en el contexto de las interacciones emoción-cognición: Al parecer la actividad aferente de las vísceras ejerce una fuerte influencia en el procesamiento emocional al modular las percepciones sensoriales y del estado del cuerpo generadas en las estructuras centrales, lo cual se acerca a lo que proponía originalmente James (1894) sobre la función que cumplen los cambios viscerales en la experiencia de una emoción. Esta idea tiene sentido cuando consideramos que una de las funciones del sistema simpático es la activación generalizada del organismo. Parte del conjunto de los axones preganglionares simpáticos mantienen proyecciones directas a la médula suprarrenal, las cuales proveen a la división simpática de un componente neuroendocrino que actúa globalmente liberando adrenalina y noradrenalina en la circulación, y por tanto amplificando la acción del componente neural (Hernández, 2002, Alcaraz 2001, McGaugh y Cahill, 2003; Quirarte, Roozendaal, & McGaugh, 1997; Roozendaal, Nguyen y McGaugh, 1999). Finalmente, los procesos que ocurren a nivel del SNA también son parte esencial del substrato biológico del procesamiento de *abajo hacia*

arriba: recientemente, se propone que las conexiones recíprocas que el SNA mantiene con el cerebro y las vísceras dan lugar a modulaciones de la conducta y diversos procesos de orden cognitivo (Berntson, Sarter y Cacciopo, 2003), así como a la modulación del dolor a nivel del tallo cerebral (Jänig, 2003; Berridge 2003). En este sentido, un nervio particularmente importante de la división parasimpática es el nervio vago, formado por axones preganglionares originados en el bulbo raquídeo y que se dirige al corazón, pulmones y estómago, estructuras que como se señala más adelante son el blanco de varias medidas psicofisiológicas (Carretié e Iglesias, 1997).

Se propone que la regulación autonómica asociada con la activación emocional tiene lugar en dos niveles: 1) en el hipotálamo (anteriormente descrita) y 2) en el tallo cerebral. En este nivel una vía cuya importancia ha sido resaltada en algunas investigaciones es la del núcleo del tracto solitario, que cumple entre otras cosas la función del relevo primario en el tallo cerebral, del cual salen proyecciones a las estructuras rostrales, incluidas la amígdala, el sistema colinérgico del cerebro anterior y la corteza. Este sistema parece ser el substrato de integración de influencias descendientes, por ejemplo desde la amígdala y el cerebro anterior con la información visceral aferente y el flujo autonómico, particularmente simpático (Bernston y cols., 1998).

1.3 Relación de la emoción con otros procesos cerebrales.

Una de las principales contribuciones de las nuevas aproximaciones al estudio de la emoción es el reconocimiento del valor de las emociones en el comportamiento de los organismos superiores, que no sólo reside en su estrecha relación con la motivación. Actualmente se propone que diversos procesos de tipo emocional juegan un papel importante en ciertos aspectos de los procesos cognitivos, por ejemplo la atención, la percepción, el aprendizaje y la memoria (Dolan, 2002). Esta interacción ha ido quedando demostrada cada vez con mayor firmeza en varios modelos teóricos (Davidson, 1999, 2003; Damasio, 1997, 2000; LeDoux 1995, 1997, 2000; por citar algunos) y en la actualidad constituye un campo muy amplio de investigación, que tal

vez termine por redefinir las fronteras de lo que se considera cognición y lo que se considera afecto.

Dentro de este campo la exposición se orientará a las evidencias exploración de como el contexto afectivo puede modular procesos de tipo perceptivo o atencional, estrechamente relacionados entre sí.

Emoción y procesamiento sensorial

Anteriormente, hicimos referencia al mecanismo por el cual LeDoux propone la integración de la información emocional con la sensorial (ver figura 2), mencionando que la posición de la amígdala y la gran cantidad de conexiones que recibe de las cortezas sensoriales primarias e incluso de sitios subcorticales, le permiten efectuar un registro crudo pero rápido, del valor emocional de un estímulo. De esta manera, se ha sugerido que la amígdala codifica el valor emocional de los estímulos en un momento previo a la percepción completa del estímulo, pues ésta es posible únicamente a partir de las cortezas de asociación en un nivel más elevado, requiriendo una secuencia temporal más larga (Taylor y Fragopanagos, 2005). En este sentido se propone que el significado afectivo de toda la información perceptual entrante es automáticamente evaluada y de que hay vigilancia automática para los estímulos relacionados a amenazas (Mathews & Mackintosh 1998; Robinson, 1998, 2007).

Consistente con esta hipótesis, evidencia de un incremento en la capacidad perceptual de las personas a partir de la valencia de un estímulo, o bien de un contexto, ha quedado demostrada en la serie de experimentos de Calvo y cols. (2006), quienes encontraron una mayor capacidad de las palabras negativas en comparación con las neutras o las positivas para ser procesadas de manera automática en una tarea en la que a los sujetos se les presentaban palabras taquitoscópicas en el campo de visión parafoveal (no atendido). Otro estudio de este tipo es el trabajo de Hermans y cols. (2001) en el que reportaron que el tiempo para evaluar una palabra como positiva o negativa es más corto cuando esta va precedida de una palabra de impronta (presentada brevemente, 200 ms o menos) con la misma valencia emocional, siendo el

efecto más consistente mientras que la presentación de la palabra prueba no se demorara más de 300ms. Lo interesante de estas experiencias es que al parecer este tipo de procesamiento automático involucra un mecanismo de evaluación pre-atentiva, el cual es rápido, puede ocurrir en paralelo e independiente de la conciencia o el control intencional. Nuevamente, en la medida de que el significado afectivo de un estímulo se encuentra relacionado a su importancia adaptativa, este tipo de evaluación y vigilancia automática es funcional al permitir una repuesta rápida de reacciones apetitivas o aversivas, cosa especialmente útil en el segundo caso (Cacciopo y Gardner, 1999).

El procesamiento sensorial incrementado se ha observado también en estudios de TEP e RMNf, generalmente en forma de un aumento en la actividad metabólica de la corteza extraestriada ante la presentación de materiales visuales tales como fotografías agradables o desagradables (Lang y cols. 1998; Lane y cols. 1997, Lane, 2000; Sabatinelli y cols. 1999) o caras con expresiones de miedo (Morris y cols. 1998), entre muchos otros ejemplos posibles. Específicamente, la mayor activación generada por fotografías con contenido emocional se ha observado tanto en las áreas de procesamiento visual posteriores, como en estructuras más anteriores, como el giro fusiforme. Schupp, Junghöffer y Weike (2003) reportan también un procesamiento selectivo de los estímulos emocionales revelado por estudios electrofisiológicos. Al presentar fotos del IAPS observaron una negatividad temprana en áreas posteriores, que se desarrolla a partir de los 150 ms, la cual era aún más pronunciada en estímulos que los autores consideraban de mayor relevancia en términos evolutivos, como lo son imágenes eróticas y mutilaciones. Tomadas en conjunto, estas investigaciones sugieren que este tipo de fotografías da lugar a una activación mayor de las áreas corticales que participan en el procesamiento visual (Hamm, Schupp y Weike, 2003). Se ha propuesto que estos efectos pueden deberse a un mecanismo re-entrante a través del cual proyecciones de la amígdala retroalimentan a la corteza visual (Lang y cols. 1998).

Puede observarse que todas estas evidencias se encuentran relacionadas con la modalidad visual. Aunque la conectividad de la amígdala se observa también en áreas primarias auditivas, sugiriendo que mecanismos similares podrían operar en etapas

tempranas de la percepción acústica, todavía no se ha caracterizado este fenómeno de incremento perceptual en esta modalidad.

Emoción y Atención

La atención es una facultad de muchas especies animales empleada para reducir el flujo de información del sistema sensorial del cerebro al resaltar los elementos importantes mientras elimina a los que son meros distractores o menos importantes. Esta facultad se ejerce especialmente en las etapas más tempranas de respuesta, de manera que juega un papel muy importante en la selección de los estímulos que hay que procesar y por ende, un papel fundamental en la eficiencia y la adecuación de las respuestas del organismo. En este sentido, se pretende que esta función se encuentra muy cercana a la emoción, pues se ha planteado que lo que determina la relevancia o importancia de un estímulo es el contenido emocional que este presenta al sistema sensorial, de manera que este contenido podría modificar y actualizar las metas y cambiar la dirección de la atención (Taylor y Fragopanagos, 2005). Ya hemos revisado en la sección anterior como a través de circuitos que involucran a la amígdala, el estriado y el cerebro anterior, la emoción puede contribuir a seleccionar aspectos particulares del ambiente y asignarles mayores "recursos de procesamiento". Se plantea que estos recursos estarán dirigidos de manera preferente hacia aquellos aspectos del ambiente que sean más relevantes para la supervivencia a corto y mediano plazo (Carretié, Martín-Loeches, Hinojosa y Mercado, 2001; Schupp y cols., 1997; Cuthberth, Schupp, Bradley, Bribauer y Lang, 2000; Bradley y Lang, 2000b).

Lo anterior también queda reflejado en una serie de experimentos recientes en los que se observa que el empleo de elementos emocionales provoca cierta "distorsión" en el desempeño en tareas en las cuales el nivel de atención es crucial para obtener un buen rendimiento, especialmente los que tienen un contenido negativo o aversivo. En una revisión sobre el tema, Dolan (2002) resalta los siguientes procedimientos experimentales en que dicha alteración puede observarse, algunos de los cuales se relacionan con los comentados en la sección precedente:

a) Tarea de Búsqueda Visual: al participante se le instruye para que busque un determinado elemento (un objetivo o *target*) en un contexto en que éste es presentado junto a otros estímulos distractores. La tarea consiste en localizar y responder lo más rápidamente posible la posición del objetivo, procurando ignorar los distractores que pueden variar en número y tipo. Los resultados informan de un incremento en el tiempo empleado para detectar el objetivo que está en proporción directa al número de estímulos distractores irrelevantes presentados. En cambio, cuando los distractores empleados son de tipo emocional, el estímulo objetivo es más rápidamente detectado, especialmente si se emplean estímulos que los sujetos temen (Öhman, Flykt, y Esteves, 2001).

b) Tarea de Orientación Espacial: en una variante del procedimiento anterior, al participante se le presenta en la pantalla un primer estímulo distractor al cual no deberá de responder, posteriormente aparece el estímulo objetivo al cual debe indicar en qué posición de la pantalla se ha presentado (arriba-abajo o izquierda-derecha). Cuando el distractor aparece en la misma posición del objetivo, éste habrá cumplido una función de señalización y por tanto de facilitación de la respuesta. En el caso contrario, cuando el distractor aparece en una localización diferente a la que luego va a ocupar el objetivo cumple una función de interferencia ya que prepara a la respuesta en una posición diferente.

Tal como se ha indicado, en el caso del empleo de estímulos irrelevantes, existe una facilitación en la respuesta cuando el objetivo es presentado en el mismo lugar del distractor; en cambio se observa un incremento en la respuesta de orientación cuando el *target* aparece en la misma localización de una señal emocional (como pueden ser caras, palabras amenazantes, estímulos condicionados, arañas) respecto a cuando el estímulo blanco aparece en el lado contrario (Armony y Dolan, 2002; Mogg, Bradley, De Bono, y Painter., 1997; citados por Dolan, 2002). Otra variante de este paradigma es el empleado por Hugdahl y Stormark (Stormark, Field, Hugdahl, Mardi, 1997, Hugdahl y Stormark, 2003). En estos experimentos encontraron un efecto de "evitación cognitiva" (*cognitive avoidance*), un efecto que puede ser conceptualizado como una

hiperfacilitación de la retirada de la atención del sitio señalado por la pista asociada al estímulo desagradable, lo cual reducía significativamente el tiempo de reacción en respuesta a los estímulos inválidos cuando la pista era un estímulo negativo o que el sujeto quería evitar, como por ejemplo un alcohólico abstinerente ante estímulos verbales asociados a la bebida.

c) Tarea de Parpadeo Atencional: este paradigma intenta limitar la detección de un estímulo mediante el empleo sucesivo de otro que actúa como máscara del primero (Raymond, Shapiro, y Amell, 1992 citados por Dolan, 2002). Esta ceguera atencional se ve reducida cuando el contenido del segundo estímulo es emocional (Anderson y Phelps, 2001).

Otras investigaciones utilizando RMNf han reportado mayores activaciones de las áreas cerebrales que normalmente procesan la información afectiva, especialmente la amígdala: por ejemplo ante estímulos de llanto y risas (Sander y Scheich, 2001); o ante rostros con expresiones de miedo (Vuilleumier, Armony, Driver y Dolan, 2001) entre muchos otros casos. A partir de estos estudios se ha sugerido que este tipo de estímulos tienen la capacidad de capturar la atención independientemente de que el sujeto se encuentre involucrado en el desempeño de otra tarea.

En el campo neuropsicológico, la captura de la atención a partir de estímulos emocionales también se ha observado en pacientes con negligencia espacial, quienes suelen ignorar estímulos en el hemicampo visual contralateral cuando se les presentan al mismo tiempo que estímulos en el hemicampo visual ipsilateral. Específicamente, estos pacientes tienen mayores posibilidades de hacerse conscientes de estímulos que representan contenidos emocionales, como caras alegres o con expresiones de enojo o arañas, por ejemplo, que contenidos neutrales. (Vuilleumier y Schwartz, 2001a, 2001b). En nuestro laboratorio (Alvelais, 2006), en un experimento en el que los sujetos efectuaban una tarea compleja de memoria de trabajo en medio de la cual se les presentaban caras con distintas expresiones como distractores, se encontró una tendencia de las caras exhibiendo una expresión de enojo a provocar una mayor

interferencia conductual en comparación a las caras alegres o neutras.

A partir de numerosos trabajos que emplean estímulos emocionales de este tipo, se ha podido observar que en términos globales los estímulos aversivos provocan respuestas más rápidas y más prominentes que los estímulos emocionalmente neutros o positivos (Carretié y cols., 2001). Para definir este fenómeno se ha acuñado la expresión "sesgo de negatividad", el cual es evidente en distintos tipos de respuestas relacionadas con el procesamiento cognitivo, emocional o social (Cacioppo y Gardner, 1999). Este sesgo, que podemos suponer innato y común a otras especies, se observa no sólo para los estímulos biológicamente aversivos; algunos trabajos han obtenido resultados en los que, a través de *condicionamiento aversivo* (asociación de un estímulo condicionado con un estímulo incondicionado aversivo), se ha producido este mismo sesgo, reflejado en un incremento de la actividad cerebral relacionada con la atención (Montoya, Larbig, Pulvermüller, Flor y Birbaumer, 1996). Los trabajos que emplean la presentación enmascarada de estímulos y la medición de algunas variables autonómicas, como los ya mencionados de Öhman (1998), Öhman, Flykt y Esteves (1999), y más recientemente el de Silvert y cols. (2004), parecen sugerir una hiperfacilitación de los estímulos negativos para capturar la atención, incluso en situaciones en que se prescinde de la actividad consciente del sujeto. Las ventajas adaptativas y evolutivas del sesgo de negatividad son claras, ya que las consecuencias de ignorar o reaccionar lentamente ante un estímulo aversivo o peligroso son más dramáticas que las de ignorar o reaccionar lentamente ante estímulos neutros o apetitivos (Carretié, 2001). Como se verá con más detalle en el capítulo 3, este fenómeno también ha resultado evidente en varias investigaciones psicofisiológicas que emplean estímulos de tipo emocional.

1.4 Estudio experimental de las respuestas emocionales

Lo primero que puede pensarse respecto a la inducción de emociones en el laboratorio es que la presentación de estímulos emocionales *per se* no garantiza la generación de una emoción en el espectador, sino que generalmente este tiene que decodificar el material presentado y las respuestas estarán mediadas por la manera particular en que

cada individuo efectúa esta decodificación, lo cual puede variar enormemente de un sujeto a otro en dependencia de una serie de variables, por ejemplo la personalidad, el temperamento y las experiencias previas, así como las metas del sujeto en la situación experimental (causar una impresión favorable, demostrar cierto grado de autocontrol o impasibilidad, etc) y las estrategias de las que dispone para hacer frente a una situación emocional. Para asegurar entonces la ocurrencia o no de una emoción en el contexto experimental se han desarrollado varias técnicas e instrumentos que permiten una evaluación de las respuestas de los participantes.

Hemos mencionado que el consenso tiende a considerar a las emociones como fenómenos multifacéticos, consistentes en humanos de los siguientes componentes: reacciones conductuales (por ejemplo acercamiento), reacciones expresivas (como el entrecejo fruncido o la sonrisa), reacciones fisiológicas (cambios en la frecuencia cardiaca), y sentimientos subjetivos (por ejemplo sentirse triste o alegre). Tomando en cuenta estos componentes, puede hacerse una distinción entre los instrumentos no-verbales (objetivos) y los instrumentos verbales (subjetivos) utilizados comúnmente en el estudio de la emoción (Alcaraz, 2001).

Instrumentos no verbales para el registro de emociones.

Atendiendo al hecho de que los estados emocionales van acompañados de cambios corporales, una de las aproximaciones a la medición de las emociones ha sido la observación de los cambios corporales y expresivos y el de registro las señales psicofisiológicas. Basándonos principalmente en la revisión de Carretié e Iglesias (1997) entre este tipo de respuestas podemos enumerar:

- 1) Las señales directamente originadas en el SNC, como la actividad cerebral espontánea (EEG) y la actividad cerebral asociada a un evento discreto (PREs o PRAD) cuya descripción en detalle de estas señales se hará hasta el tercer capítulo dedicado por completo a este punto. Otro tipo de cambio fisiológico que podría corresponder a esta sección es el flujo sanguíneo regional del cerebro, actualmente registrable

mediante la tomografía por emisión de positrones que detecta la presencia de marcadores radioactivos en los tejidos cerebrales, o bien mediante una forma de resonancia magnética sensible a cambios hemodinámicos, la RMNf, cuya aplicación ha tenido un auge considerable en el campo de las emociones y ha contribuido en gran medida al desarrollo de este campo de estudio (Davidson, 1999; Dolan, 2002). La utilidad de estos instrumentos ha sido muy amplia en el estudio de los correlatos anatómicos de los procesos cerebrales, pues gracias a esta técnica es posible comparar los distintos grados de activación de una estructura específica, (incluso a nivel de núcleos o subregiones), en diferentes condiciones o tareas experimentales. Una breve muestra de este tipo de investigaciones ha sido ya citada a lo largo de estas páginas, especialmente en la revisión de las estructuras participantes en el procesamiento emocional.

2) Las señales sensorio-motoras: movimiento oculares, actividad respiratoria propiciada por músculos estriados y la actividad del resto de músculos estriados, incluyendo los del rostro, a través de los cuales resulta posible el estudio sistemático de las reacciones faciales expresivas vocal o postural que acompaña a la emoción. De acuerdo a Ekman (1982), cada emoción se asocia a un patrón particular de expresión que permite distinguir al observador unas de otras. La observación sistemática de estos patrones (como también de la postura del cuerpo o la modulación de la voz) constituye una vía de estudio de las respuestas emocionales (Ekman, Levenson y Friesen, 1983). El reflejo de parpadeo perteneciente también a esta categoría, ha sido empleado con mucho éxito para establecer parámetros en la valencia y los niveles de intensidad provocados por los estímulos presentados, ya sean sonidos de sobresalto o fotografías del IAPS (véase Schupp y cols. 2003, 2004; Globisch, Hamm, Eteves y Omhan, 1999; Bradley y Lang, 2000a, 2000b).

3) Las señales en las que interviene el SNA, que en el campo del estudio de las emociones suelen ser las más adecuadas en tanto que sus variaciones tienen una relación con el procesamiento emocional más clara que las otras. Entre estas respuestas podemos incluir la actividad eléctrica de la piel, la actividad cardiovascular,

la actividad pupilar, la actividad gastrointestinal, la actividad de las vías respiratorias y la actividad genital, siendo las dos primeras las más comúnmente evaluadas y las que por su relación con nuestro trabajo serán las únicas que desarrollaremos con más detalle en este apartado.

Variables del Sistema Nervioso Autónomo (SNA)

Respuesta electrodermal: La actividad eléctrica de la piel, cuando se mide con lo que se denomina circuitos exosomáticos (esto es, a través de una corriente eléctrica externa, aunque también es posible registrar circuitos endosomáticos, o sea generados por el propio organismo), da lugar a dos tipos de señales psicofisiológicas: la resistencia y la conductancia de la piel. Ambas medidas tienen que ver con el mismo factor físico, el grado de dificultad con la que la electricidad atraviesa la piel. Esta dificultad depende entre otras cosas de la sudoración. El sudor es básicamente un electrolito que al impregnar el estrato córneo, capa seca y aislante de la epidermis, y rellenar los conductos secretores de las glándulas eccrinas, facilita una vía conductora del exterior de la piel a la hipodermis y viceversa (Carretié e Iglesias, 1997).

Una gran variedad de estímulos pueden provocar respuestas electrodérmicas (en un sentido estricto prácticamente cualquiera), pero de acuerdo con Bradley y cols. (2000a) quienes proponen un modelo de "umbral" de la activación afectiva, sólo materiales que involucren una carga afectiva son capaces de extender las respuestas simpáticas de conductancia eléctrica de la piel más allá del punto en el que discurre cualquier estímulo novedoso moderadamente activante. De esta manera, las respuestas de gran magnitud se observan ante estímulos puntuales que producen una respuesta de orientación (Lyytinen, Blomberg y Näätänen, 1992), o de defensa, como por ejemplo ante palabras altisonantes. Respuestas fuertes también se generan a partir de estímulos neutrales que se invisten de un valor condicionado (Ohman, Flykt y Esteves, 1999; Delplanque y cols., 2004), o bien durante una tarea o la anticipación de una tarea como señalaba Lacey (1963, citado por Carretié e Iglesias, 1997). Finalmente, destacan las respuestas fuertes ante estímulos empleados en diferentes

situaciones experimentales típicas: reedición de expresiones faciales (Ekman, Levenson y Friesen, 1983, Levenson, 2003a), fotos del IAPS, Lang y cols. 1993, 1997, 2000); sonidos breves con contenido afectivo, Bradley y Lang, 2000a), entre otras. En términos globales la respuesta electrodermal se considera un buen índice de la activación (*arousal*) general (Hamm, Schupp y Weike, 2003), ya que como hemos mencionado, la actividad de las glándulas sudoríparas depende de la rama del sistema simpático (Jänig, 2003).

Actividad cardiovascular: En cuanto a la actividad cardiovascular, esta también se ha relacionado con una gran variedad de fenómenos y procesos de interés psicológico. Desde el punto de vista de la movilización de energía en una situación de emergencia (Duffy, 1962, citada por Palmero, 1996), se observa un aumento de la tasa cardíaca y una contracción de los vasos periféricos cuando debido a las demandas ambientales, resulte necesario suministrar más sangre al cerebro y a la musculatura estriada para facilitar una reacción adecuada del organismo. En el caso concreto de las emociones es de esperarse que se generen cambios para las cumplir con demandas que presenta cualquier emoción (Palomba, Mini y Angrilli, 1997): existe cierto consenso en que durante la emoción de miedo y en menor grado durante la de enojo se observa una vasoconstricción periférica y un aumento de la tasa cardíaca (Levenson 1992, 2003b; Stemmler 1989) asociados a la preparación para la acción de lucha o huida como lo proponía originalmente Cannon. Otras variables afectivas como el estrés o la ansiedad generados por diversas circunstancias como tareas cognitivas complejas o situaciones de competitividad y en general, situaciones con una mayor demanda atencional y de procesamiento por parte del sujeto que precisan una mayor movilidad de los recursos energéticos (Carretié e Iglesias, 1997).

El corazón se encuentra innervado tanto por la división simpática como la parasimpática del SNA, por lo que los cambios en su respuesta pueden hasta cierto punto reflejar la activación de una y otra rama (Jänig, 2003). En el caso concreto de la exposición a fotografías con contenido emocional, la actividad del corazón exhibe un patrón trifásico, con una desaceleración inicial seguida por un componente acelerativo y posteriormente,

una desaceleración secundaria. La modulación afectiva de la tasa cardíaca incluye una desaceleración inicial más pronunciada para las fotografías negativas y un pico acelerativo más prominente para fotografías positivas. Debido a esto, se plantea que mientras la actividad electrodermal es un buen índice del nivel de activación, la frecuencia cardíaca lo es respecto de la valencia (Hamm, Schupp y Weike, 2003).

Instrumentos verbales: La ventaja de todos estos instrumentos y técnicas no-verbales de registro mencionadas en la categoría anterior es que son independientes del lenguaje y los sesgos subjetivos, y no son intrusivos o molestos para el sujeto. Una limitación importante es que constituyen medidas indirectas y la mayoría solamente permite evaluar un conjunto limitado de "emociones básicas" (como enojo, miedo o sorpresa) sin que pueda precisarse en algunos casos una relación lineal con los cambios asociados a una emoción en particular (es común observar cambios en ambas direcciones, por ejemplo en la frecuencia cardíaca, de acuerdo a la intensidad o la relevancia de la estimulación) o la experiencia subjetiva del sujeto.

Muchas de estas limitaciones se compensan hasta cierto punto con los instrumentos verbales de auto-reporte, los cuales evalúan típicamente el componente subjetivo de las emociones. Los instrumentos de este tipo más comúnmente utilizados requieren que los sujetos comuniquen sus emociones empleando un conjunto de escalas o protocolos verbales. Las dos principales ventajas es que las escalas de calificación pueden diseñarse para representar cualquier conjunto de emociones, incluso emociones mezcladas. En la investigación de las emociones, traducir emociones en palabras resulta bastante complicado, porque difícilmente se encuentra una correspondencia exacta de un estado emocional con palabras (o con números, como ocurre en ciertas escalas tipo Likert), o bien porque la experiencia de una emoción en particular puede variar enormemente de una persona a otra. Puede en breve mencionarse que lo ideal en términos de la investigación científica de las emociones es la combinación de ambas técnicas.

Clasificación y evaluación de las emociones: Obviamente, la elaboración de escalas

refleja de manera implícita cierta concepción de cómo se clasifican las emociones y cómo es posible evaluarlas de la manera más precisa. Hay cierto consenso, aunque no general, de que al menos seis emociones básicas existen, como resultado de los procesos evolutivos: enojo, miedo, disgusto, tristeza, sorpresa y felicidad o alegría. Tal división proviene del texto que ya referimos de Darwin (1872), aunque autores contemporáneos sugieren no tomar la expresión "emoción básica" al pie de la letra. De acuerdo a Panksepp (1998), cada emoción debe entenderse no como un estado afectivo discreto y único, sino un grupo de estados relacionados. Según este autor, estos estados serían universales y resultado de la evolución y estarían representados en los programas centrales del sistema límbico y la neocorteza, en circuitos diferenciados. Estos programas serían responsables de la experiencia interna de las emociones.

Otras clasificaciones bastante referidas en la literatura son las de Plutchik (1989, citado por Stemmler 2003) quien en la clasificación de emociones positivas habla de *alegría*, *aceptación/confianza* y *expectativa/curiosidad*; y de *enojo*, *disgusto*, *miedo* y *tristeza* para clasificar las negativas. Por su parte Izard (1992) propone únicamente *placer* en el caso de las emociones positivas y *enojo*, *desprecio*, *desagrado*, *miedo*, *culpa*, *tristeza* y *vergüenza* en el conjunto de las negativas. Otro exponente más, Ekman (1982), realizó una de las clasificaciones de las emociones básicas más empleadas en las investigaciones contemporáneas de la emoción, que incluye la *tristeza*, la *alegría*, el *miedo*, la *ira*, la *sorpresa* y el *desagrado*. A partir de la combinación de estas emociones básicas, se configuraría el resto de los posibles estados emocionales, o emociones secundarias. A su vez, estas emociones secundarias, al combinarse, darían lugar a otras de tercer orden, y así sucesivamente hasta configurar las más complejas. El sustrato neural subyacente a las emociones básicas sería más específico y directo que el de las emociones de segundo orden, y a su vez el de estas lo sería más que el de las de tercer orden, hasta llegar así a las de último orden.

Sin embargo, este grado de especificidad difícilmente se toma en cuenta en la mayoría de las investigaciones que emplean la electrofisiología o la medición de los cambios

autonómicos ya que estas herramientas no permiten una distinción puntual de las emociones. En lugar de una clasificación bastante específica, un modelo que ha sido ampliamente difundido es el modelo dimensional de las emociones: Apoyándose en una serie de investigaciones Lang y colaboradores (Lang, 2005; Lang, Bradley y Cuthbert, 1997; Bradley y Lang, 2000a; entre otras) proponen que las emociones están compuestas de dos dimensiones básicas, la valencia y la activación o *arousal*. La dimensión valencia haría referencia a la calidad de estímulo en su componente placentero o displacentero (positivo o negativo) y tendría que ver con la generación de las conductas de aproximación o evitación. Esta dimensión es medida generalmente mediante una escala tipo Likert de nueve puntos de corte, desde 1 hasta 9, correspondiente el valor 1 a la valoración más negativa, el 5 a una valoración neutra y el 9 a la valoración más positiva. Los indicadores que correlacionan positivamente con esta dimensión son las expresiones faciales, las pruebas de sobresalto, la tasa cardiaca y la experiencia subjetiva como agradable o desagradable (Schupp y cols. 1997; Cuthbert y cols. 1998; Palomba, Mini y Angrilli, 1997).

La dimensión nivel de activación o arousal, se refiere a la intensidad o excitabilidad provocada por estímulo definido como activante o relajante (alto o bajo arousal), la cual emplea la misma escala anterior, es decir de 1 a 9, correspondiendo el valor 1 a un bajo arousal, el 5 a un arousal intermedio y el 9 a un alto arousal. Los indicadores que covarían positivamente con esta dimensión generalmente son la tasa de interés, el tiempo de inspección (Armhein y cols. 2004; Palomba y cols. 1997), la conductancia de la piel (Bradley y Lang, 2000b), la amplitud del componente P300 de los potenciales evocados (Schupp y cols. 1997; Cuthbert y cols. 1998; Delplanque y cols. 2004, 2005, 2006) y la activación de la corteza occipital empleando la resonancia magnética funcional (Lane y cols. 1997).

Las escalas derivadas de este modelo dimensional de las emociones han tenido gran aceptación y a juzgar por su empleo reiterado, parecen funcionar de manera satisfactoria. Para fines prácticos este es el modelo que adoptamos en nuestra investigación.

Para concluir esta sección unos últimos comentarios sobre las escalas de autoreporte: se ha sugerido que en la confección de las escalas de autoreporte se tome en cuenta la posibilidad de que se den situaciones en las que concurren afectos positivos y negativos al mismo tiempo, (Caccioppo y Gardner 1999). En varios trabajos (por ejemplo Levenson, 1992, 2003a), también se sugiere que aunque puede hablarse de la especificidad de una emoción, el acaecer de una emoción particular rara vez tiene lugar de manera separada con respecto a otras emociones, sino que una emoción suele facilitar la emergencia de otras. A este respecto resulta conveniente no forzar la evaluación de una emoción o estado afectivo a quedar definida por una sola calificación o una sola palabra, pudiendo ser posible la calificación a partir de varios conceptos o palabras simultáneamente (por ejemplo Ramos, 1987; Carretié, 1997; de la Serna 2004). Otra estrategia empleada en la confección de este tipo de escalas es prescindir de la valoración numérica o verbal, ya que se supone que este tipo de análisis es propio del hemisferio izquierdo. Contrariamente, se postula que los estímulos no verbales son procesados por el hemisferio derecho y por ende más próximos a expresar el estado emocional del sujeto, sorteando parcialmente una evaluación más estructurada y basada en la lógica. Ejemplos de este tipo de aproximación son el Self-Assessment Manikin Test desarrollado por Bradley y Lang (1994) y la escala de Ramos y colaboradores (1987) para la evaluación de estados afectivos inducidos por la música, cuyo formato es el fundamento de la escala utilizada en el presente estudio.

2. EL ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO AUDITIVO POR MEDIO DE POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS.

Los PREs consisten en cambios rápidos o respuestas en la actividad eléctrica del sistema nervioso originados por acontecimientos discretos, los cuales pueden ser el sonido de un timbre o de un tono puro, una imagen, un estímulo táctil, la decisión de mover un dedo, entre otras cosas. Comúnmente se acuerda que gracias a su excelente resolución temporal los PREs permiten de manera no invasiva inferir la secuencia y la contribución específica de diversas estructuras en las distintas etapas del procesamiento cerebral. A pesar de las limitaciones para determinar los generadores de la actividad eléctrica que es registrada, (limitación que poco a poco se ve compensada por el uso de otros métodos complementarios, como los de análisis multivariado de fuentes de corriente o estudios de neuroimagen) una serie de ventajas inherentes (bajo costo, excelente resolución temporal, no invasividad) hace que los PREs, aun a la luz de técnicas más novedosas como las de neuroimagen, sigan constituyendo una las mejores herramientas para la investigación en las neurociencias usando sujetos humanos.

La técnica de los potenciales relacionados con eventos ha sido de gran utilidad en el procesamiento de información sensorial. Al igual que ocurre en la modalidad visual, los componentes tempranos son generalmente de tipo exógeno y sus modificaciones se relacionan con cambios en las características físicas de los estímulos más que con un cambio en la interpretación del estímulo, como ocurre con los potenciales más tardíos.

Generalmente el estudio de estas respuestas se hace por medio de la presentación de estímulos discretos, como tonos puros, pero también estímulos de mayor complejidad, como combinaciones de sonidos simples, o bien fonemas o palabras. Para descubrir la relación de las respuestas con las características físicas se pueden manipular la intensidad, la frecuencia y la duración de los estímulos. Otra fuente de variación que reporta datos de interés es la tasa de frecuencia en la que los estímulos pueden presentarse, encontrando que el efecto de habituación puede tener lugar en un tipo de

respuesta y no en otra. Los trenes de estímulos presentados pueden estar compuestos del mismo tipo de estímulo, o bien, además de un estímulo frecuente incluir uno o más estímulos infrecuentes. Finalmente, de acuerdo al diseño experimental el sujeto puede prestar o no atención a los trenes de estímulos, o bien, en los casos de escucha dicótica en los que se presentan estímulos diferentes a cada oído, prestar atención a un canal y no a otro, lo cual permite hacer inferencias sobre el efecto de la atención en la actividad eléctrica cerebral. A continuación revisamos algunas de las principales respuestas electrofisiológicas conocidas ante eventos auditivos, sus características y determinantes principales.

2.1 Potenciales de corta y mediana latencia

Potenciales de tallo

Los potenciales de tallo son respuestas a sonidos discretos generadas en estructuras desde el nervio auditivo (el octavo) hasta el tálamo. Los potenciales de tallo consisten en siete desviaciones típicas, todas ellas ocurriendo en los primeros 10 o 12 segundos a partir de la presentación del estímulo. Estas desviaciones son muy pequeñas y tienen que ser promediadas alrededor de mil veces para obtener una definición clara. La onda I es generada por la actividad sincronizada del octavo nervio. La onda II es controversial; los generadores posibles incluyen en octavo nervio distal, el nervio proximal y el núcleo coclear. La onda III se origina en el puente. Los principales generadores de la onda IV y V (la más estable de estas respuestas) se localizan probablemente en la vecindad del colículo inferior y en la región del tegmento en el mesencéfalo. Al parecer las ondas VI y VII reflejan actividad de las radiaciones talamocorticales (Vaughan y Arezzo, 1988). Con base a esto, la utilidad de estas respuestas en audiometría es indiscutible para localizar lesiones en la vía auditiva.

En general la latencia y la amplitud de los potenciales de tallo cerebral depende fuertemente de las características de la estimulación y son relativamente insensibles a las condiciones de presentación del estímulo o de la tarea que el sujeto tiene que desempeñar mientras la estimulación tienen lugar. Una intensidad menor provoca

enlentecimiento de la respuesta y un decremento en el voltaje, aunque el efecto de la latencia es más consistente que el segundo. Lo mismo ocurre con un aumento en la frecuencia de estimulación siempre y cuando esta supere un intervalo interestímulo (IIE) menor de 100ms. También el descenso en la temperatura del cuerpo puede aumentar la latencia, pero estas respuestas pueden incluso generarse en situaciones de sueño y anestesia y no muestran decremento por habituación.

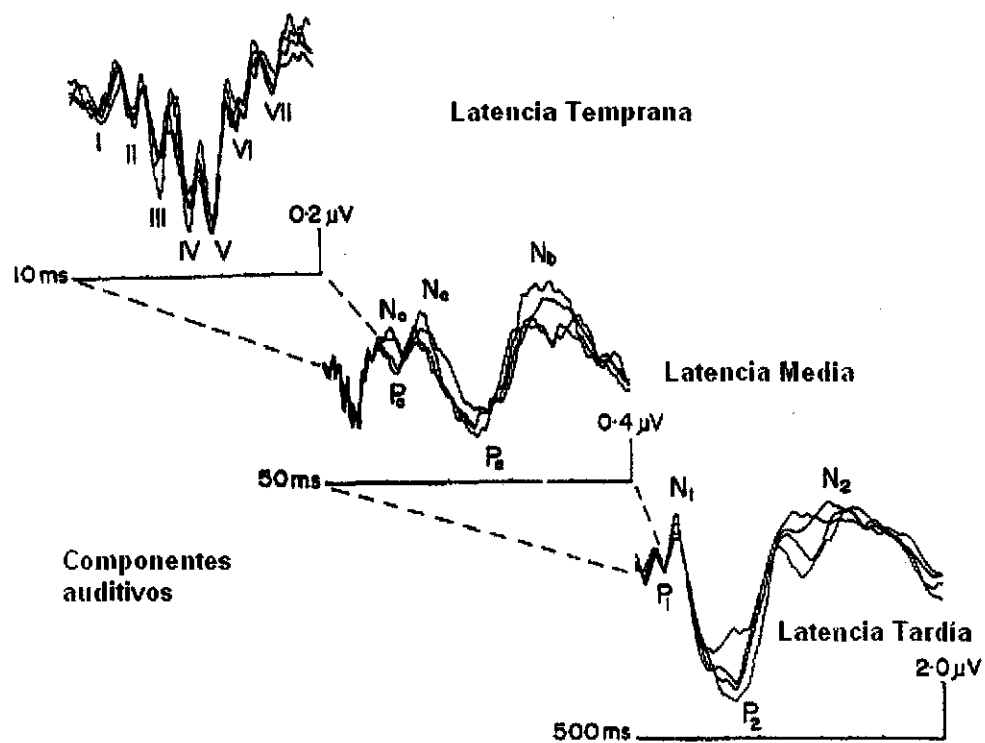


Figura 3: Diversas clases de potenciales auditivos (adaptado de Näätänen, 1992)

Respuestas de latencia media

El complejo de onda ilustrado en la figura 3 está formado por las ondas N₀, P₀ y N_a, llamadas respuestas de latencia media. Estas respuestas parecen tener su origen en la vecindad del giro de Heschl en la corteza auditiva (Picton, Hylliard, Krausz y Galambos, 1974, citados por Näätänen 1992). Su pequeño tamaño y relativa labilidad, así como el

hecho de que los llamados potenciales miogénicos, generados especialmente por la musculatura post-auricular, suelen sobreponerse a estos potenciales han dificultado su identificación y su distribución topográfica. Poco se sabe de los determinantes de estas respuestas, que al igual que los potenciales de tallo parecen ser exógenas y virtualmente inmunes a efectos de activación. Se sabe que cuando la intensidad del estímulo disminuye, disminuye también la intensidad de la respuesta e incrementa la latencia; también que estos componentes son fuertemente dependientes del IIE, siendo el voltaje de la respuesta cerca de 10 veces mayor en un IIE de 10 segundos que ante uno de 100 milisegundos (Makeig, 1990). Al parecer son sensibles a la anestesia y su amplitud disminuye durante el sueño.

La P50 es un potencial de latencia media que se origina en el lóbulo temporal medio, en el hipocampo y cerca de este (Apiquian y cols. 2006). Como su nombre lo indica suele presentarse a los 50 ms después de la presentación de un estímulo y se observa que suele preceder al componente N1. Mediante estudios realizados con electroencefalografía se ha propuesto que las células piramidales situadas en el giro temporal son la fuente más probable de la P50 en el registro encefalográfico (Reite, 1988). Este componente es registrado más fácilmente en el vértex (derivación Cz).

Normalmente la deflexión positiva que acompaña a la N1 es una P50 bastante reducida, ya que las repeticiones de un mismo estímulo tienden a abolir la respuesta. En este sentido parece ser que al igual que sucede con algunos componentes revisados en esta sección, la población neural que participa en esta deflexión tiende a la habituación muy rápidamente. De hecho el paradigma comúnmente empleado para su generación consiste en la presentación de ensayos con dos sonidos presentados en con un IIE de 500 ms o menos. El primero genera una respuesta mucho más amplia que el segundo y lo que suele medirse es el nivel de supresión. Este componente parece reflejar la capacidad de filtrado sensorial del sistema nervioso, observándose que la no disminución de la respuesta ante el segundo componente se presenta por lo general en estados anómalos (Apiquian y cols. 2006). Chen y Buchwald (1986) sugieren la relación de este componente con el sistema reticular activador, pues

encontraron que esta respuesta prácticamente desaparecía durante el sueño de ondas lentas. Parece existir una relación directa de este componente con el nivel de activación del organismo, o bien con el nivel de atención, ya que Woldorff y Hillyard en un estudio del efecto de la atención en los potenciales auditivos tempranos, utilizando un paradigma de escucha dicótica, reportaron un incremento en los voltajes de los potenciales de latencia media, incluida la P50, en el canal atendido respecto del canal ignorado (Woldorff y Hillyard 1990).

2.2 El componente N1

Propiedades generales: En la modalidad auditiva, N1 es una negatividad que exhibe su pico máximo alrededor de los 100 ms de la presentación del estímulo, que se encuentra precedida por una pequeña positividad (la P50 anteriormente descrita), la cual tiene su pico máximo a los 50 ms (en la modalidad visual y somatosensorial, las latencias de ambos componentes son un poco más largas). La N1 no representa un evento cerebral sencillo, pues se ha demostrado que su comportamiento y distribución varía en distintas condiciones experimentales. El potencial N1 es generado por un cambio relativamente abrupto en el nivel de energía que incide en los receptores sensoriales. Estímulos con una aparición muy lenta no generan esta respuesta y los estímulos sostenidos sólo la generan en el momento de su presentación, incrementando la amplitud solamente hasta duraciones de 50 ms.

En una revisión de 1987, Näätänen y Picton determinaron que la N1 representa una respuesta ante la presentación del estímulo y no un artefacto de sincronización, tomando en cuenta que la mayoría de las neuronas corticales, a diferencia de las de las fibras del nervio auditivo, responden a la presentación y no a la continuación del estímulo sensorial. En este sentido cabe señalar que la N1 también puede generarse ante un cambio en la frecuencia tonal o en la intensidad de un estímulo auditivo continuo, de manera que un estímulo largo cambiante puede dar lugar a varias ondas N1.

Generadores de la respuesta: Vaughan y Ritter (1970) proponen que el generador del componente N1 auditivo es la corteza auditiva primaria, lo cual ha sido consistente con una serie de investigaciones posteriores (ver Näätänen y Picton 1987), aunque al respecto debe tomarse en cuenta que varios investigadores han postulado la existencia de múltiples generadores de esta respuesta.

En su libro *Attention and Brain Function*, Näätänen (1992) enumera tres componentes identificados de la respuesta N1: El primer componente de N1 es una negatividad frontocentral generada por dipolos bilaterales verticales en las cortezas auditivas en el plano supratemporal. El segundo componente es el denominado "complejo-T", que consiste en un subcomponente positivo a los 105 ms y un subcomponente negativo a los 150 ms, cuya actividad suele sobreponerse a la de la N1, generado probablemente en la corteza de asociación en el giro temporal superior. El tercer componente es el componente no específico, cuyo pico máximo es alcanzado a los 100 ms. Todavía no se sabe con precisión la localización del generador, ya que el campo de este componente está ampliamente distribuido, con un máximo que a veces se sobrepone considerablemente con el primer componente. Näätänen y Picton (1987) sugieren que este componente es generado en la corteza motora y premotora bajo la influencia de la formación reticular y el núcleo lateral ventral del tálamo.

Determinantes de la respuesta: Con la disminución de la intensidad del estímulo, la respuesta N1 disminuye en amplitud y aumenta en latencia, siendo el cambio en la amplitud más variable que el de latencia. A altas intensidades, al amplitud de este componente se nivela, o incluso se reduce, lo cual se cumple especialmente si la intensidad se mantiene y el estímulo se presenta en tasas de 2.5 segundos o menos. La saturación de la amplitud de N1 ocurre muy por debajo de la saturación subjetiva ante el ruido, lo cual indica una clara disociación entre la magnitud sensorial experimentada y la amplitud de la N1 (Näätänen, 1992).

Respecto a la tasa de presentación de los estímulos, la N1 es particularmente sensible, en lo cual se distingue de los componentes de corta latencia enumerados

anteriormente. La N1 alcanza una amplitud mayor con intervalos largos, mostrando un incremento continuo hasta los 10 segundos. En el caso de un IIE corto, la amplitud de la N1 es mayor si el estímulo es menos intenso (Picton y cols. 1970; Nelson y Lassman 1973 citados por Näätänen, 1992), lo cual sugiere que el período de recuperación de la amplitud de la N1 es más prolongado para estímulos intensos.

Una de las características más evidentes de la N1 es el hecho de que la respuesta ante el primer estímulo de una cadena de estímulos es siempre más amplia que la que se puede observar en estímulos subsecuentes, siendo hasta 10 veces la proporción entre el tamaño de la respuesta ante el primer estímulo comparada a la generada por el segundo estímulo en un IIE de 1 segundo y hasta 2 veces con un IIE de 3 segundos. Al respecto se ha relacionado el efecto de superposición del componente no-específico con el gran tamaño de la respuesta ante el primer estímulo de la cadena, ya que al parecer este componente inespecífico no se presenta ante los siguientes estímulos.

Se propone que la atenuación de la amplitud de la N1 con la repetición debe ser interpretada en términos de refracción más que de habituación, ya que no se ha logrado demostrar la deshabituación (Budd, Barry, Gordon, Rennie, y Michie, 1998). Una forma para probar esto ha sido comúnmente la inserción de un estímulo físicamente diferente en el tren de estímulos habitantes (Näätänen y Picton 1987). En un experimento (Fruhstorfer 1971, citado por Näätänen, 1992) se introdujo un estímulo somatosensorial en un tren de estímulos auditivos, encontrando que la respuesta ante el estímulo auditivo siguiente era de una amplitud similar a la respuesta dada ante el último estímulo auditivo antes del estímulo somatosensorial. Esto se observó a pesar de que efectivamente el estímulo somatosensorial insertado provocaba una respuesta mucho más amplia, que no afectaba el tamaño de la respuesta siguiente. Se ha sugerido que es improbable que los mecanismos fisiológicos que subyacen a estos decrementos de corto plazo sean causadas por un período refractario en mecanismos celulares simples, ya que la sinapsis no suelen agotarse tan rápidamente o recuperarse tan lentamente, por lo que sugiere que circuitos neuronales más complejos sean responsables por estos efectos (Näätänen y Picton, 1987). Finalmente hay un efecto de "incertidumbre

temporal" que puede participar también en el fenómeno de la mayor respuesta ante el primer estímulo, pues al parecer la incertidumbre de cuando va a presentarse un estímulo genera una mayor excitabilidad cortical. Es interesante notar que se observa que esta refracción es hasta cierto punto estímulo específica, ya que la sustitución del estímulo repetitivo por otro diferente suele incrementar la magnitud de la respuesta, aumento que parece ser proporcional a la magnitud del cambio (Näätänen y cols. 1988).

Durante el sueño este componente se ve drásticamente afectado. En lugar de la N1 esperada, la presentación de estímulos genera una onda negativa muy prominente con una latencia mucho más prolongada, alrededor de los 300 ms (Näätänen, 1992). Las drogas sedativas pueden inducir cambios en la respuesta que asemejan a los característicos durante el sueño. Si el sujeto sigue consciente, se observa una marcada disminución del componente.

2.3 La respuesta MMN (Mismatch Negativity)

Propiedades Generales: Según el propio descubridor (Näätänen 1992) el componente MMN constituye una medida objetiva de la precisión del procesamiento auditivo central en el cerebro humano. La onda MMN, que también puede ser medida magnéticamente, es una respuesta eléctrica cerebral, es un componente negativo que normalmente alcanza su punto máximo entre los 100 y los 200 ms del comienzo del cambio, a cualquier cambio discriminable producido por un estímulo *infrecuente* (designado como "*deviant*" en la literatura en inglés) en algunos aspectos repetitivos de la estimulación auditiva definidos por un estímulo *estándar* ("*standard*"). De esta manera, una MMN es evocada cuando, por ejemplo, un tono cambia de frecuencia, duración o intensidad, o un fonema es reemplazado por otro (Näätänen, 2001).

Cualquier cambio auditivo discriminable puede generar una MMN, por ejemplo un cambio en un sonido simple como un tono sinusoidal o un sonido complejo como un fonema, o un patrón espectro temporal complejo. El estímulo estándar o repetitivo no

tiene que ser acústicamente constante para que la MMN sea generada, siempre y cuando algún patrón o regla sea compartida. La MMN se genera entonces ante la violación de la regla o patrón y su producción tolera un rango amplio de variación en los estímulos estándar (Näätänen y Winkler, 1999), por ejemplo por la repetición de un tono en una secuencia de tonos continuamente descendentes, o por un par de tonos ascendentes en una secuencia de pares de tonos descendentes ocurriendo en niveles de frecuencia variables (Näätänen, 2001). Un aspecto fundamental es que, en todo caso, la MMN puede producirse en ausencia de atención. Esta propiedad vuelve a la MMN especialmente adecuada para aplicarse en diversas poblaciones clínicas e infantiles (Näätänen, 2001; Kujala, 2007) así como para el estudio de los procesos de atención automática.

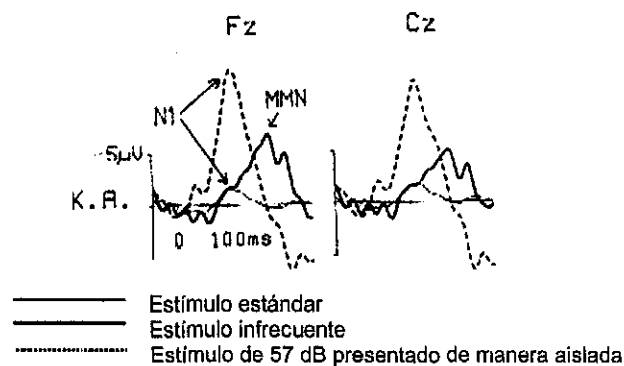


Figura 4: MMN y N1 (Adaptada de Näätänen 1992)

Considerando que la MMN se genera ante la violación de una secuencia se ha inferido que ésta constituye un índice de la memoria sensorial en la audición. Se propone que la MMN depende de la presencia de una huella de memoria formada por el estímulo precedente en la secuencia. Esto significa que la MMN no puede ser atribuida a elementos "nuevos" o "frescos" elementos aferentes activados por el estímulo infrecuente pero no el estándar. Al parecer los primeros estándar en el comienzo de un bloque de estímulos desarrollan una huella mnémica que representa adecuadamente la cualidad de cada estímulo, incluidos los aspectos temporales de la estimulación y más aún, parece que si un estímulo infrecuente ocurre mientras esta huella aún permanece activa, entonces la reacción automática de detección del cambio generadora de una

MMN ocurre (Näätänen y Winkler, 1999).

La duración de estas huellas (hasta que una MMN no puede seguir siendo evocada) puede ser aproximadamente de 10 segundos, lo cual corresponde con la duración estimada de la memoria sensorial auditiva. Consistente con lo anterior, muchos estudios demuestran que al menos una parte sustancial de la MMN es generada en el cortex auditivo y más aun, que los cambios de la MMN ante diferentes atributos del estímulo son generados en focos diferentes del cortex auditivo (Opitz, Mecklinger, Von Cramon, y Kruggel, 1999)

Generadores de la respuesta MMN: Luego de una extensa serie de estudios empleando la respuesta MMN, se propone que los principales generadores están localizados en las cortezas auditiva y frontal, con el procesamiento auditivo manifestando aparentemente detección pre-perceptual del cambio, mientras que la corteza frontal predominantemente del hemisferio derecho se encuentra muy probablemente asociada con el cambio de atención subsecuente (Näätänen, 1992). Tal concepción apenas ha sido modificada luego de quince años. Hay resultados que indican que las MMN para diferentes tipos de cambios sonoros son generadas en distintos focos de la corteza auditiva (Goydkee, Altenmüller, Möller y Münte, 2004), como se comprueba efectivamente en algunos diseños experimentales que emplean RMNf para la medición de la respuesta MMN (Opitz y cols. 1999; Liebenthal y cols., 2003; Sabri, Kareken, Dzemic, Lowe y Melara, 2003)

Normalmente, en la respuesta automática a cambios, la activación relacionada al estímulo infrecuente es predominantemente del hemisferio derecho (Opitz y cols., 1999). De manera inversa, en los estudios empleando fonemas o sílabas, el procesamiento automático del estímulo infrecuente muestra cierta lateralización al hemisferio izquierdo. Estudios con RMNf, PET y MEG han identificado un segundo generador de la MMN en la corteza prefrontal (Näätänen 1992, 2001), mismo que en el estudio de Doeller se detectó solamente cuando la disparidad de los estímulos no era tan evidente, ya que al parecer este generador frontal se activa cuando se requiere de un procesamiento más complejo (Sabri y cols., 2003).

Respuesta independiente de la atención: Luego de una amplia serie de investigaciones ha quedado establecido que la MMN puede generarse incluso en ausencia de la atención. La información que apoya lo anterior surge de la estabilidad de la respuesta en diversas condiciones en las que la atención se encuentra dirigida a otros estímulos, como en los experimentos que emplean un paradigma de escucha dicótica selectiva, en la cual una MMN se producía incluso por cambios minúsculos en la entrada al oído al que no se le prestaba atención, o bien dirigidos a otra modalidad. Esta idea se refuerza por la generación de la MMN incluso en ciertas etapas de sueño en adultos y en recién nacidos e infantes (Näätänen, Braticco y Tervaniemi, 2001). De hecho, según lo reporta Näätänen (1992, 2001), la mejor manera de registrar una MMN es usar condiciones pasivas en las que la atención del sujeto o paciente es dirigida a cualquier otra cosa, por ejemplo un video interesante (sin sonido) o un juego de computadora. Si la secuencia empleada para la generación del MMN es atendida, entonces el componente MMN queda enmascarado por otros componentes tales como el P165 y más notablemente el N2b, lo cual hace que la evaluación pura del componente MMN sea muy difícil o imposible (Näätänen, 1992). Otro detalle que puede dificultar la medición de la respuesta es el empalme de la onda N1, comúnmente asociada a la detección de estímulos novedosos, con respecto a la MMN, especialmente en condiciones experimentales en que las diferencias empleadas son de gran magnitud, pues la onda N1 es una respuesta que se presenta ante cambios abruptos en el nivel de energía que impacta en los receptores. De acuerdo a Näätänen (comunicación personal) una forma sencilla de abolir este efecto es el uso de una disparidad por duración, esto es, el empleo de un estímulo infrecuente con las mismas características físicas pero difiriendo en el tiempo de presentación.

Modulación de la respuesta MMN: A pesar de que algunos estudios muestran que la amplitud de la MMN puede ser modulada enfocando fuertemente la atención en condiciones de escucha dicótica, ninguna información sugiere que el retiro de la atención pueda eliminar de manera total la MMN que de otra manera sería evocada. En esta línea de investigación se ha sugerido que el generador de la MMN es

completamente automático, con la atenuación de la amplitud siendo causada por la reducción del input aferente al mecanismo generador de la MMN.

Esta independencia de la respuesta respecto de la atención también parece ser el caso en la investigación de Herreño (2005), quien a pesar de haber encontrado un efecto por el grado de discriminación de los estímulos infrecuentes, no encontró cambios en la amplitud del componente de MMN en condiciones en las que se la atención era dirigida a una tarea visual.

La generación de la respuesta en estados de nula o muy escasa activación parece reforzar esta idea: La MMN se puede generar en pacientes comatosos, constituyendo un predictor confiable de la recuperación de la conciencia, en sujetos dormidos en la etapa 2 y sueño REM, en gatos anestesiados, conejillos de indias y ratas (Näätänen y cols., 2001). Sin embargo, en tales condiciones la amplitud es más reducida que en condiciones normales, lo cual es consistente con la evidencia de la reducción de la amplitud de la MMN en estados de alerta disminuida y somnolencia (Näätänen, 1992). Cabe mencionar que en cuanto a la respuesta de MMN en el sueño, el efecto en los adultos es bastante evasivo, mientras que es mucho más fácil obtener una MMN en infantes y recién nacidos dormidos, lo cual es bastante útil para la evaluación de la función auditiva central en edades tempranas (Näätänen, 2000). Incluso existen varias investigaciones que estudian la respuesta en neonatos dormidos encontrando una generación consistente (Choeur, Dehane-Lambertz y Dehaene; 1997).

A pesar de todos estos antecedentes, es conocido el debate que se estableció ante la propuesta de Näätänen de que la generación de la MMN operaba independientemente de la atención. Para probar lo contrario y definir la participación de la atención para generar la respuesta MMN, Woldorff, Hackley y Hillyard (1991) y Woldorff y cols. (1998) confeccionaron experimentos en los que por medio de una tarea muy demandante lograron modular la respuesta de MMN. Al respecto cabe resaltar dos cosas: 1) la demanda de las tareas era realmente elevada y 2) la tasa de presentación era demasiado rápida, (un IIE de 120 ms en oposición a los IIE empleados por Näätänen y

cols. de más de 400 ms.) Näätänen y cols. replicaron algunos de estos hallazgos, pero sugiriendo que lo que se modulaba no era la MMN propiamente sino la respuesta N2b, que suele confundirse con la onda de MMN. Sin embargo en otro experimento empleando un magnetoencefalograma (MEG), Woldorff y cols. (1998) replicaron de manera más contundente los resultados del primer experimento, encontrando que en el canal ignorado, los correlatos magnéticos de la MMN se veían afectados al punto de ser casi nulos, efecto que difícilmente podía atribuirse a la modulación de la N2b, ya que por la orientación de las células que lo generan este componente tiene pocas posibilidades de ser detectado en los campos del MEG.

En suma puede concluirse que para que esta modulación por atención tenga lugar, la atención de los sujetos debe estar fuertemente dirigida a otro canal y además que la tasa de estimulación sea muy elevada, cosa que rara vez ocurriría en condiciones naturales, por lo que ciertamente la respuesta será independiente de la atención en la gran mayoría de los casos como originalmente se planteó.

En cuanto a los posibles efectos de varios agentes neuroquímicos, la MMN parece aumentarse por sustancias que tienen un efecto activador del sistema nervioso y atenuarse con sustancias con efectos desactivadores. Born y cols. en 1987 (referidos por Näätänen, 1992) encontraron que la amplitud de la MMN ante diferencias de frecuencia era aumentada por la lisina vasopresina, la cual pertenece al grupo de hormonas que incrementan la activación cortical. En otro estudio, estos investigadores reportaron que la hidrocortisona redujo sustancialmente la amplitud de la MMN ante diferencias de frecuencia. Es interesante señalar que en este experimento los niveles de hidrocortisona inducidos en el plasma permanecieron en el rango fisiológico normal, rangos que pueden ocurrir de manera natural en el organismo (Näätänen, 1992).

En esta línea también se han desarrollado algunos experimentos más recientes, orientados a la caracterización de los sistemas neuroquímicos que participan en la MMN: La administración de haloperidol provoca un aumento de la MMN ante cambios en el frecuencia en una tarea de escucha dicótica (Kähkönen y cols., 2001) y por el

contrario, la ketamina (antagonista del receptor NMDA) provoca un decremento de la amplitud de la MMN registrada tanto en EEG como en MEG (Umbricht, Schmid, Koller, Vollenweider, Hell, Javitt, 2000). Aunque la modulación farmacológica de la MMN es una línea que precisa más investigaciones, en breve podría sugerirse que el estado del organismo es capaz de afectar la respuesta MMN, de tal manera que cambios tendientes a un incremento de la activación cortical incrementan la amplitud de la respuesta, mientras que aquellos tendientes a un decremento de la activación la disminuyen, aunque sin eliminarla totalmente (Näätänen, 1992).

Resulta de interés mencionar que se han reportado cambios producidos en la respuesta por efectos de interacción con la modalidad visual. Existen varios estudios en los que se genera una MMN a través de estímulos auditivos que son acompañados de una imagen visual de manera simultánea, en los que se explota la ilusión de McGurk, un fenómeno que consiste en que una pauta visual provoca que un sonido o una expresión se interprete de manera diferente (efecto del ventrilocuo). En este caso el estímulo sonoro es el mismo físicamente, pero es codificado de manera distinta. Los ensayos infrecuentes son idénticos en sus propiedades sonoras, y sólo difieren en las visuales. Este efecto se ha estudiado con fonemas y movimientos articulatorios (Colin y cols. 2002), expresiones emocionales y fotografías de rostros (de Gelder y cols., 1999) y el uso de tonos complejos y formas geométricas (Besle, Fort y Giard, 2005) También han descrito un correlato de la MMN, típicamente auditiva, en la modalidad visual, con una morfología y una latencia muy similar, pero con una distribución topográfica diferente que parece obedecer a las áreas típicas de la modalidad visual (Besle, Fort y Giard, 2005; consultar Pazo-Alvarez, 2003 para una revisión extensa). Esta cuestión es importante en tanto sugiere la posibilidad que otro tipo de información además de las propiedades puramente acústicas sea codificada en la memoria sensorial auditiva que se asume subyace a esta respuesta.

Concerniente a la relación de la MMN con las variables autonómicas se cuenta con el precedente del estudio de Lyytinen y cols. (1992). En este estudio se presentaban estímulos auditivos a los voluntarios mientras estos resolvían una prueba compleja de

matrices progresivas. Además de registrar la MMN ante estímulos infrecuentes, se registraron variables autonómicas como conductancia eléctrica de la piel y frecuencia cardíaca y se compararon los ensayos en los que la aparición de un estímulo infrecuente ocurría concomitante a un cambio en la respuesta electrodermal o cardíaca, con los ensayos en los que el estímulo infrecuente no provocaba cambio alguno en estas mediciones. En ambos casos se generó una MMN consistente y similares entre sí y no se encontraron cambios entre la latencia o el voltaje de la MMN y las fluctuaciones normales de la respuesta de SCR.

Finalmente, la modulación de este componente a partir de estímulos emocionales ha sido escasamente estudiada. Los pocos trabajos que hay al respecto serán presentados en el siguiente capítulo.

3. EL ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO EMOCIONAL POR MEDIO DE POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS.

3.1 PREs ante estímulos emocionales

A pesar de que se ha señalado el registro de la actividad eléctrica cerebral ha sido escasamente utilizado en el campo de la emoción, un conjunto amplio de investigaciones en los últimos 15 años han procurado demostrar que con una metodología de PREs es posible abordar ciertos aspectos del procesamiento cortical de la información emocional, al menos de manera indirecta. Como lo señalan Armhein y cols. (2004) tales trabajos pueden incorporar las medidas clásicas utilizadas para medir arousal y respuestas autonómicas características de emociones y estados afectivos para complementar la información obtenida, lo cual es interesante si tenemos en cuenta que desde algunos años existen indicios de que ciertos cambios autonómicos pueden influenciar o mantener una relación con las respuestas corticales (Sandman 1984; Bonvallet, 1954 citado por Carretié e Iglesias, 1997) y que estas medidas pueden constituir un índice replicable de la efectividad de los estímulos que se utilizan como inductores emocionales.

En este contexto se han descrito al menos dos índices psicofisiológicos del procesamiento emocional de estímulos discretos afectivamente cargados, como los son las fotografías del IAPS frecuentemente empleadas en este tipo de investigaciones: Una negatividad posterior temprana, que se propone refleja una especie de "marcador" perceptual de los estímulos emocionales (Schupp y cols. 2003, 2004) por un lado; y un conjunto de potenciales positivos tardíos (las denominadas ondas lentas positivas) por el otro, que se reportan mayores en respuestas ante estímulos emocionalmente cargados que ante estímulos neutros y que se propone pueden reflejar un procesamiento reverberante del estímulo emocionalmente cargado (Palomba y cols, 1997, Cuthberth y cols. 2000).

La negatividad posterior temprana consiste en un cambio registrado en áreas temporo-occipitales que comienza alrededor de los 150 ms después de la presentación del

estímulo y que alcanza su pico máximo a los 300 ms (Schupp, 2004). Se reporta también que esta negatividad posterior incrementa en función directa del nivel de activación de las fotografías (Schupp y cols., 2003) incluso en presentaciones bastante rápidas de las imágenes, (por el orden de los 150 ms; Schupp y cols., 2004).

Por su parte, Cuthbert y cols. (2000), también reportaron que fotografías emocionalmente activantes, tanto placenteras como displacenteras, generaban potenciales positivos tardíos más amplios, comparados con las imágenes neutrales que se desarrollaban alrededor de los 350–400 ms y duraban por varios cientos de milisegundos. Además, se encontró que este fenómeno estaba directamente asociado al nivel de arousal, de manera que fotografías placenteras o displacenteras con elevado arousal producían mayores ondas lentas positivas que fotografías de la misma valencia con menor grado de arousal.

En esta línea de investigación hay otros antecedentes como el de Diedrich y cols. (1997) que también reportaron una onda lenta positiva en áreas frontales asociada con imágenes afectivas, así como de otros autores que han replicado estos hallazgos (Schupp y cols., 2000; Armhein y cols., 2004). En el campo de la investigación cognitiva, se ha encontrado que los potenciales tardíos reflejan un procesamiento más a fondo relacionado con las demandas perceptuales de la tarea después que la identificación inicial del estímulo ha sido terminada, así como con el almacenamiento en la memoria (Ritter & Ruchkin, 1992), lo cual va de acuerdo con los resultados reportados por Palomba, Mini y Angrilli (1997), quienes encontraron una correlación positiva de la amplitud de las ondas lentas positivas con la cantidad de ítems recordados en una tarea de recuerdo libre.

De acuerdo con estos hallazgos, algunos autores han propuesto que la relevancia emocional intrínseca de un estímulo da lugar a un análisis perceptual continuo (Cuthbert y cols., 2000). Este efecto ha sido ligado al concepto de atención motivada, asumiendo que los estímulos emocionalmente relevantes se procesan de manera selectiva porque atraen más cantidad de recursos atencionales (Lang y cols., 1997).

3.2 Atención, PREs y sesgo emocional.

En ausencia de marcadores electrofisiológicos asociados a un proceso exclusivamente emocional, puede observarse que en la mayoría de los casos en que se emplean los PREs en este campo lo que se estudia es la capacidad de modulación que los estímulos o los contextos emocionales tienen en respuestas electrofisiológicas ya establecidas. De tal manera, estos estudios emplean procedimientos experimentales ampliamente utilizados en el estudio de la atención automática, siendo el paradigma de *oddball* pasivo el más comúnmente utilizado. Este procedimiento explota la capacidad de un estímulo infrecuente para generar la respuesta de orientación, y consiste básicamente de la presentación repetida de un estímulo, que se vuelve familiar o "estándar") con un estímulo diferente insertado esporádicamente en la secuencia. En contraste con la tarea de *odd-ball* activa, los sujetos no tienen que prestar atención al estímulo infrecuente (Carretié, Hinojosa, Martín-Loeches, Mercado y Tapia, 2004). Generalmente, se considera que los estímulos infrecuentes generan 2 efectos consecutivos que reflejan dos pasos en la respuesta de orientación: El primero consiste en la captura de la atención automática. Puede pensarse que esta fase es independiente de los recursos centrales de procesamiento (véase por ejemplo Näätänen, 1992; Herreño, 2005), que se consideran controlados y limitados. Esta captura ocurre incluso cuando el sujeto se encuentra involucrado en una tarea distractora altamente demandante mientras la secuencia de estímulos es presentada. De acuerdo a Carretié (2001), en la modalidad auditiva este efecto se observa en el componente MMN o en la onda N2a alrededor de los 200 ms. En la modalidad visual, se refleja en las ondas P2 y N2, cuyos picos son 200 y 250 ms, respectivamente (Carretié y cols. 2004). Sin embargo hay autores que plantean que el componente P1 también es sensible a efectos de atención, y le otorgan un lugar relevante en el contexto de la modulación afectiva (Smith y cols., 2003).

El segundo efecto, a partir de los 300 ms y presente tanto en las tareas visuales como auditivas se observa en el pico P3a, que presenta su amplitud máxima en respuesta al estímulo desviante y que refleja los recursos atencionales limitados: este pico presenta

amplitudes más bajas o incluso desaparece, cuando los recursos atencionales centrales se encuentran involucrados en una tarea distractora. (Schupp y cols., 1997, Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert, Sequeira, 2004). Junto con la positividad subsecuente, la P3b, que se asume refleja un proceso de "redirección" o actualización de los recursos atencionales y que suele ser más sensible a ciertas características de los estímulos infrecuentes, este componente P3a integra la onda P300, la cual es fuertemente dependiente de la atención dirigida hacia la tarea en curso y que se ha demostrado idónea para la exploración de diversas propiedades de los estímulos emocionales.

La manera en que este paradigma es utilizado en el campo de las emociones consiste generalmente en provocar estas respuestas ya descritas en dos modalidades: 1) utilizando como estímulo infrecuente estímulos cargados emocionalmente y comparando las diferencias que se observan en los PREs en función de la valencia afectiva del estímulo, o bien, 2) presentando las series de estímulos en un contexto de tipo emocional y evaluando como éste contexto facilita o dificulta la respuesta. El contexto puede estar definido por estímulos emocionales que preceden o acompañan a los estímulos simples que generan los potenciales, o bien por estímulos presentados por la modalidad visual que afectan las respuestas ante estímulos auditivos.

Modulación de los PREs visuales en función de la carga emocional

a) P200: En una tarea de categorización estudiando las respuestas electrofisiológicas ante la presentación de estímulos afectivos en una tarea no-emocional de categorización, Carretié y cols. (2001) reportaron una mayor amplitud del componente P2 en regiones frontales y centrales ante la presentación de estímulos displacenteros con elevado arousal, en comparación a estímulos placenteros con elevado arousal, estímulos neutrales y estímulos relajantes.

Parece ser por lo tanto que aunque menos pronunciado, el efecto se presenta de manera independiente a la dimensión de arousal. Esto también ha sido sugerido en otro experimento de Carretié y cols. (2001a), en el que también utilizando fotografías con las tres categorías emocionales (positivo, negativo y neutral), además de encontrar una

reducción de la latencia y un aumento significativo del componente P200 generados por los estímulos de valencia negativa en comparación a la neutra y la positiva, reportaron que existía una correlación estadísticamente significativa de la valencia con la amplitud del P200 (los sujetos que calificaron los estímulos negativos con las más altas puntuaciones exhibían una amplitud mayor de los componentes), mientras que el nivel de arousal no manifestaba dicha correlación. Más adelante, estos mismos investigadores (Carretié y cols., 2002) encontraron un componente muy temprano en los PEV ante fotografías del IAPS que sólo aparecía cuando estos tenían una valencia negativa:

En cuanto a efectos que sean característicos de la valencia positiva, los reportes son menos abundantes: Cuthbert y cols. citados anteriormente (2000), encontraron una positividad aumentada en el rango de latencia de los 200 a los 300 ms, en este caso exclusivo para las fotografías placenteras, lo cual es también similar a los hallazgos de otro estudio previo (Palomba, Angrilli y Mini, 1997). Aunque este efecto parece atribuible a los efectos de la valencia, aún no se encuentra bien determinado (Armhein, 2004).

b) P300: La modulación de la P300 a través del empleo de estímulos emocionales ha sido descrita por Sequeira y colaboradores en varias investigaciones (Delplanque y cols., 2004; Delplanque, Silvert, Hot y Sequeira, 2005; Delplanque, Silvert, Hot, Rigoulot y Sequeira, 2006). Utilizando una tarea de categorización no-emocional, basada simplemente en la frecuencia o infrecuencia de los estímulos se estudió el comportamiento de este potencial ante la presentación de fotografías que podían ser positivas, negativas o neutras en una tarea de categorización que no dependía del valor de la valencia (Delplanque y cols. 2004). Mientras que la P3a permaneció sin cambios significativos en las diferentes condiciones, la P3b resultó sensible a los efectos de la valencia de los estímulos, encontrándose que aunque la amplitud máxima obtenida en las derivaciones parietales no difería significativamente en los tres niveles de valencia, las distribuciones de la amplitud sí diferían en las derivaciones frontales y centrales en función de la valencia. Estos investigadores también reportan diferencias en la distribución topográfica en función de la cualidad placentera o displacentera de las

imágenes. Ya que normalmente se considera que este tipo de diferencias surgen cuando dos clases de estímulos provocan una contribución de diferentes generadores intracraneales, propusieron que la red neuronal involucrada en la actualización del contexto toma en cuenta la valencia de la estimulación y activa diferentes regiones en función de este contenido, a pesar de que el nivel de arousal se mantenga bajo, como era el caso con el tipo de imágenes seleccionadas.

Resultados muy similares fueron obtenidos en otro experimento (Delplanque y cols., 2005) en el que también estudiaron la amplitud y la distribución topográfica de los componentes P3a y P3b generados ante estímulos afectivos introducidos en la secuencia de *oddball*, esta vez de manera imprevista procurando una mayor validez ecológica. En este caso, aunque el target era otro estímulo que no pertenecía a ninguna de las variables experimentales, los estímulos presentados sorpresivamente generaban una onda P300. Los investigadores encontraron nuevamente una relativa insensibilidad del componente P3a ante la valencia de los estímulos, así como una mayor amplitud en el componente P3b provocada por los estímulos emocionales en todas las derivaciones.

En esta línea de investigación existen muchos otros estudios en los que anteriormente se han examinado la respuesta P300 utilizando estímulos de tipo emocional: adjetivos (Naumann et al., 1992), fotografías afectivas seleccionadas por el mismo sujeto, (Johnston et al., 1986; Johnston y Wang, 1991) o fotografías del IAPS (Palomba et al., 1997; Keil et al., 2002). Todos estos estudios (citados en Palomba, 1997 y Armhein, 2004) reportan de manera consistente un incremento de este componente (así como también de las ondas lentas positivas) en función de la valencia emocional de los estímulos, encontrando el incremento ya descrito tanto para los estímulos positivos como los negativos. Un par de estos estudios (Diedrich et al., 1997; Johnston et al., 1986) han demostrado que el componente P300 generado por estímulos blanco (*target*) infrecuentes es sensible también a la dimensión de activación, presentándose mayores amplitudes de esta onda para estímulos con alto valor de activación que ante estímulos menos activantes.

c) N1: En un experimento en el que una clave visual se apareaba con un estímulo sonoro aversivo (ruido blanco), Hughdal, Stormark y Posner (1999) encontraron un incremento en el voltaje de la N1 respecto a cuando esta misma pauta no se apareaba con el este ruido blanco, lo cual informa sobre un tratamiento distinto de la cualidad del estímulo con base no a sus propiedades físicas, sino en función de su valor de señal.

Por su parte, en otra investigación tendiente a estudiar los efectos de la habituación en función del contenido emocional de los estímulos, Carretié y cols. (2003) estudiaron el componente N1 ante estímulos visuales emocionalmente positivos, negativos o neutros. El fenómeno de habituación consiste en una reducción de la respuesta ante un estímulo cuando este es repetido, orientada a optimizar el uso de recursos de procesamiento limitados, removiéndolos de los estímulos familiares y dejándolos disponibles para nuevos estímulos. De manera directa este fenómeno involucra recursos atencionales, cuya movilización decrece con la repetición de los estímulos. Como se describió en el capítulo anterior, la N1 se encuentra asociada al procesamiento atencional y presenta una pronta reducción por las repeticiones sucesivas de un mismo estímulo. En este caso, al comparar la reducción de las amplitudes iniciales y finales de este componente, estos investigadores reportaron cambios en el patrón de habituación en función de la valencia de los estímulos, de manera que la N1 ante la presentación de los estímulos afectivos exhiben una mayor resistencia al decremento por habituación en comparación a los estímulos no cargados emocionalmente y que además, aunque en un inicio la respuesta era más amplia ante los estímulos positivos, la amplitud de las N1 finales era significativamente mayor para los estímulos negativos, demostrando que la estimulación negativa presenta una mayor capacidad para demandar recursos atencionales y mantenerlos activos incluso cuando tal estimulación se ha vuelto familiar.

d) Estudios con poblaciones clínicas: Estos efectos emocionales sobre diversos componentes electrofisiológicos pueden estudiarse también desde el punto de vista clínico mediante la selección de sujetos pertenecientes a un grupo con alguna perturbación de tipo afectiva (depresión, fobia o ansiedad, así como algunos rasgos de la esquizofrenia), en cuyo caso la comparación se establece con una muestra de

sujetos normales. Generalmente ciertos efectos de tipo afectivo suelen ser más pronunciados en función del tipo de perturbación afectiva que se estudia. Pauli y cols. (1997) compararon en sujetos normales y ansiosos la respuesta conductual y electrofisiológica ante palabras impresas cargadas negativamente o que hacen referencia al cuerpo presentadas taquitoscópicamente, encontrando no sólo diferencias conductuales, sino de orden electrofisiológico entre las dos poblaciones: Se encontró que los sujetos ansiosos detectaban más fácilmente las palabras amenazantes o que hacían referencia al cuerpo y que los PREs ante estas palabras mostraron un aumento de la amplitud de la P300 y las ondas lentas positivas. Además, en otro estudio (2005), Pauli y cols. encontraron que tanto sujetos ansioso como los normales exhiben mayores amplitudes en los componentes tardíos (P3 y ondas lentas) ante palabras relacionadas al miedo que ante palabras neutras, pero solo los sujetos ansiosos muestran una amplitud aumentada en componentes más tempranos (una positividad alrededor de los 200ms) sugiriendo un procesamiento facilitado de este tipo de estímulos. Por otra parte también se ha sugerido que puede observarse el efecto contrario en poblaciones con depresión. Al respecto Kähkönen y cols. (2005) mencionan que el hallazgo más común en este caso es la reducción de la amplitud y el incremento de latencia del pico P3, lo que sugiere que el estado de ánimo deprimido afecta el procesamiento de estímulos en sus etapas tardías.

e) Otros estudios: En una amplia revisión sobre el tema de la interacción de la atención con la emoción, Taylor y Fragopanagos (2005) señalan muchos otros casos en que el curso habitual de los PREs es modificado en función de la valencia del estímulo que se presente al sujeto: Lehmann y cols (1998), registraron los PREs ante la presentación hemilateral de caras que eran agradables o desagradables al sujeto y encontraron modulaciones muy tempranas en función del hemisferio estimulado. Eimer y Holmes (2002) reportaron una positividad frontoparietal alrededor de los 120 ms generada por caras con expresiones de miedo, mientras que normalmente, la codificación estructural específica del rostro tiende a asociarse al componente N170. Utilizando rostros con expresiones emocionales diferentes como estímulos frecuentes e infrecuentes, Campanella y cols. (2002) encontraron que la respuesta N2-P3a ante un

estímulo raro era significativamente más corta cuando el estímulo raro era un rostro con una expresión diferente a la expresión de estímulo frecuente, y más lenta cuando pertenecía a la misma categoría. Ortigue y cols. (2004) por su parte reportan actividad lateral occipital en ambos hemisferios relativa a palabras emocionales en el periodo de 100-140 ms posterior a la presentación del estímulo, a pesar de que comúnmente se identifica la codificación semántica por el componente N400, que tiene lugar cientos de milisegundos más tarde.

Este tipo de efectos ha sido encontrado también en componentes con latencias aún más reducidas, reforzando la perspectiva de que en términos generales la estimulación con contenido emocional negativo puede promover una mayor rapidez en el procesamiento. En 2003, Smith y cols. buscando estudiar la relación de los estímulos negativos y positivos en las primeras etapas del procesamiento estudiaron el componente P1, el cual consiste en una onda positiva máxima sobre áreas occipitales y que alcanza un pico máximo entre los 100 y los 150 ms en la modalidad visual. Específicamente, Clark y Hillyard (1996) proponen que este componente es el resultado de la actividad neuronal en el área extraestriada de la corteza visual y señalan que en la medida de que la atención se enfoque ante un estímulo visual, más neuronas extraestriadas son reclutadas para procesar el estímulo, aumentando la amplitud del componente. En línea con la serie de resultados comentados, Smith y cols. encontraron nuevamente que las respuestas ante los estímulos negativos tenían una amplitud significativamente mayor que ante los positivos, probando que este efecto de captura de los recursos atencionales se efectúa desde etapas tempranas.

Estos resultados sugieren que existen redes neuronales que codifican el valor emocional del estímulo (probablemente específicas para cada modalidad) y se disocian de las redes que se encuentran a cargo de un procesamiento de orden más elevado (Taylor y Fragopanagos, 2005). De esta forma parecería que al menos una categorización cruda puede alcanzarse muy tempranamente luego de la aparición de un estímulo, lo cual proporciona apoyo a la teoría de la ruta "rápida" o directa, así como a la noción de que estímulos los emocionales tienden un valor privilegiado en el

organismo.

Como puede observarse luego de esta sección, la metodología de los PREs ha resultado útil para extender los hallazgos del efecto emocional en la atención observables a nivel conductual y clínico. De este conjunto de trabajos revisados hay al menos dos conclusiones que pueden extraerse: 1) Al parecer la amplitud de los componentes varia en función de la valencia de los estímulos empleados, exhibiendo una mayor amplitud cuando la respuesta se realiza ante estímulos emocionales, siendo la respuesta ante los estímulos negativos más amplia que ante los positivos y esta vez, ante los neutrales. En términos de actividad neuronal esto sugiere una mayor participación en el primer caso, o bien, una mayor capacidad de los estímulos afectivos para la movilización de recursos atencionales. 2) Por otro lado, el nivel de arousal no explica por sí mismo este aumento, aunque de alguna manera tiende a potenciar el efecto, lo cual sugiere que los cambios en el procesamiento no son debidos únicamente a una activación generalizada, si no a la actividad específica de ciertos grupo neurales.

Estímulos auditivos y sesgo emocional.

Sin embargo, un detalle que puede observarse al considerar este tipo de investigaciones en su conjunto, es que la exploración de los efectos emocionales mediante PREs de tipo auditivo es mucho menos abundante. Esto puede deberse a la dificultad para hacer de un sonido de breve duración un estímulo positivo o negativo, lo cual en el caso de estímulos visuales es muy fácil de conseguir, según ha quedado demostrado por el éxito de los estímulos del IAPS para inducir diferencias. Los sonidos difieren de las imágenes fijas en el sentido de que estos son dinámicos (Bradley y Lang, 2000a) y fuera del caso previamente mencionado, generalmente requieren información acumulativa a lo largo del tiempo para poder ser interpretados adecuadamente. La información de una imagen visual estática por el contrario, se presenta toda al mismo tiempo y permanece esencialmente igual durante la presentación (Bradley y Lang, 2000a). Hasta el momento una alternativa ha sido el empleo de estímulos que tienen la capacidad de provocar un reflejo incondicionado como ruidos abruptos y de alta intensidad, los cuales pueden considerarse como un estímulos aversivos de manera

natural, pero fuera de esos casos difícilmente puede hablarse de estímulos sonoros "afectivos".

De tal manera, hasta el momento no ha resultado posible establecer si los efectos emocionales encontrados sobre los PREs visuales puedan encontrarse también en los PREs típicamente auditivos, lo cual permitiría entre otras cosas determinar si el efecto emocional ocurre de manera similar para todas las modalidades o si la modulación afectiva sigue rutas específicas para cada modalidad como algunos autores sugieren (LeDoux, 1995; Taylor y Fragopanagos, 2005). En todo caso, hasta el momento es difícil determinar si el efecto de las emociones sobre la atención sigue en el caso de la modalidad auditiva, la misma tendencia que ha quedado caracterizada en la modalidad visual. Hasta el momento existen pocos estudios de los componentes auditivos en este campo

Modulación de los PREs auditivos en función del contexto emocional

En el contexto de nuestra investigación, uno de los hallazgos más interesantes en este tipo de literatura es el de que emociones evocadas por la modalidad visual pueden afectar las amplitudes de las repuestas electrofisiológicas cerebrales ante estímulos auditivos en función de su valencia y nivel de arousal. Uno de estos casos se observa claramente en el caso del pico P3 ante estímulos auditivos. La presentación de estímulos abruptos e intensos, tales como los ruidos de sobresalto (*startle probes* en inglés) generan no sólo la respuesta de parpadeo refleja anteriormente descrita, sino en términos psicofisiológicos este tipo de estímulos generan también una onda P3 bastante prominente. Como se ha reseñado, este componente parece reflejar ciertas formas de procesamiento de orden elevado y es sensible entre otras variables al nivel de atención y a la relevancia del estímulo. En el contexto de una estimulación dual, varios estudios que emplean tareas duales reportan una P3 más reducida ante un estímulo target en una tarea secundaria cuando la atención se encuentra fuertemente dirigida a una tarea primaria en la modalidad visual (Donchin, Kramer y Mikens, 1986). Isreal y cols. (1980) por ejemplo encontraron que el incremento de la dificultad de la tarea visual disminuía la amplitud de la P3 de la tarea secundaria.

Aplicando este fenómeno al campo del procesamiento emocional Schupp y cols., (1997) examinaron los efectos del contexto afectivo, establecido con fotografías del IAPS con distintas clases de valencia, en la P300 generada ante estímulos auditivos de prueba. En el primer caso, Schupp y cols. utilizaron un ruido de bastante intensidad para generar la respuesta P3 mientras los sujetos veían las fotografías. Los sujetos en este caso debían ignorar el tono y dirigir la atención hacia las fotografías. Las amplitudes de la P3 se redujeron significativamente mientras se procesaban fotografías con contenido emocional, tanto agradables como desagradables, comparadas con los estímulos neutrales. Esta atenuación además fue mayor para los estímulos agradables o desagradables de elevado arousal que para estímulos con la misma valencia pero con menor arousal. Estos resultados muestran una gran semejanza a los obtenidos en estudios cognitivos más tradicionales como los comentados anteriormente de Donchin e Isreal, observándose que la mera presentación de estímulos afectivamente cargados muestra efectos semejantes al de las tareas visuales altamente demandantes.

La interacción de las variables cognitivas y afectivas provocada por este mismo tipo de estímulos fue investigada con más profundidad en otro estudio por este mismo grupo de investigadores. Cuthbert y cols. (1998) estudiaron el impacto de la atención sobre el estímulo auditivo dirigido a generar la P3, así como el componente N1. Hicieron lo anterior de dos formas: presentaron dos clases de estímulos auditivos, uno muy intenso, que además de la P3 generaba un reflejo de sobresalto (medido en este estudio por el reflejo de parpadeo) y otro de intensidad modulada, un tono suave, siendo la presentación de ambas clases de estímulos equiprobable a lo largo de la prueba. El segundo control sobre la atención lo hicieron pidiendo a la mitad de los sujetos participantes comparar los estímulos entrantes por la modalidad auditiva y a la otra mitad a ignorar esta modalidad y dirigir la atención a la modalidad visual. La P300 ante ambos tipos de estímulos auditivos fue modulada por el contenido de las fotografías, las amplitudes disminuidas significativamente cuando se presentaba en un contexto agradable o desagradable (no encontrándose diferencias entre sí), mientras que las fotografías neutrales no causaban una atenuación tan prominente. La reducción

de esta P300 se interpretó como una mayor asignación de los recursos atencionales a los estímulos visuales afectivos (Cuthbert et al., 1998). El reflejo de sobresalto al igual que en experimentos previos aumentaba en el contexto de imágenes negativas y disminuía en el de las positivas. En cuanto a la N1, ésta exhibió cambios en la presentación del ruido de sobresalto solamente en la condición en que se prestaba atención a los sonidos, de alguna manera exhibiendo el mismo patrón que el reflejo de sobresalto.

Otro caso de modulación a partir del contexto fue reportado por Yamashita y cols. (2005) quienes empleando un magnetoencefalograma (MEG) y una medición basada en la supresión de la ondas magnéticas equivalentes a la P50 auditiva (que como referimos en el capítulo anterior se asocia a un mecanismo de filtrado sensorial), proporcionaron evidencia de que los estímulos visuales emocionalmente cargados pueden afectar el procesamiento auditivo en etapas notablemente tempranas cuando estos corresponden a la valencia negativa, comenzando desde los 50 ms, sugiriendo tal vez un correlato de la vía rápida amigdalal.

Uso de la MMN en el estudio de la modulación afectiva de los PREs

En 1998 de Gelder y col. (1999) aprovechando el fenómeno de que la valoración del tono emocional de una expresión vocal es influenciada por la expresión de una cara presentada simultáneamente, investigaron el curso temporal de esta integración a través de la MMN. En una condición, el estímulo estándar consistió en un fragmento de una vocalización cargada de enojo combinada con la presentación simultánea de una expresión facial "congruente" de enojo. En el par infrecuente la expresión de la voz se mantuvo igual y sólo la expresión de la cara varió a una expresión triste (incongruente). Los pares con un ítem visual infrecuente evocaron una respuesta eléctrica negativa exhibiendo las características de la MMN, la cual es evocada únicamente por las desviaciones auditivas. Resultados semejantes se obtuvieron cuando la condición frecuente fue la presentación incongruente de los pares y la condición infrecuente la presentación congruente. Según la interpretación de los autores, estos hallazgos proporcionaron información convincente de una integración de la información la

expresión vocal con la expresión facial reflejada por un componente muy semejante a la MMN. Aunque los autores proponen que esto constituye una muestra clara de una posible interacción entre la información sensorial y emocional para el caso de la MMN, puede sin embargo señalarse que el experimento no permite distinguir si los efectos se deben a una integración únicamente perceptual, como en los estudios del efecto de McGurk o si efectivamente la información emocional juega un papel decisivo en la generación de una onda por disparidad.

Otro experimento efectuado con la respuesta MMN es el de Goydke y cols. (2004) quienes emplearon estímulos auditivos discretos, notas musicales de violín, que diferían únicamente en la cualidad acústica del timbre, que se pretende puede transportar información de tipo emocional. Como estímulos frecuentes emplearon notas de violín con un timbre "alegre". Para producir una MMN presentaron 3 diferentes tipos de estímulos infrecuentes: uno basado en el timbre "emocional", otro en la misma nota musical que el estímulo frecuente pero ejecutada por otro instrumento (diferencia por el timbre "instrumental") y la misma nota con el mismo instrumento pero ejecutada en otro tono. Los tres tipos de infrecuente produjeron una MMN consistente, siendo relevante el hecho de que resultaba posible generar una MMN únicamente variando el timbre "triste" o "alegre" de la nota musical. Esto parece sugerir que existe en el sistema neural que produce la MMN la capacidad de distinguir aspectos emocionales en los estímulos presentados

Dado que estos estudios no reportaron diferencias en la latencia o en el voltaje de ondas MMN en función de la expresión "emocional" de los estímulos, no resulta posible extraer información de ellos que pueda compararse con la información arrojada por la mayoría de los estudios anteriormente citados, en los que las diferencias puntuales de la rapidez y la intensidad de las respuestas son los índices más significativos de los cambios generados por la carga emocional.

En este sentido, el único trabajo que a nuestro conocimiento emprende este tipo de análisis es el de Surakka y col. en 1997, con cuya exposición concluiremos finalmente

la revisión de este capítulo. En esta investigación se estudiaron los efectos de los estímulos visuales (fotos del IAPS) con valencia emocional positiva, negativa o neutra en la respuesta electrofisiológica ante estímulos auditivos. Para tal fin se registraron los potenciales relacionados con eventos MMN y N100 en siete sujetos mientras estos leían un texto y posteriormente mientras se les presentaban fotografías emocionalmente negativas, positivas o neutras, que podían variar tanto en el nivel de la valencia como en el de activación emocional. La N100, funcionalmente distinta a la MMN en el sentido de que esta es sensible únicamente al momento de presentación de un estímulo, se mantuvo sin variación en las diferentes condiciones experimentales, incluida la lectura del texto. La MMN en cambio fue muy semejante durante la lectura del texto y la presentación de imágenes negativas y neutras, pero fue significativamente atenuada durante la presentación de fotografías con valencia positiva.

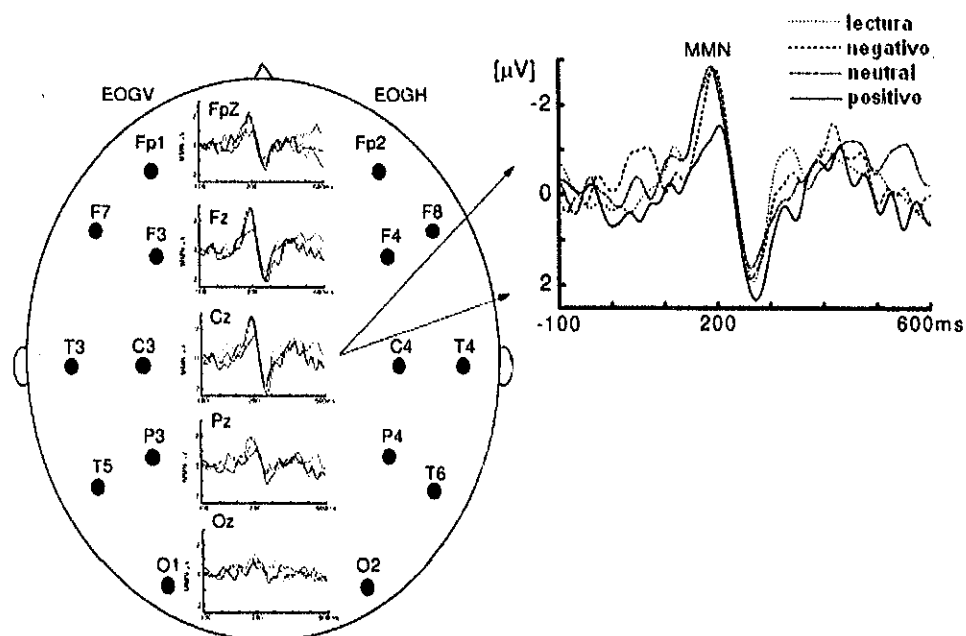


Figura 5: Resultados de Surakka y colaboradores (1998).

A partir de estos resultados, los autores de esta investigación propusieron que la información emocional visual de alta valencia positiva y bajo nivel de arousal constituye un indicio de un ambiente no-amenazante y no-atractivo y que este tipo de ambiente

reduce la necesidad de la detección de los cambios auditivos, sugiriendo que esta disminución de la actividad del analizador estaría mediada en primer lugar por la amígdala. Aunque sin duda esta conclusión requiere de nuevas investigaciones para su comprobación, estos resultados sugieren que la actividad de la población neuronal responsable de la detección automática es susceptible de modulación en función del contexto en que se presenta, lo cual constituye el antecedente directo de este trabajo.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Bajo la perspectiva evolucionista de las emociones, se ha planteado que éstas pueden interactuar con diversos procesos de tipo cognitivo. Evidencia de este tipo de interacción afecto-cognición ha quedado demostrada a nivel de la atención, la percepción, la memoria y ciertos tipos de aprendizaje en varios estudios a nivel conductual y más recientemente, en estudios que utilizan la metodología de los potenciales relacionados con eventos (PREs). En tales casos, los efectos electrofisiológicos observados resultan acordes a la tendencia observada en los estudios a nivel conductual, ya que también revelan un "sesgo negativo", es decir, una mayor capacidad de los estímulos de tipo aversivo o desagradable para movilizar recursos atentos y propiciar respuestas más intensas o más rápidas, lo cual generalmente se refleja en el caso de los PREs en mayores amplitudes o en la reducción significativa de la latencia de ciertos componentes.

Sin embargo, hasta el momento la mayoría de estos trabajos se enfocan únicamente en potenciales relacionados con la modalidad visual y muy pocos trabajos han abordado el estudio de la modulación de los PREs en la modalidad auditiva. En este contexto existen dos medidas ampliamente estudiadas que pueden servir para abordar esta cuestión: la N1 relacionada con momento de presentación de un estímulo y la MMN que ocurre ante un cambio repentino en la secuencia de un patrón de estímulos. Ambos componentes han demostrado ser muy estables y resistentes a la supresión y constituyen índices confiables de la detección de un estímulo. Mientras que la N1 parece ser sensible únicamente al momento de aparición de un estímulo, la MMN refleja un proceso de integración de las huellas de memoria auditiva más elaborado y capaz de integrar información más compleja, todo esto de manera independiente a la dirección de la atención selectiva.

El estudio del comportamiento de los componentes N1 y MMN en función del contexto emocional en el que se presenta es de interés teórico por múltiples razones: Con los datos disponibles actualmente en estudios conductuales y electrofisiológicos aún no es posible determinar si el nivel de activación inducido por un contexto emocional

positivo o negativo puede modificar la velocidad o la cantidad de recursos atencivos con la que los estímulos auditivos son detectados y procesados. Tampoco se ha caracterizado si estos cambios pueden ocurrir en procesos que ocurren independientemente de la atención selectiva. Finalmente, tampoco se ha explorado hasta qué punto el generador de la MMN es sensible a información de tipo emocional o a cambios fisiológicos asociados al estado emocional. Hasta el momento sólo existe un estudio que ha abordado el efecto de estímulos emocionales sobre estos marcadores electrofisiológicos (Surakka y cols., 1998) pero esta línea de investigación no ha sido extendida posteriormente. Uno de los detalles sin resolver en dicha investigación es que no se ha establecido si el efecto de sesgo negativo puede hacer más rápida o más intensa la detección de disparidades reflejada por la MMN, como lo sugeriría la tendencia observada en los PREs visuales.

En vista de lo anterior, el presente trabajo pretende ampliar los hallazgos de la investigación de la modulación emocional en los PREs, estudiando los cambios de la respuesta MMN en función del contexto afectivo en que se presenta. Para este fin, se registró la actividad eléctrica cerebral ante estímulos frecuentes en tres clases de contexto emocional: negativo, positivo y neutro. Se emplearon estímulos emocionales pretendidamente más intensos que en investigaciones previas, apoyados tanto en la modalidad visual como auditiva. Además del registro del EEG, se efectuó el registro simultáneo de tres parámetros de la activación autonómica: la frecuencia cardíaca, la respuesta electrodermal y las variaciones en la temperatura corporal, así como una escala de autoreporte para monitorear los cambios inducidos en los sujetos en cada tipo de contexto y correlacionarlos con los posibles cambios en la respuesta eléctrica cerebral.

Con este trabajo esperamos contribuir a la exploración de la relación afecto-cognición por medio de los PREs buscando dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cómo afecta el contexto emocional al procesamiento automático de sonidos? ¿Es factible la modulación de la MMN por un contexto emocional? ¿Existe una relación entre los cambios autonómicos y los patrones de amplitud y latencia de los PREs?

Objetivos

Objetivo general:

Estudiar la influencia del contexto emocional en el procesamiento auditivo reflejado por los cambios en los PREs ante tonos frecuentes e infrecuentes en diferentes contextos experimentales.

Objetivos específicos:

1. Contribuir a la exploración del componente MMN caracterizando el efecto del contexto emocional en su latencia y amplitud.
2. Replicar y ampliar los resultados obtenidos por Surakka y colaboradores (1998) presentando en esta ocasión los estímulos auditivos en un contexto en el cual la cualidad emocional negativa o positiva es reforzada presentando imágenes en movimiento y sonidos de acompañamiento.
3. Explorar la aparición temporal de los efectos de la modulación emocional en los PREs ante estímulos auditivos evaluando los posibles cambios en N1 y MMN.
4. Evaluar si existe alguna relación entre los cambios autonómicos y la magnitud o la latencia de los componentes obtenidos.

Hipótesis:

1. Se encontrarán diferencias significativas en las características de los PREs obtenidos en las diferentes condiciones en cuanto a la magnitud de voltaje, duración y latencia en dependencia de la valencia del contexto en el que se generen.
2. Si el generador de la respuesta MMN es sensible a la carga afectiva del contexto experimental la tendencia de estos cambios será la misma que la observada en otras investigaciones, es decir, la condición negativa provocará una reducción de las latencias y una mayor amplitud de los PREs, mientras que se observará la tendencia contraria en la condición positiva.
3. En cuanto a la N1 se esperaría que el efecto de habituación ante la presentación de los sonidos sea menor en la condición negativa que en el resto de las condiciones.
4. Si el sistema neuronal que subyace a la generación de la N1 y la MMN es sensible a las variaciones de la valencia o de *arousal* emocional, la magnitud de los componentes y las latencias mostrarán relación con las variaciones autonómicas registradas.

5. MÉTODO

Sujetos: Dieciséis adultos sanos, 8 hombres y 8 mujeres, universitarios entre 24 y 29 años de edad participaron en el experimento. Para el análisis de los datos electrofisiológicos se eliminaron cuatro sujetos: tres debido a la falla en la obtención de un mínimo de ensayos libres de artefactos en una o más de las condiciones experimentales y otro más por presentar un voltaje muy reducido de los PREs (menor a .40 microvolts en todas las condiciones).

Criterios de inclusión: Sujetos normales, sin antecedentes neurológicos o psiquiátricos y con audición reportada como normal que hubiesen vivido en la ciudad de Guadalajara durante su etapa escolar. Participación voluntaria en el experimento. No haber estado expuesto a drogas con acción sobre el SNC ni al material de la condición negativa, así como tampoco haber referido ser afecto a las películas de horror o a escenas de contenido violento o desagradable.

Aparatos

Registro de las señales: La actividad electroencefalográfica (EEG) se registró con un convertidor A/D de 16 bits y ganancia de 10000, así como puntos de caída a 6 dB/octava en un equipo MEDICID-Multichannel. El EEG se registró en 9 derivaciones: Fz, Cz, Pz, Fp1, Fp2, F3 F4, C3, C4 de acuerdo con el sistema internacional 10-20. El monitoreo de movimientos oculares se llevó a cabo con electrodos fijados debajo del ojo derecho y arriba del izquierdo. Se emplearon las orejas cortocircuitadas como referencia y el electrodo a tierra se colocó en la frente. La impedancia de los electrodos se mantuvo debajo de los 5k Ω . El EEG se amplificó con un filtro pasabanda de 0.1–70 Hz y posteriormente la señal fue filtrada digitalmente entre 1 y 30 Hz. La ventana de análisis fue de 450 ms con una línea base de 100 ms pre-estímulo. Se descartaron los segmentos en que la actividad de los movimientos oculares excedía los 100 μ V o cuando su efecto era muy evidente en los canales Fp1 y Fp2, así como los artefactos

de tipo muscular.

Para el registro de las variables autonómicas asociadas a frecuencia cardiaca, conductancia eléctrica de la piel y temperatura corporal se utilizó un equipo Procomp (Thought Technology, Ltd). La tasa de muestreo en estos tres canales fue de 256 Hz. Los índices de estas variables fueron obtenidos según los datos proporcionados por el análisis automatizado del programa BioGraph Infiniti versión 3.11 incluido en el mismo equipo de registro. Solamente en el caso de la actividad cardiaca se llevó a cabo una remoción de los segmentos producidos por movimiento o por actividad muscular utilizando el mismo programa. Los datos que reportamos constituyen los promedios obtenidos para cada sesión experimental, sin ninguna modificación o ajuste de normalización entre los sujetos.

Variables dependientes e independientes

La variable independiente en este estudio fue el tipo de contexto emocional, que podía ser negativo, neutro o positivo. Las variables dependientes fueron de tres tipos: 1) la puntuación en las escalas de autoreporte, 2) los valores de los parámetros autonómicos (frecuencia cardiaca, conductancia eléctrica de la piel y temperatura y 3) las características de los PREs registrados ante los estímulos auditivos (morfología, latencia y amplitud de voltaje).

Tarea experimental y estímulos

El paradigma experimental consistió en el registro del EEG durante la presentación de trenes de estímulos auditivos mientras los sujetos se encontraban a) leyendo un texto (condición de control) y b) viendo secuencias de imágenes con distinto contenido emocional (condiciones experimentales). Esta secuencia de estímulos auditivos consistió en tonos frecuentes de 1000 Hz. e infrecuentes de 1100 Hz presentados binauralmente con probabilidades de 0.80 y 0.20 respectivamente. Los tonos puros se

generaron utilizando el programa Quack y la duración se estableció utilizando el programa Sony Sound Forge. La duración de las diferentes condiciones experimentales se planeó para presentar 180 estímulos infrecuentes. La secuencia del tren de estímulos fue semialeatorizada, de manera que al menos dos sonidos estándar se presentaron entre cada estímulo infrecuente. El intervalo interestímulo fue de 500 ms y se mantuvo constante. Los tonos puros (sinusoidales) tenían una duración de 50 ms, una intensidad de 69 dB SPL con un tiempo de elevación y caída de 10 ms. La presentación de los sonidos se llevó a cabo en unos audífonos COBY CV-3000 (COBY Electronics Corp., 1996, U.S.A) y se controló mediante el programa Mind Tracer ejecutado en una computadora Pentium 3. Los estímulos visuales se presentaron con un cañón In-Focus cuya señal provenía de un reproductor de DVD independiente a esta computadora, proyectando un cuadro cuyas características se describen a continuación.

Condiciones experimentales

Mediante la recopilación de varias escenas de material televisivo, cinematográfico y documental, así como fotografías que se presentaban entre una escena y otra (la mayoría extraídas del International Affective Picture System; Lang, Ohman, Vaitl, 1988). se formaron bloques visuales de 12 minutos y medio, que constituyeron lo que se denomina el "contexto emocional", el cual podía ser positivo, negativo o neutro, agrupando en cada tipo de contexto sólo escenas positivas, negativas o neutras según el caso. Durante ciertos segmentos del bloque éstas se acompañaron de sonidos adecuados a la imagen en curso con la finalidad de reforzar el impacto emocional evocado por las imágenes. Denominamos a estos sonidos como "sonidos ambientales", los cuales se presentaban por algunos instantes (de 5 a 35 segundos). Durante la introducción de los sonidos ambientales, la secuencia de tonos era interrumpida hasta el final del fragmento sonoro. Cuando el sonido ambiental terminaba, el tren de tonos frecuentes e infrecuentes se reanudaba con una serie de al menos 6 tonos frecuentes antes de un infrecuente. La cantidad de estímulos frecuentes e infrecuentes y la cantidad de tiempo ocupada por los sonidos que reforzaban el contenido de los bloques

(sonidos ambientales) se mantuvieron idénticos en todas las condiciones, así como el número de interrupciones que podían ocurrir.

En el caso del bloque "positivo" se emplearon imágenes y sonidos asociados a diferentes personajes de programas infantiles de televisión y dibujos animados. Estos programas y caricaturas tienen en común el haber constituido la programación típica del horario infantil en 2 de los canales de televisión más vistos hace 15 o 20 años (el canal 6 local y el 9 nacional). La intención de seleccionar este tipo de material fue la de generar una emoción positiva por medio de la asociación del material con la niñez y los años escolares. Se aprovechó el hecho de que en ese tiempo no existían otros canales con programación infantil y la televisión por cable era bastante rara, por lo que la exposición a este material fue la misma para casi todas las personas que crecieron en Guadalajara en los años de 1985 a 1991.

En el caso del bloque "negativo" se emplearon escenas de películas en las que se mostraban escenas de violencia excesiva (asesinatos brutales, un sujeto golpeando a una mujer, el sacrificio de un conejo) y fotografías de mutilaciones, cadáveres y mujeres golpeadas. Los sonidos presentados eran fragmentos de la banda sonora de las películas, generalmente gritos de desesperación o sonidos estridentes (motosierra, golpes metálicos).

Respecto al bloque neutral se utilizaron imágenes y sonidos ambientales cotidianos (el movimiento de una calle, un ventilador, una toma aérea de un escenario rural, toma en movimiento de casas y paisajes ordinarios, segmentos de un noticiero, una partida de dominó) cuya finalidad era la de generar un mínimo de interés para no provocar un aburrimiento excesivo que resultara incómodo o aversivo.

Los estímulos fueron presentados en un cuarto parcialmente oscurecido utilizando un cañón In-Focus que proyectaba un cuadro de 120 x 97 centímetros. Los sujetos se

encontraban sentados a una distancia de 130 centímetros respecto de la pared en la cual se presentaban estas imágenes. La secuencia de los tonos fue semialeatorizada, observando la regla de que al menos dos tonos frecuentes se presentaran entre un infrecuente y otro. El tren de tonos frecuentes e infrecuentes se presentaba a lo largo de todo el bloque de imágenes, siendo interrumpido en algunos cambios de escena por los sonidos ambientales anteriormente descritos. Estos fragmentos de acompañamiento se presentaron 9 veces en cada bloque. Cada vez que un sonido irrumpía en la secuencia de tonos, una serie de al menos 6 tonos frecuentes consecutivos se presentaba antes de la reanudación del tren de frecuentes e infrecuentes. Las respuestas ante los tonos frecuentes inmediatos a la presentación de sonidos ambientales, así como el primer tono frecuente posterior a un infrecuente se descartaron para la promediación.

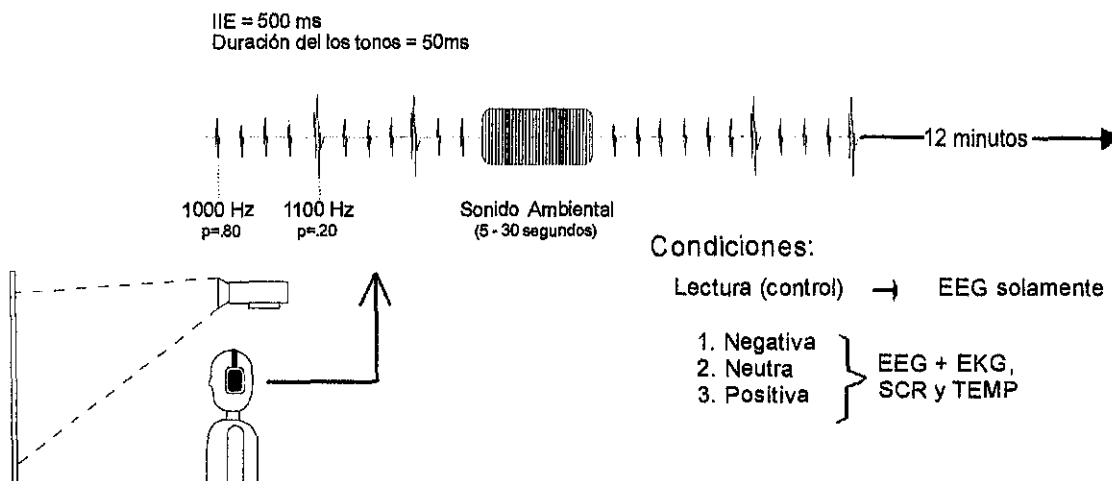


Figura 6: Descripción del paradigma experimental: Se registró la actividad eléctrica cerebral de los sujetos ante trenes de estímulos auditivos, tonos puros de 50 ms de 1000 (estímulo frecuente) y 1100 Hz (estímulo infrecuente), presentados con una probabilidad de 0.80 y 0.20 respectivamente y un intervalo interestímulo de 500 ms. Este registro se llevó a cabo en cuatro condiciones: mientras los sujetos leían un texto (condición control) y posteriormente mientras observaban una secuencia de imágenes con diverso contenido emocional (condiciones experimentales: contextos negativo, neutro y positivo). Ocasionalmente, con el fin de reforzar el impacto emocional, se presentaba un segmento de sonido acorde con las imágenes en curso (sonido ambiental) durante el cual la secuencia de tonos era interrumpida. Cada bloque tenía una duración de doce minutos y medio y en el caso de las condiciones experimentales se registraron también los parámetros autonómicos de frecuencia cardíaca, conductancia eléctrica de la piel y temperatura.

Los sonidos ambientales utilizados fueron extraídos del material original utilizado para los bloques de imágenes, y fueron editados digitalmente con el programa Sony Sound Forge. Para evitar efectos de sobresalto todos los sonidos contaron con una elevación y caída de al menos 50 ms y se editaron los segmentos en los que la intensidad alcanzaba un tope en la barra de intensidad del programa (efecto de "clip"). La intensidad de los sonidos ambientales se situó alrededor de los 70 dB empleando un sonómetro y generalmente varió de acuerdo al volumen natural del ambiente (por ejemplo la intensidad de los gritos o los sonidos estridentes fue generalmente más elevada que el sonido de un ventilador, las voces de un noticiero o las voces de los personajes infantiles). Aunque algunos estudios han procurado igualar los diferentes estímulos utilizados en términos de frecuencia e intensidad, en nuestro caso esta opción no fue una opción práctica, ya que el objetivo principal fue el de utilizar sonidos ecológicamente válidos que efectivamente transmitiesen un contenido emocional.

Previo a la inclusión en el experimento, a los posibles candidatos se les hacían únicamente unas cuantas preguntas generales dirigidas a averiguar el lugar en el que habían pasado la niñez, la afición o no a las películas de horror, el tipo de escenas que podían referir como "impresionantes" desde el punto de vista emocional, procurando evitar la inclusión de los sujetos altamente expuestos a este tipo de material. Las sesiones eran programadas con antelación. En el caso de las mujeres se programaron las sesiones de manera en que estas estuviesen repartidas en las diversas etapas del ciclo menstrual de las voluntarias. En el caso de mujeres con periodos irregulares (dos) se procuró que el registro tuviera lugar en los primeros días posteriores al fin de la última menstruación.

A la llegada de los sujetos se les explicó que el propósito del experimento era investigar el procesamiento auditivo durante varios contextos. Se explicó que el contenido del material que iba a presentarse era de naturaleza muy diversa, pudiendo en ocasiones ser bastante negativa. Se explicó que si en algún momento las imágenes provocaban un nivel de incomodidad demasiado intenso se podía suspender el experimento en

cualquier momento. A continuación se obtuvo la firma de los sujetos en la carta de consentimiento informado (Anexo 1). Dos formas de registro se llevaron a cabo en el siguiente orden: Primero se registró el EEG durante 10 minutos mientras los sujetos leían un texto proyectado en la pared y una secuencia de tonos frecuentes e infrecuentes era presentada sin interrupción. Después se colocaron los electrodos para el registro de electrocardiograma (EKG) y los sensores para la medición de la conductancia eléctrica de la piel (SCR) y temperatura corporal (TEMP).

Una vez colocados los sensores para EKG, SCR y TEMP se procedió al registro del EEG durante los diferentes contextos emocionales. Para cada sujeto los bloques emocionales se presentaron en orden aleatorizado. Se solicitó a los sujetos no moverse y fijar la atención solamente en la secuencia de imágenes ignorando los tonos, prestando atención únicamente a la sensación y las impresiones que las imágenes producían. Se explicó que estos tonos se presentarían durante la mayor parte de experimento. También se explicó a los sujetos que ocasionalmente se presentarían otro tipo de sonidos diferentes a los tonos que podían coincidir con las imágenes en curso.

Antes de comenzar con el registro de EEG, EKG, SCR Y TEMP se registraba una línea base del sujeto en completo reposo. Una vez que todo estaba dispuesto la luz del cuarto se apagaba, quedando solamente iluminación atenuada. La secuencia de imágenes y sonidos se presentaba cuando el sujeto indicaba estar listo. Después de cada secuencia de imágenes se encendía la luz y los sujetos llenaban una escala de autoreporte (Una adaptación de Ramos y cols. 1987) que combinaba respuestas abiertas con una serie de reactivos puntuales que posteriormente se descomponían en valencia o nivel de activación (ver anexo 2). Una vez concluido el llenado de la escala de autoreporte se pedía a los sujetos que se relajaran en una postura cómoda. Después de un descanso de tres minutos se registraba otra línea base para las respuestas autonómicas durante dos minutos y se procedía a otro bloque de doce minutos.

Análisis de los cuestionarios

La escala que adaptamos para este estudio combina un par de preguntas abiertas con las evaluaciones de los estados afectivos que son referidas de manera puntual (Anexo 2). Aunque se efectuaron comparaciones de cada reactivo por separado, dada la amplia cantidad de reactivos de esta escala, optamos por seleccionar solamente aquellos que tenían una relación más estrecha con nuestro estudio. De esta forma, para evaluar las diferencias entre los contextos experimentales seleccionamos solamente los reactivos que podían agruparse en la dimensión displacentera, la dimensión placentera y la activación fisiológica definidas según lo propuesto por Ramos y cols. (1987), así como una valoración general presentada en forma de escala Likert añadida por nosotros. En el caso de la dimensión displacentera se agruparon los siguientes reactivos: amenazado, asustado, enojado, incómodo, tenso, triste y desesperado. En la placentera: alegre, confortable, animado, apacible y feliz. De la activación fisiológica agrupamos: aumento en la tensión muscular y aceleración del corazón.

El análisis del resto de los datos y de otras comparaciones posibles alrededor de la escala (análisis de las respuestas ante las preguntas abiertas, la comparación de los grupos por sexo y la relación de lo referido en las escalas de autoreporte con los índices autonómicos) se dejaron para un reporte posterior.

Registros autonómicos

Para el análisis de los parámetros autonómicos durante cada una de las condiciones experimentales se obtuvieron los valores absolutos individuales de los siguientes índices: frecuencia cardiaca promedio (FC), valor promedio de la conductancia (SCRprom), valor máximo de la respuesta de la conductancia de la piel a lo largo de la sesión (SCRmáx), resistencia dérmica promedio (RDprom), temperatura corporal promedio (TCprom), temperatura corporal mínima (TCmin) y la tasa de cambio de la temperatura corporal (TC%).

Registro electroencefalográfico

Se obtuvieron al menos 50 respuestas promediadas ante los estímulos frecuente e infrecuente en la condición de lectura y en cada una de las condiciones experimentales. Para cada sujeto la cantidad de respuestas promediadas fue la misma para las tres condiciones, pudiendo ser ligeramente inferior en la condición de lectura por la gran cantidad de artefactos oculares que se presentaron en esta condición. Para cada sujeto, la cuantificación de las latencias de MMN y N1 se determinó localizando el pico máximo de cada componente en los PREs individuales. En el caso de las ondas de diferencia esto se hizo tomando como referencia la derivación Fz y en el caso de la N1 la derivación central, ya que son los sitios en los que estos componentes se manifiestan con máxima definición (Näätänen, 1992; Kähkönen y cols. 2002; Herreño, 2005). La cuantificación de la amplitud de voltaje se obtuvo a partir de una ventana de integración de 30 ms alrededor del pico máximo.

Un segundo tipo de análisis se efectuó a partir de la comparación de los grandes promedios en ventanas de tiempo definidas a partir de la inspección visual para comparar los diferentes componentes que se obtuvieron y determinar si las diferencias observadas entre ellos en las distintas condiciones eran estadísticamente significativas. En estas comparaciones se utilizaron como referencia los valores promedio de línea media (Fz, Cz y Pz) en las ventanas de tiempo especificadas en cada caso. Esto se llevó a cabo tanto para los PREs de diferencia como para los PREs ante el estímulo frecuente e infrecuente, lo cual se muestra con mayor detalle en la sección siguiente.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de grupos relacionados. Todos los sujetos fueron sometidos a todas las condiciones experimentales, cuyo orden de presentación para cada sujeto se definió en forma aleatoria luego del registro de la condición control.

Para el análisis de los datos arrojados por las escalas de auto-reporte se utilizó la

prueba de Friedmann (Q) con un nivel de significación (α) de 0.05. En caso de encontrar diferencias significativas se realizaron comparaciones a posteriori utilizando la prueba de signos de Wilcoxon (W) con el ajuste de Bonferroni ($\alpha < 0.016$).

En cuanto al análisis de los parámetros autonómicos se evaluaron únicamente los promedios obtenidos por cada sujeto a lo largo de cada condición experimental. Para cada parámetro se efectuó un ANDEVA de un sólo factor.

Respecto al análisis de los datos electrofisiológicos: Los valores de las latencias y las amplitudes del componente MMN se compararon los valores de la derivación Fz con un análisis de varianza (ANDEVA) de un factor (condición) con α de 0.05. En el caso del componente N1 se efectuó un análisis similar, tomando la derivación Cz como referencia. En el caso del segundo tipo de análisis, la comparación de los PRE por ventanas de tiempo, se añadió otro factor, derivación.

En busca de diferencias hemisféricas para el caso de la MMN se hizo una comparación de tres factores (condición x derivación x hemisferio) usando los valores promedio de las derivaciones Fp1, Fp2, F3, F4, C3 y C4.

Cuando el análisis de varianza reportó diferencias significativas se realizaron comparaciones a posteriori con el método Tukey-Kramer, utilizando un (α) de 0.05. Todos los análisis referidos con excepción de las correlaciones bivariadas se realizaron con el programa Estadis (Zarabozo, 2002). Para el caso de estas últimas se empleó el programa SPSS versión 11.5.

Finalmente, una vez que se obtuvieron los valores de las latencias y las amplitudes promedio en los componentes se llevaron a cabo correlaciones bivariadas de estos valores con los valores promedio de EKG, SCR (promedio y valor máximo) y TEMP (promedio y valor mínimo). En estos casos se utilizó la prueba de Pearson, aplicando en todos los casos un análisis de dos colas.

6. RESULTADOS

1. Evaluación de las características de las condiciones experimentales

A) Escalas de auto-reporte

El primer reactivo evaluado es el puntaje obtenido en la escala de tipo Likert que muestra el continuo de demasiado desagradable hasta demasiado agradable pasando por un punto de ausencia de reacción emocional / indiferencia (ver Anexo 2). Los resultados muestran que en términos generales los sujetos asignaron valores distintos a cada una de las condiciones experimentales. La diferencia entre condiciones ($Q_{(2,15)}=30.13$, $p < 0.0001$) fue significativa y las comparaciones a posteriori entre los tres pares de condiciones fueron también significativas y con una $p < 0.001$ en todos los casos: negativo vs. neutro ($W_{(15)} = 0.00$); negativo vs. positivo ($W_{(15)}=0.00$) y neutro vs. positivo ($W_{(15)}=1.50$)¹.

En la dimensión displacentera de la escala se halló una diferencia significativa entre los estados evaluados ($Q_{(2,15)}=23.63$, $p=0.00001$), y los exámenes post-hoc muestran que la condición experimental denominada como “negativa” muestra puntaje para los ítems “displacenteros” que resulta significativamente diferente al resto de los estados evaluados: negativo vs. neutro: ($W_{(15)} = -1.00$; $p<0.001$); y negativo vs. positivo ($W_{(15)}=0.00$, $p<0.001$).

Mientras tanto, el análisis de la dimensión placentera también reportó diferencia significativa entre los distintos bloques ($Q(15,2)=19.5$, $p=0.0001$), donde los exámenes post-hoc mostraron diferencias significativas entre la condición experimental positiva y la negativa ($W_{(15)}=0.00$, $p<0.001$) y también respecto a la neutra ($W_{(15)}=14.00$, $p<0.003$).

Para evaluar el reporte del sujeto sobre la variación fisiológica asociada con el estado emocional inducido, consideramos el análisis conjunto de los 2 ítems incluidos en la

¹ En esta sección conviene recordar que para las variables conductuales y autonómicas se registraron los valores de la muestra total de 16 sujetos, mientras que para los resultados electrofisiológicos 4 sujetos tuvieron que ser descartados para los análisis posteriores.

dimensión "activación fisiológica", en aras de conjeturar sobre la percepción subjetiva de los cambios corporales asociados a cada una de las condiciones. Se encontró efectivamente una diferencia significativa entre estas ($Q_{(2,15)} = 19.1$, $p = 0.0001$), donde los exámenes post-hoc mostraron diferencias significativas entre los estados negativo y neutro ($W_{(15)} = -3.00$, $p < 0.001$) y el estado negativo respecto al positivo ($W_{(15)} = -16.00$, $p < 0.005$).

		activación fisiológica		dimensión placentera		dimensión displacentera	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Cont.	negativo	67.25	28.29	15.52	9.25	57.32	22.31
	neutro	17.88	21.96	21.87	20.99	18.23	15.07
	positivo	18.75	27.34	54.33	18.82	6.95	8.28

Tabla 1: Media y desviación estándar de los valores reportados en las escalas verbales.

B) Medidas autonómicas

Frecuencia cardiaca: La frecuencia cardiaca promedio exhibió diferencias significativas entre las distintas condiciones experimentales ($F_{(2,30)} = 4.16$, $p < 0.01$). El análisis post-hoc mostró que la FCprom fue significativamente mayor en la condición negativa ($q = 4.04$, $p < 0.05$) con respecto a la positiva, pero no respecto a la neutra.

Conductancia eléctrica de la piel: El valor promedio de la conductancia eléctrica de la piel (SCRprom) también resultó con diferencias significativas ($F_{(2,30)} = 4.43$, $p < 0.05$). El análisis post-hoc muestra que la condición negativa alcanzó un valor de conductancia significativamente mayor que la condición neutra ($q = 4.204$, $p < 0.05$) y aunque la positiva tuvo la misma tendencia no alcanzó significación respecto de la neutra. También la variable SCRmax mostró el mismo patrón de cambios ($F_{(2,30)} = 4.95$, $p < 0.05$) con idénticos resultados para el análisis post-hoc ($q = 4.44$, $p < 0.05$).

La resistencia dérmica promedio también alcanzó a mostrar cambios significativos entre los estados evaluados ($F_{(2,30)} = 4.50$, $p < 0.05$) con resultados post hoc donde la

condición negativa se diferenci6 de la neutra ($q = 3.54, p < 0.05$) y de la positiva ($q = 3.8, p < 0.05$) exhibiendo valores m6s reducidos.

Temperatura corporal: La temperatura corporal promedio exhibi6 resultados similares a los descritos para la conductancia el6ctrica ($F_{(2,30)} = 3.48, p < 0.05$) y los ex6menes post hoc tambi6n se6alaron que los valores de TCprom en la condici6n negativa alcanzaron un promedio significativamente menor que el de la condici6n neutra ($q = 4.16, p < 0.05$). Tambi6n la TCmin registrada por cada estado mostr6 diferencias significativas ($F_{(2,30)} = 4.76, p < 0.05$) con menor valor para el estado negativo en comparaci6n con el neutro ($q = 4.39, p < 0.05$). Finalmente, la tasa de cambio de la temperatura corporal tambi6n mostr6 cambios significativos entre las condiciones ($F_{(2,30)} = 6.12, p < 0.01$). El an6lisis post hoc indic6 diferencias significativas entre el estado negativo y el neutro ($q = 4.78, p < 0.01$) y el positivo ($q = 3.5, p < 0.05$).

	Frecuencia cardiaca (Latidos por minuto)		Conductancia el6ctrica de la piel (en microMhos)		Promedio temperatura corporal (grados Fahrenheit)	
	Media	Desviaci6n Est6ndar	Media	Desviaci6n Est6ndar	Media	Desviaci6n Est6ndar
Contexto negativo	71.24	8.51	7.86	7.29	84.65	6.59
neutro	70.21	6.57	5.09	4.85	87.71	6.77
positivo	68.50	6.83	6.36	8.16	86.66	6.79

Tabla 2: Promedios de los tres par6metros evaluados (frecuencia cardiaca, conductancia y temperatura en cada uno de los contextos experimentales).

2. Potenciales Relacionados con Eventos

La actividad el6ctrica cerebral durante las distintas condiciones del experimento se describe a continuaci6n. En primer lugar se exponen los resultados referentes a las ondas de diferencia por ser el objetivo principal de nuestra investigaci6n y posteriormente los PREs ante el est6mulo frecuente e infrecuente.

PREs diferencia: Como hemos referido, la MMN se defini6 operacionalmente como el

punto negativo máximo comprendido entre los 100-200ms. Mediante el programa EP Workstation (Neuronic, 1998) se determinó este punto para cada PRE individual en la derivación Fz, el cual es el sitio en el cual el potencial alcanzaba mayor amplitud y se muestra de manera más definida. Siguiendo el mismo procedimiento que Surakka y cols. (1998) en primer lugar se compararon los voltajes y la latencia obtenidos para la MMN en la derivación Fz de la condición control con los de la condición neutra. Se encontró que ambos PREs son muy semejantes, lo cual permite suponer que el contexto neutro constituyó una referencia adecuada para evaluar los cambios observados en la otras condiciones ($F_{(1,11)} = 0.18$ $p = 0.676$) para voltaje y ($F_{(1,11)} = 0.02$ $p = 0.8831$) para latencia.

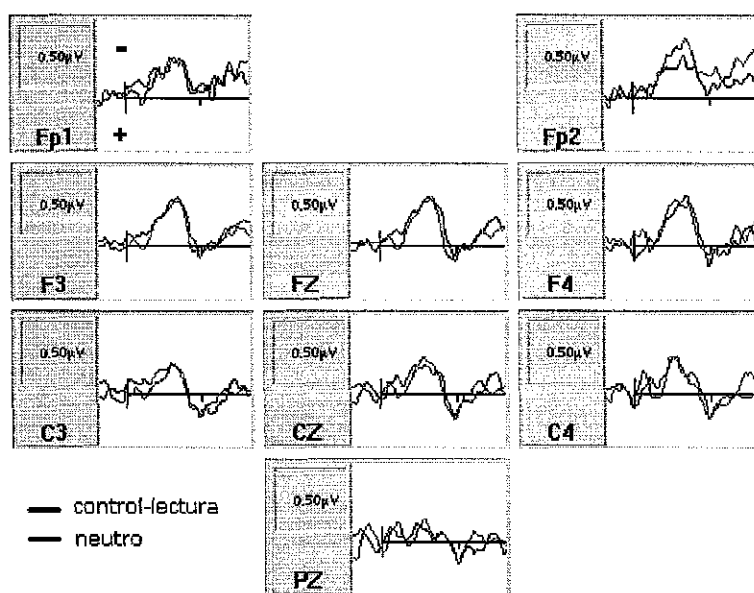


Figura 7: Ondas de diferencia en la condición control y la condición de contexto neutro.

Posteriormente se compararon los PREs generados en los diferentes contextos. La inspección visual de la derivación Fz mostró una secuencia de componentes que podría describirse como P-N-P, cuya primera onda alcanza su niveles máximo alrededor de los 50 milisegundos, mientras que la segunda lo hace entre los 150 y los 180 milisegundos, siendo esta negatividad el objetivo central de nuestra investigación. La última positividad representa un componente lento tardío con pico máximo sobre los 230-270 ms. (Figura 8). A estos componentes nos referiremos en lo adelante como P50, MMN y P250 en ese orden.

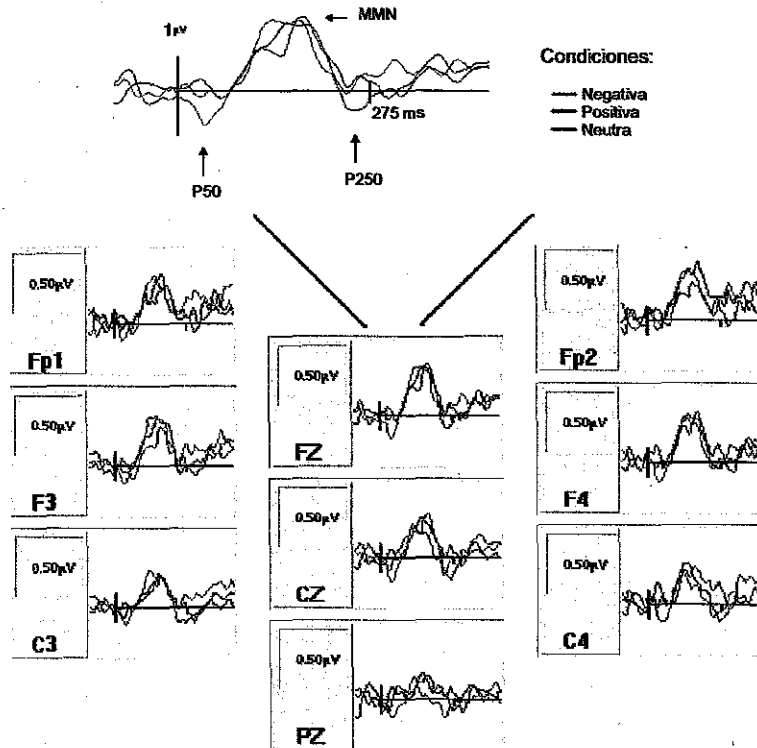


Figura 8: Ondas de diferencia en todas las derivaciones registradas. En la figura se resalta la derivación Fz donde el componente resulta más definido. Pueden observarse las diferencias aparentes en la condición negativa en el sitio alrededor de la P50 y el segmento inicial de la onda negatividad.

Los resultados de este análisis (el principal de nuestro estudio) muestran que en el contexto negativo la latencia de la MMN exhibió una tendencia a ser más reducida (158.75 milisegundos en promedio) con respecto al control (162.1 ms), al contexto neutro (162.5 ms en promedio) y al contexto positivo (168.3 ms promedio) aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística una vez comparados las latencias individuales en cada condición experimental con un análisis de varianza ($F(2,22) = 1.78$ $p < 0.1922$).

		Latencia MMN		Latencia N100 frecuente		Latencia N100 infrecuente	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Contexto	Negativo	158.75	20.24	104.58	6.56	112.50	7.23
	Neutro	163.33	21.78	110.83	12.58	116.67	12.31
	Positivo	169.17	22.65	107.50	14.85	114.17	15.64

Tabla 3: Latencias del pico máximo de los componentes MMN y N1 obtenidas en los diferentes contextos experimentales.

Las latencias del pico máximo sirvieron en los promedios individuales para definir el voltaje de la MMN en una ventana de integración de 30 ms. Posteriormente se sometieron los valores promediados en estas ventanas a un análisis de varianza. En este aspecto tampoco se obtuvieron diferencias significativas, sino que por el contrario, quedó muy clara la poca variabilidad de los voltajes entre las distintas condiciones ($F(2,22) = 0.01$ $p = 0.9943$).

		Voltaje Fz		Voltaje Cz		Voltaje Pz	
		Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
Contexto	negativo	-1.77	.38	-1.05	.35	-.23	1.08
	neutro	-1.80	.34	-1.31	.50	-.61	1.94
	positivo	-1.78	.33	-1.48	.35	-.67	1.51

Tabla 4: Amplitud promedio de los voltajes del componente MMN en los PREs de diferencia a partir de una ventana de integración de 30 ms alrededor del pico máximo de cada sujeto.

Finalmente, tomando como referencia los valores de Fz, un segundo análisis se llevó a cabo para evaluar si existían efectos hemisféricos asociados a la condición experimental con una ANDEVA de tres niveles (condición x derivación x hemisferio). En este caso sólo se encontraron efectos principales por derivación, siendo los valores registrados en las derivaciones C3 y C4 menores para los sitios frontales Fp1, Fp2, F3 y F4, los cuales no difieren significativamente entre sí (Tabla 5).

		Fp1		Fp2		F3		F4		C3		C4	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Con texto	Negativo	-1.66	1.25	-1.68	1.35	-1.68	1.58	-1.49	1.27	-1.18	1.44	-.78	1.02
	Neutro	-1.52	1.01	-1.96	.96	-1.69	.89	-1.90	.96	-.97	1.13	-1.27	1.52
	Positivo	-1.20	.77	-1.26	.79	-1.37	.95	-1.62	.68	-1.04	.78	-1.28	1.28

Tabla 5: Voltajes del componente MMN en derivaciones homólogas (Media "M" y Desviación estándar "DS") tomando una ventana de integración de 30 ms alrededor del pico máximo observado en Fz.

Comparación de las diferencias observadas en los grandes promedios.

El segundo tipo de análisis se llevó a cabo tomando como referencia los segmentos de interés localizadas por inspección visual en los grandes promedios. En estas comparaciones la cuantificación del voltaje en las diferentes condiciones

experimentales se llevó a cabo fijando una ventana de integración de 30 ms en los sitios en los cuales observamos la aparición de los componentes referidos. La figura 9, presentada a continuación sintetiza y aclara la secuencia de análisis realizados.

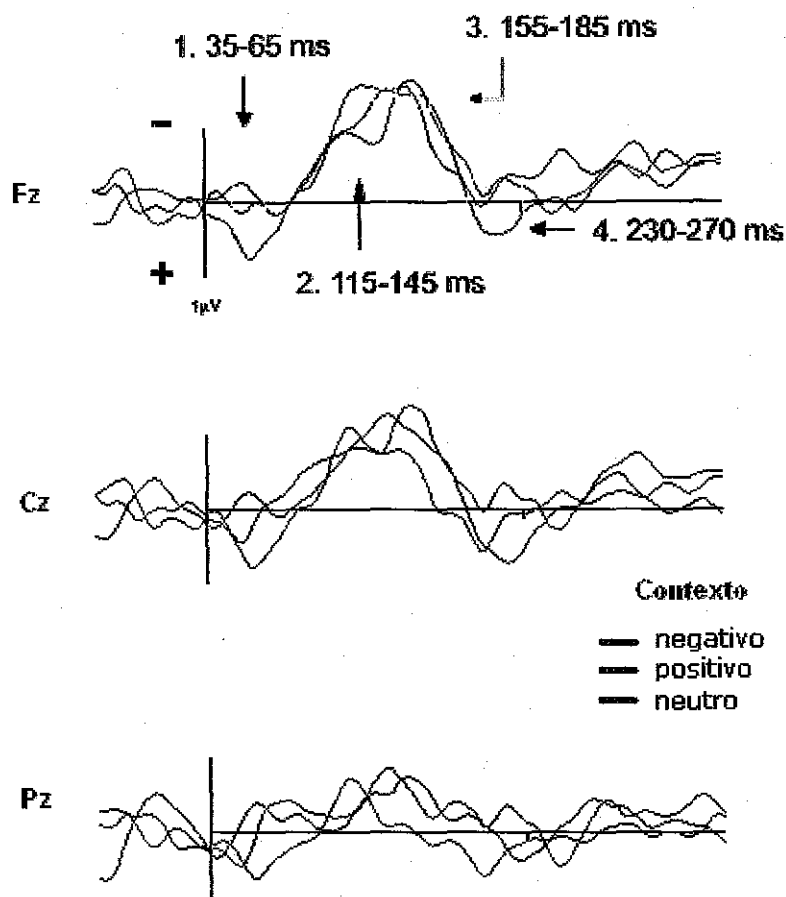


Figura 9: Ventanas temporales de análisis de los PREs de diferencia

1. El análisis en las derivaciones de la línea media (Fz, Cz, Pz) en la ventana de integración de 30 ms alrededor del pico P50 reveló una amplitud significativamente mayor ($F(2,88) = 5.92$ $p < 0.0039$) para la condición negativa respecto a las condiciones restantes. Post-hoc: ($q = 4.378$ $p < 0.01$) negativa vs. neutra, y ($q = 4.023$, $p < 0.05$) negativa vs. positiva. Como se muestra más adelante, estas diferencias se explican a partir de los valores registrados en los PREs infrecuentes (Tabla 8).

2. A pesar de que la gráfica muestra una tendencia clara a una mayor amplitud de

voltaje en la condición negativa, la comparación del segmento de 115-145 no reveló diferencias significativas ni en la comparación de la línea media ni en la derivación Fz tomada por separado, por lo cual asumimos que los efectos aparentes pueden deberse a algunos sujetos con valores alejados del promedio.

3. La comparación de la ventana de tiempo en donde se encuentra la MMN (155-185 ms) tampoco arrojó diferencias significativas entre las condiciones experimentales y sólo se encontraron nuevamente diferencias significativas entre las amplitudes de Fz (una mayor amplitud) con respecto a Cz y Pz.

4. En cuanto a la positividad tardía posterior también mostró una menor amplitud en los contextos negativo y positivo sin alcanzar tampoco relevancia estadística.

PREs ante los estímulos frecuentes e infrecuentes

La figura 10 muestra los potenciales ante los estímulos frecuentes e infrecuentes. Como puede observarse, estos presentaron características muy semejantes, distinguiéndose el PRE infrecuente del frecuente por el aumento esperado del voltaje del componente N1, así como por un ligero aumento de la latencia del pico máximo asociada a dicho incremento.

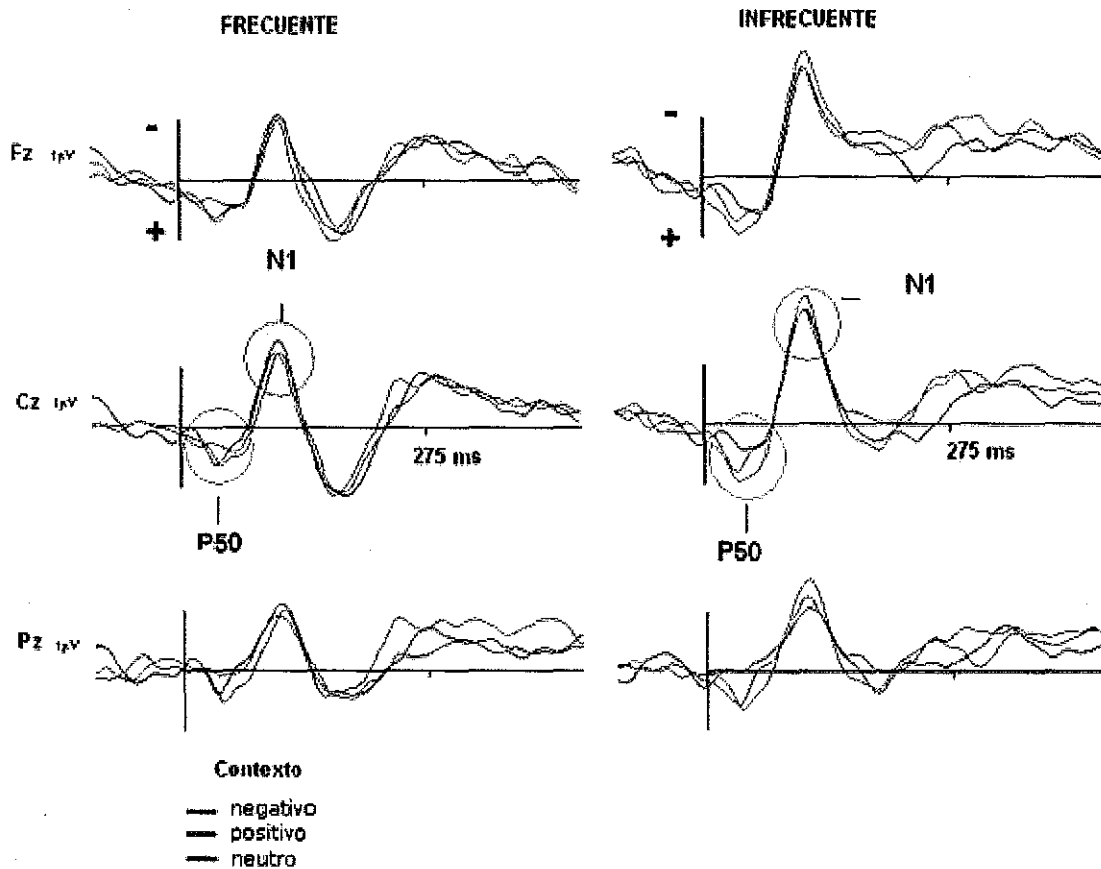


Figura 10: PREs ante estímulos frecuentes e infrecuentes en las derivaciones centrales. Los círculos indican las ventanas temporales en las que se obtuvieron: 1) voltaje promedio del componente P50 (tablas 7 y 8) y 2) voltaje promedio de N1, resultante de los picos máximos individuales (tabla 6) para compararse en las tres condiciones experimentales.

Como se mencionó anteriormente, las latencias y los voltajes de la N1 en los PREs ante estímulos frecuentes e infrecuentes se definieron de manera similar a las de la MMN, pero tomando como referencia la derivación Cz en lugar de Fz. Con este análisis se encontró una tendencia del componente a presentar latencias más cortas en la condición negativa, pero este efecto no alcanzó significación estadísticamente demostrable en ambos de los casos (los valores se encuentran en la Tabla 3). De igual manera, los voltajes de la onda N1 en la derivación Cz se compararon en ambos casos sin encontrar diferencias significativas, a pesar de que en la inspección visual se observó una amplitud ligeramente mayor en el contexto neutro en el caso del PRE frecuente y una mayor amplitud del negativo en el caso del PRE infrecuente. De hecho el segundo efecto, la mayor amplitud aparente de la N1 en el contexto negativo, se

diluye cuando se estiman los valores de N1 con una ventana de integración de 30 ms (Tabla 6).

PRE frecuente		Fz		Cz		Pz	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Contexto	Negativo	-.87	.92	-1.16	1.06	-.96	1.04
	Neutro	-.91	1.21	-1.28	1.24	-.96	.76
	Positivo	-.90	1.18	-1.13	1.40	-.99	1.16
PRE infrecuente		Fz		Cz		Pz	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Contexto	Negativo	-1.76	1.51	-1.84	1.58	-1.37	1.17
	Neutro	-1.77	1.19	-1.79	1.46	-1.05	1.04
	Positivo	-1.64	1.47	-1.91	1.32	-1.29	.91

Tabla 6: Amplitud de voltaje del componente N1 en los PREs frecuente e infrecuente. Se reporta el valor promedio alrededor del pico máximo por sujeto en una ventana de integración de 30 ms.

Posteriormente, a partir de la inspección visual de los PREs y tomando en cuenta los resultados estadísticamente significativos obtenidos en la comparación de las ondas de diferencia, localizamos otra región de interés para un siguiente análisis comparando los valores de las derivaciones de la línea media en la misma ventana temporal de 30 ms alrededor del pico P50 (35-65 ms).

En el caso del PRE ante el estímulo frecuente, se encontró que la P50 mostró una tendencia una amplitud ligeramente menor en la condición negativa, lo cual no alcanza relevancia estadística (Tabla 7) y estadísticamente sólo alcanza a ser significativa la mayor amplitud de Fz con respecto a Pz.

		Voltaje en Fz		Voltaje en Cz		Voltaje en Pz	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Contexto	negativo	.40	.49	.36	.46	.04	.44
	neutro	.60	.55	.50	.53	.17	.39
	positivo	.62	.60	.58	.73	.42	.40

Tabla 7: Valores de los voltajes obtenidos en una ventana temporal (P50: 35-65ms) en los PRE ante estímulos frecuentes en la línea media.

Sin embargo, en el potencial ante el tono infrecuente la diferencia observada para la condición negativa mostró la tendencia opuesta, es decir, exhibió un valor significativamente más alto en comparación a las otras dos condiciones ($F_{(2,88)} = 3.81$ $p < 0.05$). Las comparaciones a posteriori revelaron una diferencia de la condición negativa respecto de la neutra ($q = 3.850$, $p < 0.05$), aunque en este caso la diferencia con la condición positiva no alcanzó un valor significativo. Este análisis también arrojó diferencias entre las derivaciones ($F_{(2,88)} = 6.37$, $p < 0.01$), siendo en este caso también los valores de Fz y Cz significativamente mayores a los de Pz [$q = 4.72$, $p < 0.01$] y [$q = 3.917$, $p < 0.05$] respectivamente], lo cual sugiere para este componente una distribución más prominente en zonas centrales y frontales (Tabla 8 y figura 10).

	Voltaje en Fz		Voltaje en Cz		Voltaje en Pz	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Contexto negativo	.95	1.00	.95	.83	.49	.63
neutro	.62	.69	.47	.75	-.08	.99
positivo	.73	.66	.60	.64	.19	.99

Tabla 8: Valores de los voltajes obtenidos en la ventana temporal 1 (35-65ms) en los PRE ante estímulos infrecuentes.

4. Relación de las variables autonómicas con los voltajes y las latencias de los componentes.

Para cumplir con el tercer objetivo específico de este estudio y evaluar la relación de los parámetros autonómicos con las variables dependientes voltaje y latencia, se llevaron a cabo correlaciones bivariadas de las latencias de la MMN, de la N100 generada por el estímulo frecuente y de la N100 ante el infrecuente, así como de los voltajes promedio de los componentes observados (P50, N1 y MMN en el caso de la onda de diferencia) en las derivaciones en los que el componente acusó más prominencia, con las variables autonómicas FCprom, SCRprom y TCprom. Todos estos análisis se hicieron con una prueba de Pearson de dos colas (Anexo 3).

De este análisis se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas en la condición negativa: FCprom se correlacionó positivamente con la amplitud de la MMN en Fz ($r=.649$, $p < 0.05$) y la de N1 en los PREs ante estímulos infrecuentes ($r=.583$, $p < 0.05$). En la condición neutra FCprom mostró también una correlación positiva con la amplitud de P50 ante los estímulos infrecuentes ($r=.601$, $p < 0.05$) y SCRprom una correlación negativa con la latencia de la MMN ($r= .652$, $p < 0.05$). No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas en la condición positiva.

7. DISCUSIÓN.

El objetivo principal del presente estudio consistió en establecer el efecto de diferentes contextos de tipo afectivo sobre el procesamiento automático de estímulos auditivos simples en un paradigma tipo *odd-ball*. Registramos los PREs generados ante tonos frecuentes e infrecuentes en una condición de control y tres condiciones experimentales con supuestas propiedades afectivas: un contexto "negativo", un contexto "neutro" y un contexto "positivo" con el fin de determinar si el estado emocional puede afectar el procesamiento pre-atentivo de sonidos simples reflejado por la MMN y si estos cambios siguen un patrón semejante al que se ha reportado para otros potenciales tardíos como los componentes P200, P300 y las ondas lentas positivas (Carretié y cols., 2001,2004; Smith y cols. 2003, Delplanque y cols. 2004, Armhein y cols., 2004, Schupp y cols., 1997, Cuthberth y cols., 2000).

De este modo, el primer paso consistió en demostrar que los ambientes o contextos empleados generaron el estado afectivo previsto en cada caso. Esto parece ser el caso atendiendo a la evidencia resultante de las escalas de auto-reporte de los participantes, en los cuales se demuestra una diferencia consistente entre cada una de las condiciones. Para el caso de la condición negativa la diferencia se refuerza por los valores registrados de las diferentes mediciones autonómicas utilizadas: una mayor frecuencia cardíaca, valores más elevados de la conductancia eléctrica de la piel y valores más bajos de temperatura, lo cual habla de que al menos para la condición negativa la inducción del estado previsto se logró satisfactoriamente afectando el nivel de activación del organismo. Claramente esta condición mostró una separación significativa en casi todas las variables analizadas respecto a la condición neutral (en algunos casos también respecto a la positiva). En este sentido, este resultado es congruente con la calidad ecológica del sesgo negativo (Cacciopo y Gardner, 1999; Carretié y cols. 2001) es decir, los contenidos emocionalmente displacenteros provocan una mayor activación emocional que los positivos, dada la mayor relevancia de este tipo de estímulos en términos adaptativos y de supervivencia. Los resultados también van de acuerdo con la noción de que los estados afectivos positivos conllevan a una relajación muscular, relativo nivel de disminución en el alertamiento del individuo y

otros cambios fisiológicos (Fredrickson y Branigan, 2001), guardando cierta semejanza con la relajación reportada por algunos sujetos para el estado afectivo de la condición neutral. De ahí que en el presente estudio la distinción entre las condiciones positiva y neutra se apoye más en las escalas de auto-reporte que con los cambios a nivel autonómico.

Aunque la condición positiva no alcanza a distinguirse de la neutral en términos de las variables autonómicas, los valores de los promedios muestran una mayor activación emocional para la condición positiva en todos los indicadores respecto de la neutral. De manera que puede considerarse que en cuanto al nivel de alertamiento inducido por el contexto positivo se encuentra ubicado entre el neutro y el negativo. Como se comenta más adelante, este es uno de los factores que podría explicar algunas de las divergencias con respecto al trabajo de Surakka y colaboradores (1998) que hemos tomado como referencia, ya que en este caso se determinó que las imágenes utilizadas en la condición positiva eran bajas en la dimensión de alertamiento.

El hecho de no haber encontrado cambios significativos en la frecuencia cardiaca entre la condición negativa y la neutral podría deberse a la actividad bifásica del corazón ante estímulos aversivos (Hamm y cols., 2003; Carretié e Iglesias, 1999) presentándose taquicardia ante la presentación de un estímulo emocionalmente impresionante pero en algunos sujetos tiende a la deceleración ante estímulos medianamente aversivos (Hamm y cols., 2003; Bradley y Lang, 2000b). Esto, aunado al hecho de que la frecuencia promedio es un indicador bastante general que no permite una distinción puntual del patrón de cambios observados explicaría parcialmente la razón por la cual los cambios en este parámetro sólo alcanzan a distinguir la condición negativa de la positiva pero no de la neutral. En lugar de la deceleración esperada ante los estímulos negativos, encontramos un aumento de la frecuencia cardiaca asociada al "rechazo del ambiente" descrita por Lacey (Lacey, 1967 y Lacey y Lacey, 1974 citados por Sandman, 1984). En todo caso, las diferencias estadísticamente significativas observadas entre las condiciones positiva y negativa proveen una imagen clara del efecto de "distancia" entre estas condiciones.

Finalmente, la disminución de la temperatura es otro índice que se relaciona con el procesamiento de estímulos aversivos y con estados de miedo o de tensión elevada (Carretié e Iglesias, 1997; Levenson, 2003b), lo cual apoya la hipótesis de que el contexto negativo tuvo la intensidad necesaria para constituir un buen inductor de un estado de tensión o bien, de un estado emocional displacentero.

Efecto del contexto emocional en la amplitud y la latencia de los PREs

A grandes rasgos, los resultados electrofisiológicos más relevantes son la aparición de un pico positivo temprano definido como P50 significativo en la onda de diferencia y en el PRE ante el estímulo infrecuente y la relativa estabilidad de la N100 y la MMN a lo largo de las condiciones experimentales a pesar de exhibir ciertas tendencias de interés. A continuación comentamos los hallazgos realizados para cada uno de estos componentes:

P50

Nuestro estudio evidenció la presencia de un componente temprano con máximo voltaje sobre los 50 ms y amplitud significativamente mayor en el contexto negativo en la onda de diferencia, atribuible al cambio aparecido durante la condición de estímulos infrecuentes. Dada la precocidad temporal del componente y sus características de aparición procederemos a contextualizarlo en el marco teórico actual:

Se ha descrito un componente (P50) que parece formar parte de la expresión electrofisiológica del proceso de filtraje atencional, ampliamente reconocido en la literatura como de carácter pre-atentivo (Braff y Light, 2004; Freedman y cols., 1987). La P50 se obtiene clásicamente ante la imposición de estímulos pareados, asumiendo que el estímulo inicial podría iniciar un proceso inhibitorio que inhibiría la respuesta ante el estímulo subsiguiente. El filtraje habitual de la información implica la reducción de la respuesta ante cierto estímulo. Esto permite regular la atención a través de ignorar o

inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes para poder enfocar la misma ante los estímulos pertinentes. En este sentido, se ha planteado que la atención desempeña un importante papel en el incremento de la selectividad perceptual (Hopfinger y Mangun, 1998).

Por otra parte se ha planteado una relación funcional de este componente con la atención. A través de la manipulación experimental de la atención se han logrado obtener efectos tempranos sobre los componentes electrofisiológicos (positividades entre los 20 y los 50 ms) usando audición dicótica (Woldorff y Hillyard, 1991). Sin embargo, hay una gran variabilidad en la literatura con respecto a las características de los estímulos empleados para obtener la P50, lo que dificulta su replicabilidad y la consolidación de los postulados teóricos sobre la misma (Griffith y cols., 1995; Naber, Kathmann y Engel, 1992),

Recientes evidencias experimentales sugieren que tanto el efecto de supresión de la P50 (atenuación del componente a la presentación de un segundo estímulo vinculado a la respuesta emitida ante el estímulo predecesor) como la amplitud de P50 podrían estar influenciadas por el estado psicológico del individuo (White y Yee, 2006). Estas autoras realizaron un experimento típico de obtención de P50 y observaron que tanto su amplitud como la tasa de supresión del componente disminuían a lo largo de la sesión. De esta manera confirmaron la noción previa acerca de que P50 no está influida únicamente por las características físicas de los estímulos como cabría esperar dada su latencia, sino también por el efecto de factores asociados al estado psicológico del sujeto como son la declinación de la atención, la fatiga o aparición de somnolencia y los altos niveles de estrés (White y Yee, 2001).

En nuestro caso, la positividad temprana obtenida en los PREs podría interpretarse como un análogo del componente P50, cuya amplitud resulta aumentada en un estado afectivo negativo asociado muy probablemente a un incremento natural del nivel de activación emocional dada su valencia afectiva y la importancia ecológica que implica, lo que podría reflejar el efecto de filtraje activo mencionado con anterioridad. Una

alternativa no excluyente a esta explicación podría ser que en la condición neutral, dada su naturaleza poco estimulante, permitiera o facilitara la aparición de un estado de habituación más pronto (o disminución atenta) que el de las otras dos condiciones y de este modo incrementase la tasa de supresión de la P50 disminuyendo su amplitud. Por último, este componente podría formar parte de la expresión electrofisiológica de la integración multisensorial observado en otros experimentos dado que en nuestro estudio se utilizó estimulación visual y auditiva simultánea para maximizar la consecución de los estados afectivos planeados. Esta perspectiva se encuentra en consonancia con lo observado sobre la sensibilidad del componente P50 a la atención simultánea de estímulos visuales y auditivos, lo que se ha denominado como efecto "superaditivo", asociado al proceso de integración audiovisual (Talsma y cols., 2007), enfatizando en cómo la atención modula la integración multisensorial.

Otro efecto en la misma dirección de la literatura revisada anteriormente es el de una menor habituación de los componentes más tempranos como el P50 en un contexto emocionalmente negativo, como lo reportan Yamashita y colaboradores (2005), lo cual parece ser el caso para nuestra condición negativa. Sin embargo, el hecho de que este aumento es observable sólo en la condición infrecuente y no en la frecuente y el hecho de que nuestro paradigma de estimulación es bastante diferente al empleado al de los experimentos referidos puede dificultar su interpretación teórica en los términos que todos estos autores proponen, a pesar de que los resultados obtenidos siguen tendencias semejantes.

N100

El componente N100 resultó ser bastante estable a lo largo de las condiciones experimentales lo cual se encuentra en consonancia con una de las principales características de este componente: la reducción sistemática de su amplitud cuando el estímulo generador es repetido (Nätäneen, 1992; Budd y cols. 1998). Aunque en la condición negativa existe una tendencia visible en los grandes promedios a una mayor amplitud esto no alcanza relevancia estadística. Esto va de acuerdo con los resultados

de Surakka (1998) que reporta estabilidad del componente entre las distintas condiciones, mostrando la gran invariabilidad que este componente exhibe en paradigmas que emplean intervalos interestímulo cortos como el nuestro (Näätänen, 1992). Esto coincide también con la propuesta de Näätänen y otros investigadores (Näätänen y Picton 1987) que señalan que la recuperación total del generador N100 precisa de varios segundos antes de conseguir la capacidad de respuesta inicial. Según se ha comentado en estos trabajos, la N100 parece ser el resultado de la interacción de una onda negativa ante la presentación de un estímulo generada en el plano supratemporal con la aparición de un componente inespecífico, que parece ser el que induce la negatividad inicial más prominente. En nuestro caso muy probablemente este componente se mantuvo refractario a lo largo de todas las condiciones experimentales, no observándose cambios relacionados al estado emocional.

MMN

Los resultados más relevantes del análisis de la MMN en las diferentes condiciones experimentales son de tipo negativo. No se encontraron diferencias significativas en términos de latencia o de magnitud de voltaje y la distribución topográfica parece ser muy semejante en todas las condiciones. Esto ocurre a pesar de que los cambios observados en la morfología, aunque no alcanzan significación estadística, parecen ir en la tendencia esperada de acuerdo a nuestra segunda hipótesis, esto es: una reducción de la latencia en el procesamiento asociado a estímulos negativos y aumento aparente de la duración del componente en la condición negativa.

Por otra parte el comportamiento de la MMN en la condición positiva asemeja al reportado por Surakka y cols. en términos de una latencia más prolongada, pero no se encuentra la reducción de voltaje esperada. Es factible que la diferencia en los resultados tenga que ver con la diferencia entre los paradigmas utilizados. En nuestro caso existen al menos dos diferencias considerables con respecto al trabajo de Surakka. La primera es la diferencia de la condición positiva en términos de nivel de activación emocional, pues los estímulos positivos alcanzan a generar cambios

apreciables en éste, (más evidentes aún en las puntuaciones de las escalas de auto-reporte). Esto estaría de acuerdo con la interpretación que estos autores dan a sus resultados sugiriendo que se deben a una interacción entre el efecto de valencia positiva y un bajo nivel de activación.

La segunda tiene que ver con el curso temporal de la sesión de registro. En el caso de la investigación de Surakka los estímulos visuales con distintas valencias se presentaron en el mismo bloque de manera aleatorizada, mientras que en la nuestra se presentan todos los estímulos con una misma categoría dentro de un mismo bloque, por lo cual tenemos un efecto de exposición prolongada que tal vez también conlleve cierta habituación (emocional) o cambios debidos a las fluctuaciones sostenidas de la actividad cerebral que ocurren de manera natural. La distancia temporal de los registros pudiese explicar variaciones individuales naturales que irían en contra de la tendencia observada, sin mencionar que la duración total de nuestro experimento fue por lo menos de dos horas, lo cual acarrea variables extrañas como la fatiga.

Relación entre los parámetros autonómicos y las latencias y los voltajes obtenidos (correlaciones significativas).

Con relación a este punto, nuestros resultados no alcanzan a evidenciar una tendencia estable que pudiese apoyar la hipótesis de que la información emocional puede afectar la velocidad o la magnitud de las respuestas electrofisiológicas. Si bien se observa en la condición negativa una relación de la frecuencia cardíaca y el procesamiento del estímulo infrecuente, manifestada por la correlación positiva con el voltaje de las ondas MMN y N1, esta relación no sigue una tendencia clara, pues no se mantiene en las otras condiciones. Si la relación se explicara por un efecto de activación emocional, debería ser más evidente una correlación con el parámetro de conductancia eléctrica de la piel, el cual constituye un indicador más directo del nivel de alertamiento, lo cual no es el caso. Una relación que esperábamos encontrar era una correlación inversa de este parámetro con las latencias, de acuerdo con las observaciones reportadas en otros trabajos de que bajo ciertas circunstancias el nivel de alertamiento puede facilitar la

respuesta ante un estímulo. Tal correlación negativa sólo ocurre en la condición neutral, lo que dificulta su interpretación bajo esta premisa. Finalmente, la relación de la frecuencia cardíaca con el voltaje de la onda P50 en el PRE frecuente, tampoco es consistente, pues sólo se observa en la condición neutral. De tal manera, a falta de una explicación convincente, es probable que algunas de estas correlaciones se deban al azar.

Discusión de los hallazgos en el contexto de otras investigaciones

A partir de la revisión de la literatura sobre la modulación afectiva de los componentes electrofisiológicos se podrían señalar dos efectos principales de la emoción o del sistema motivacional sobre los PREs:

1. Menor latencia de los componentes asociados a la detección de un estímulo y aumento de la amplitud de los componentes en función de la carga emocional (efecto de facilitación).
2. En sentido inverso un aumento de la latencia y una reducción de otros componentes irrelevantes para la tarea (competencia por recursos atencivos).

Los resultados de nuestra investigación sugieren el primer caso por las tendencias exhibidas: una menor latencia para los componentes MMN y N1 en la condición negativa (y una mayor latencia en la positiva). En cuanto a efectos de la amplitud del voltaje estos se observan en una mayor amplitud de los componentes P50 y N1 ante el estímulo infrecuente en la condición negativa. Sin embargo, salvo en el caso de la P50, la falta de significación estadística no permite una conclusión en este sentido. En cuanto al segundo efecto, dado el carácter altamente automatizado de la MMN y la gran resistencia que manifiesta a la manipulación experimental de la atención (Woldorff, Hackley y Hillyard, 1998) muy difícilmente podría esperarse una modulación en el sentido inverso de competencia por recursos atencivos en el caso de la MMN.

La falta de las diferencias esperadas a nivel electrofisiológico en el sentido del primer

efecto podría deberse en el caso de la MMN a: 1) que la respuesta dependa de una secuencia de eventos neuronales que siguen una ruta independiente al sistema motivacional y los efectos del arousal sobre este componente son más bien reducidos; 2) la habituación; 3) que el proceso de modulación esperado en la MMN pudiese estar ocurriendo en los primeros ensayos, pero en la medida en que hay habituación el efecto se diluye, ya que a diferencia de otros potenciales tardíos, la obtención de una buena señal de MMN precisa de una cantidad mucho mayor de ensayos.

Otras causas se relacionan directamente con las características inherentes a este componente. La revisión de una amplia serie de experimentos con cambios sencillos muestra que en general con una magnitud incrementada de la desviación del estímulo, la MMN se vuelve más amplia y temprana, disminuyendo su duración. Sin embargo el crecimiento de la amplitud de la MMN, al menos ante el atributo de frecuencia de un estímulo puede alcanzar tempranamente una meseta, de manera que aunque el rango de la desviación se incremente, la magnitud del componente ya no varía más allá de cierto punto (Näätänen 1992, Sams y cols. 1985). Este parece ser también el caso en el experimento de Surakka y cols. (1998). Otro aspecto que conviene recordar ante la ausencia de diferencias significativas es que precisamente la MMN generada por cambios en la frecuencia es particularmente resistente en comparación a las generadas por cambios en la intensidad o la duración. Como ha podido concluirse de los trabajos de Woldorff y Hillyard (1993,1998), la modulación de la MMN a partir de una fuerte carga de atención requiere de condiciones muy particulares en las que el canal auditivo es saturado con una tasa de presentación de los estímulos muy rápida. A pesar de que se asume que en términos del procesamiento de información la emoción tiene un valor de señalización en el sentido de que por sí misma promueve la captura de la atención (Schupp y cols. 1997; Taylor y Fragopanagos, 2005) es difícil que los estímulos presentados en los diferentes contextos produjesen un efecto comparable en nuestro caso. A este respecto puede observarse una de las principales diferencias entre la naturaleza del componente P3a y la de la onda MMN, ya que el primero parece ser sensible a los cambios en la atención selectiva, mientras que la MMN mantiene voltajes muy similares independientemente de la dirección de la atención. En vista de lo

anterior, una cuarta posibilidad que puede resultar interesante explorar es que este tipo de modulación emocional solamente afecte (o lo haga de manera preferencial) a los procesos que subyacen a la atención selectiva, lo cual significaría que mientras los sujetos no dirijan su atención a los cambios acústicos, como es el caso en nuestra tarea experimental, estos pierdan su valor de "señal relevante" después de unas cuantas presentaciones. Esto podría ser el caso dado que se ha sugerido que la amígdala tiende a habituarse rápidamente en determinadas condiciones ambientales (Wright, Fischer, Whalen, McInerney, Shin y Rauch, 2001; Wedig, Rauch, Albert y Wright, 2005).

Respecto de otros potenciales existen algunas diferencias metodológicas que pueden tener cierto peso para dificultar la modulación de tipo afectivo de la MMN. Por ejemplo, en el caso de la P300 ante estímulos auditivos es posible obtener una señal confiable con apenas 20 a 30 ensayos, mientras que para la obtención de la MMN se recomiendan al menos 70 ensayos libres de artefactos para el estímulo frecuente y el infrecuente. En nuestro caso, las condiciones facilitadoras podrían estar disminuidas o enmascaradas por los procesos de habituación. Una alternativa para verificar esta hipótesis sería registrar los potenciales en el segmento inicial de cada bloque experimental, con la desventaja de una menor calidad de la señal al contar con menos ensayos.

Los resultados que obtuvimos sugieren que es muy probable que la MMN ocurra todavía en un nivel demasiado temprano como para integrar información de tipo emocional y que aunque una detección más rápida o una respuesta más prominente sea esperable desde el punto de vista ecológico en un contexto emocionalmente activante, dada por ejemplo la relación propuesta del proceso de MMN con las etapas iniciales del reflejo de orientación (Näätänen y Lyytinen, 1989, citados en Näätänen, 1992), o bien la relación temporal sincronizada entre la ocurrencia de la MMN y el tiempo de reacción ante la detección de un estímulo (Novak, Ritter y Vaughan, 1990), esta hipotética facilitación emocional no se observe necesariamente en el sistema neuronal participante en la generación de la MMN, si no en otros procesos que ocurren posteriormente. Estudios que emplean el reflejo de sobresalto (Schupp y cols. 1997;

Cuthbert y cols., 2000) parecen reforzar esta idea al reportar efectivamente una respuesta más pronunciada en los contextos displacenteros en latencias posteriores a los 300 ms. Es probable entonces que en el caso de la modalidad auditiva la integración de la información del contexto emocional quedaría reflejada en solamente en PREs de latencias largas y que la MMN todavía se encuentre en un rango muy temprano para ser sensible a modificaciones de tipo afectivo. En este punto conviene recordar las diferencias básicas entre los códigos empleados por el sistema nervioso en cada modalidad, en el sentido de que la representación de los estímulos auditivos depende de la definición temporal, es decir, de la sumación de todos los elementos en una ventana de integración de al menos 150 a 200 ms (Näätänen y Winkler, 1999; Levy, Granot y Bentin, 2001; Bradley y Lang, 2000a), mientras que la modalidad visual parece depender exclusivamente de la definición espacial de la visión, la cual es una dimensión que permite la evaluación instantánea de todos los elementos presentados en el ambiente. Esto podría explicar el hecho de que los cambios en los potenciales se presenten de manera más rápida al tratarse de respuestas ante estímulos visuales que auditivos.

A pesar de que se ha reportado una menor habituación de la N1 en la modalidad visual (Carretié y cols., 2003) ante estímulos emocionalmente negativos, en nuestro estudio el contexto negativo no alcanza a producir este efecto, de manera que los resultados obtenidos no permiten validar nuestra tercera hipótesis. Esto sucede también en el experimento de Surakka y cols. (1998) y puede deberse a diferencias relacionadas a la modalidad, o bien, a que en el paradigma utilizado por nosotros, los estímulos no son atendidos. Es posible que la menor habituación de la N1 inducida por efectos emocionales se relacione a la dirección de la atención selectiva.

En cuanto a los cambios tempranos observados en los potenciales ante los tonos se abren las siguientes consideraciones:

Por su naturaleza, los potenciales de corta y mediana latencia parecerían no ser capaces de generar una representación compleja del estímulo en relación al contexto

en que este se presenta. Sin embargo es posible que su comportamiento se vea afectado por la valencia emocional.

Uno de los significados funcionales propuestos para la P50 es su relación con el filtro atencional ante estímulos repetitivos. Sin embargo, el hecho de que su aumento es sólo observable en la condición infrecuente y no en la frecuente y el hecho de que nuestro paradigma de estimulación es bastante diferente al que comúnmente se utiliza en los experimentos que estudian este componente de manera específica, puede dificultar su interpretación teórica en los términos que estos autores proponen.

En el contexto de nuestro estudio es posible atribuir dos significados a estos cambios tempranos: la primera es que para la condición negativa el tratamiento del estímulo infrecuente sea diferente al que se tiene en las otras condiciones. Pudiera ser que esta positividad constituyese una especie de "marcaje" inicial de la relevancia del estímulo raro. La otra, probablemente mucho más factible, es que este aumento de la amplitud sea resultado de una mayor reactividad de las neuronas que participan en este análisis temprano en condiciones emocionalmente más estimulantes, ya que la tendencia encontrada es la de una variación del tamaño de este componente en función directa del nivel de activación reportado en cada condición, siendo mayor en la condición con niveles más elevados de activación. Lo que resulta muy interesante en este caso, es que la presencia de cambios tempranos en una de las condiciones no parece modificar sustancialmente el curso temporal habitual de la MMN, ni la magnitud de la respuesta. Esto parece confirmar que una de las interpretaciones de Surakka y cols (1998) de que el proceso de comparación de las huellas de memoria opera a un nivel automático cuya anticipación resulta altamente improbable.

8. CONCLUSIONES

Atendiendo tanto al reporte de los sujetos como a las variables autonómicas registradas, puede proponerse que la exposición a las diferentes clases de contextos experimentales (negativo, neutro y positivo) indujo cambios en la dirección deseada.

A pesar de que la inducción emocional resultó exitosa bajo estos indicadores, no pudimos encontrar evidencias que sustentaran nuestras hipótesis:

Según nuestros resultados, la latencia del componente MMN no resulta significativamente sensible al estado emocional de procesamiento, a pesar de que se observó una tendencia a disminuir en la presencia de un contexto emocionalmente negativo y a aumentar en un contexto positivo tal como habíamos supuesto.

La amplitud de voltaje de los componentes N1 y MMN mostró estabilidad en todos los contextos evaluados sugiriendo que los procesos neurales que subyacen a estos componentes parecen operar bajo un esquema bastante elemental (difícilmente afectado por influencias de otras regiones neurales; como por ejemplo la amígdala o la corteza orbitofrontal para el caso de la modulación emocional). En este mismo sentido, la ausencia de una tendencia clara en las correlaciones de la latencia y los voltajes de las ondas MMN y N1 con los parámetros autonómicos no permite suponer que un aumento en la activación del organismo afecte de manera evidente el proceso de estos componentes, aunque también es factible suponer que las medidas empleadas son bastante gruesas para establecer con propiedad como opera esta relación en el SNC.

Respecto de los cambios encontrados, el más relevante fue un aumento significativo del voltaje del componente P50 ante los estímulos infrecuentes en el contexto emocionalmente displacentero. Esto podría estar en consonancia con un aumento del umbral del filtraje atencional temprano o constituir una expresión fisiológica de la atenuación de los mecanismos de habituación temprana, relevante desde el punto de vista adaptativo en un contexto amenazante o aversivo.

Referencias

- Alcaraz Romero, V.M. (2001) Las emociones. En V. M. Alcaraz, E. Gumá-Díaz (Editores) *Texto de Neurociencias Cognitivas* (pp. 111-145). México: Editorial El Manual Moderno.
- Alvelais, M. (2006) Influencia de la estimulación visual con contenido emocional sobre la memoria de trabajo. Tesis de Maestría, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara.
- Armhein, C., Mühlberger, A., Pauli, P., & Wiedemann, G. (2004). Modulation of event-related brain potentials during affective picture processing: A complement to startle reflex and skin conductance response? *International Journal of Psychophysiology*, 54, 231-240.
- Anaya, M. G., Apiquian, R., & Fresán, A. (2006). Filtrado sensorial y p50: Implicaciones para la neurobiología de la esquizofrenia. *Salud Mental*, 29(1), 64-70.
- Armony, J. L., & Le Doux, J. (1999). How danger is encoded: Toward a systems, cellular, and computational understanding of cognitive-emotional interactions in fear. En M. Gazzaniga (Editor), *The New Cognitive Neurosciences* (segunda edición). (pp. 1067-1159). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Baene, W. D., Vandierendonck, A., Leman, M., Widmann, A., Tervaniemi, M. (2004). Roughness perception in sounds: Behavioral and ERP evidence. *Biological Psychology*, 67, 319-330.
- Berntson, G. G., Sarter, M., Cacioppo, J. T. (1998). Anxiety and cardiovascular reactivity: The basal forebrain cholinergic link. *Behavioural Brain Research*, 94, 225-248.
- Berridge, K. C. (2003) Comparing the Emotional Brains of Human and Other Animals. En Davidson, R. J., Scherer, K.R. y Hill Goldsmith, H.(Editores), *Handbook of Affective Sciences* (pp. 25-51). Nueva York: Oxford University Press.
- Berridge, K. C. (2003) Pleasures of the brain. *Brain and Cognition* 52, 106-128
- Besle, J., Fort, A., & Giard, M.-H. (2005). Is the auditory sensory memory sensitive to visual information? *Exp Brain Res*, 166, 337-344.
- Born, J., Bothor, R. Piethrowsky, G., Fehm-Wolfsdorf, G., Pauschinger, P. R., y Fehm, H. L. (1987). Influences of vasopressin and oxytocin on human event-related potentials in an attention task. *Journal of Psychophysiology*, 4, 351-360
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000a). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37, 204-215.
- Bradley, M. M., Lang, J. B. (2000b) Measuring Emotion: Behavior, feeling, and Physiology. En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 242-276). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Bradley, M., & Lang, P. (1994). Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavioral Therapy & Experimental Psychiatry*, 1, 49-59.
- Braff, D. L., & Light, G. A. (2004). Preattentional and attentional cognitive deficits as targets for treating schizophrenia. *Psychopharmacology*, 174, 75-85.
- Budd, T. W., Barry, R. J., Gordon, E., Rennie, C., & Michie, P. T. (1998). Decrement of the N1 auditory event-related potential with stimulus repetition: Habituation vs. Refractoriness. *International Journal of Psychophysiology*, 31, 51-68.
- Cacioppo, J. T., & Gardner, W. L. (1999). Emotion. *Annual Review of Psychology*, 50(191-214).
- Calvo, M., Dolores Castillo, M., Fuentes, L.J. (2006) Processing of "unattended" threat-related information: Role of emotional content and context. *Cognition & Emotion* 20 (8) 1049-1074
- Campanella, S., Gaspard, C., Debatisse, D., Bruyer, R., Crommelinck, M., & Guerit, J.-M. (2002). Discrimination of emotional facial expressions. *Biological Psychology*, 59 (3):171-86
- Campos, J. (2003). On the nature of emotion regulation". Emotions inside out: 130 years after Darwin's the expression of the emotions in man and animals. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1000:1-404
- Canli, T., Desmond, J.E., Zhao, Z., Glover, G., y Gabrieli, J.D., (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *Neuropsychology Report*. (9) 3233-3239.
- Carretié Aranguena, L, Iglesias Dorado, J. (1997) Psicofisiología. Fundamentos metodológicos. Ediciones Pirámide. Madrid. Carretié, L., Iglesias, J., & García, T. (1997). A study on the emotional processing of visual stimuli through event-related potentials. *Brain and Cognition*, 34, 207-217.
- Carretié, L. Martín-Loeches, M., Hinojosa, J. A. y Mercado, F. (2001) Emotion and Attention Interaction

- Studied through Event-Related Potentials *Journal of Cognitive Neuroscience* 13:8, pp. 1109- 1128
- Carretié, L., Mercado F., Tapia, M., Hinojosa, J. A.. (2001) Emotion, attention, and the 'negativity bias', studied through event-related potentials *International Journal of Psychophysiology* 41 75-85
- Carretié, L., Martín-Loeches, M., Hinojosa, J. A. y Tapia, M. (2004) Automatic Attention to Emotional Stimuli: Neural Correlates *Human Brain Mapping* (22) 290 -299
- Carretié, L., Mercado F., Hinojosa, J. A.. (2003) Cerebral patterns of attentional habituation to emotional visual stimuli *Psychophysiology*, 40, 381-388.
- Carretié, L., Mercado F., Hinojosa, J. A., Martín-Loeches, M., Sotillo, M. (2004) Valence-related vigilance biases in anxiety studied through event related potentials. *Journal of Affective Disorders* 78 119-130
- Chen, B. M., & Buchwald, J. S. (1986). Midlatency auditory evoked responses: Differential effects of sleep in the cat. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 65, 373-382.
- Choeur, M., Dehane-Lambertz, G. & Dehaene, S. (1997) The Mismatch Negativity to Changes in Speech Sounds at the Age of Three Months. *Developmental Neuropsychology*, 13 (2), 167-174
- Clore, G. L. Ortony, A. (2000) Cognition in Emotion: Always, Sometimes, or Never? En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 24-61). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Colin, C., Radeau, M., Soquet, A., & Deltenre, P. (2004). Generalization of the generation of an MMN by illusory McGurk percepts: Voiceless consonants. *Clinical Neurophysiology*, 115, 1989-2000.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52, 95-111.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, m., McManis, M., & Lang, p. J. (1998). Probing affective pictures: Attended startle and tone probes. *Psychophysiology*, 35, 344-347.
- Damasio, A. (1997). *El error de descartes*. Chile: Editorial Andrés Bello.
- Damasio, A. (2001). Emotion and the human brain. Unity of knowledge: The convergence of natural and human science. *The New York Accademy of Sciences*, 935, 101-106.
- Damasio, R. A. (2000) A Second Chance for Emotion. En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 12-23). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Damasio, R. A., Adolphs, R., Damasio, H. (2003) The Contributions of the Lesion Method to the Functional Neuroanatomy of Emotion. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H.(Editores), *Handbook Of Affective Sciences* (pp. 66-92). Nueva York: Oxford University Press.
- Davidson, R.J. (1984). Affect, cognition and hemispheric specialization. En C.E. Izard, J. Kagan y R. Zajonc (Eds.) *Emotion, cognition and behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Davison, R. J. (1992) Anterior Cerebral Asymmetry and the Nature of Emotion. *Brain and Cognition* 20, 125-151
- Davison, R. J., Pizzagalli, D., Nitschke, J. B. Kalin, N. D. (2003) Parsing the Subcomponents of Emotion and Disorders of Emotion: Perspectives from Affective Neuroscience. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H.(Editores), *Handbook of Affective Sciences* (pp. 8-24). Nueva York: Oxford University Press.
- Davison, R. J., Scherer, K. R., Goldsmith, H. H. (2003) Neuroscience. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H.(Editores), *Handbook of Affective Sciences* (pp. 3-7). Nueva York: Oxford University Press.
- De Baene W, V. A., Leman M, Widmann A, Tervaniemi M. (2004). Roughness perception in sounds: Behavioral and erp evidence. *Biological Psychology*, 3, 319-330.
- Delplanque, S., Lavoie, M.E., Hot, P., Silvert, L., Sequeira, H. (2004) Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans. *Neuroscience Letters*, 356, 1-4
- Delplanque, S., Silvert, L., Hot, P., Rigoulot, S., Sequeira, H. (2006). Arousal and valence effects on event-related P3a and P3b during emotional categorization. *International Journal of Psychophysiology* En prensa.
- Delplanque, S., Silvert, L., Hot, P., Sequeira, H. (2005). Event-related P3a and P3b in response to unpredictable emotional stimuli *Biological Psychology*, 68 107-120
- Doeller, C. F. et al. (2003) Prefrontal cortex involvement in preattentive auditory deviance detection: neuroimaging and electrophysiological evidence *NeuroImage* 20 1270-1282
- Dolan, R. G. (2002). Emotion, cognition and behavior. *Science*, 298 (1191-1194).
- Edgar, J. C., Huang, M. X., Weisend, M. P., Sherwood, A., Miller, G. A., Adler, L. E., et al. (2003).

- Interpreting abnormality: An EEG and MEG study of p50 and the auditory paired-stimulus paradigm. *Biological Psychology*, 65, 1-20.
- Ekman, P. (1992). Are there basic emotions? *Psychological Review*, 99(3), 550-553.
- Ekman, P., Levenson, R. W., Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, 221, 1208-1210.
- Erwin, R., & Buchwald, J. S. (1986). Midlatency auditory evoked responses: Differential effects of sleep in the human. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 65, 383-392.
- Escera, C., Alho, K., Winkler, I., & Näätänen, R. (1998). Neural mechanisms of involuntary attention to acoustic novelty and change. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(5), 590-604.
- Fredrickson, B. L. & Levenson, R. W. (1998). Positive emotions speed recovery from the cardiovascular sequelae of negative emotions. *Cognition & Emotion*, 12(2), 191-220.
- Fredrickson, B. L. & Branigan, C. (2001). Positive emotions. En T. J. Mayne y G. A. Bonano (editores), *Emotions. Current issues and future directions*. (pp. 123-147). Nueva York: The Guilford Press.
- Freedman, R., Adler, L. E., Gerhardt, G. A., Waldo, M. C., Baker, N., Rose, G. M., et al. (1987). Neurobiological studies of sensory gating in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 13, 669-678.
- Frey, S., Kostopoulos, P., & Petrides, M. (2004). Orbitofrontal contribution to auditory encoding. *Neuroimage*, 22, 1384-1389.
- Gelder, B. D., Böcker, K. B. E., Tuomainen, J., Hensen, M., & Vroomen, J. (1999). The combined perception of emotion from voice and face: Early interaction revealed by human electric brain responses. *Neuroscience Letters*, 260, 133-136.
- Gelder, B.D. (2000) Recognizing Emotions by Ear and by Eye. En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion*, (pp. 84-105). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Globisch, J., Hamm, A. O., Esteves, F., & Ohman, A. (1999). Fear appears fast: Temporal course of startle reflex potentiation in animal fearful subjects. *Psychophysiology*, 36, 66-75.
- Goydke K. N, A., E, Moller, J, Munte T.F. (2004). Changes in emotional tone and instrumental timbre are reflected by the mismatch negativity. *Cognitive Brain Research*, 3(351-9).
- Griffith, J., Hoffer, L. D., Adler, L. E., Zerbe, G. O., & Freedman, R. (1995). Effects of sound intensity on a midlatency evoked response to repeated auditory stimuli in schizophrenic and normal subjects. *Psychophysiology*, 32, 460-466.
- Grillon, C., & Baas, J. (2003). A review of the modulation of the startle reflex by affective states and its application in psychiatry. *Clinical Neurophysiology*, 114, 1557-1579.
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1995). Emotions elicitation using films. *Cognition & Emotion*, 9(1), 87-108.
- Hadjikhani N., de Gekder (2003). Seeing Fearful Body Expressions Activates the Fusiform Cortex and Amygdala. *Current Biology* (13) 2201-2205
- Hamm, A. O., Schupp, H. T., Weike, A. I. (2003) Motivational Organization of Emotions: Autonomic Changes, Cortical Responses, and Reflex Modulation. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H. (Editores), *Handbook of Affective Sciences*. (pp. 187-211) Nueva York: Oxford University Press.
- Han, J., McMahan, R.W., Holland, P. y Gallagher, M. (1997). The role of the amygdalo-nigrostriatal pathway in associative learning. *Journal of Neuroscience*, 17, 3913-3919.
- Heller, W. (1993). Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality, and arousal. *Neuropsychology*. (7) 476-489.
- Hernández González, M (2002) Neurofisiología de los procesos motivacionales. En M. Hernández González (Editor) *Motivación animal y humana* (p.21-37). México: Editorial El Manual Moderno.
- Herreño, S. (2005). *Efecto de la ejecución de tareas de procesamiento controlado sobre la detección automática de estímulos auditivos*. Tesis de Maestría, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara.
- Hermans, D., De Houwer, J., & Eelen, P. (2001). A time course analysis of the affective priming effect. *Cognition and Emotion*, 15, 143-165.
- Hopfinger, J. B., & Mangun, G. R. (1998). Reflexive attention modulates processing of visual stimuli in human extrastriate cortex. *Psychological Science*, 9, 441-447.
- Hugdhal, K. & Stormark, M. (2003) Motional Modulation of Selective Attention: Behavioral and Psychophysiological Measures. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H. (editores), *Handbook of Affective Sciences*. (pp. 276-294) Nueva York: Oxford University Press.
- Izard, C. (1992) Basic emotions, relations among emotions, and emotions-cognition relations. *Psychological Review*, 99, 561-565.

- James, W. (1894) The physical bases of emotion. *Psychological Review*; 101(2), 205-10.
- Jänig, W. (2003) The Autonomic Nervous System and its coordination by the brain. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H. (Editores), *Handbook of Affective Sciences* (pp. 135-186) Nueva York: Oxford University Press.
- Judd, L. L., McAdams, L. A., Budnick, B., & Braff, D. L. (1992). Sensory gating deficits in schizophrenia: New results. *American Journal of Psychiatry*, 149, 488-493.
- Kähkönen S, Makinen. V., Jääskeläinen, I.P., Pennanen, S., Liesivuori, J, Ahveninen J. (2005). Serotonergic modulation of mismatch negativity. *Psychiatry Research*, 138(1), 61-74.
- Kähkönen S, Ahveninen J. Jääskeläinen, I. P., Kaakkola, S., Näätänen, R., Huttunen, J. & Pekkonen, E. (2001) Effects of Haloperidol on Selective Attention: A Combined Whole-Head MEG and High-Resolution EEG Study. *Neuropsychopharmacology* 25, 4, 498-504
- Kozou H, K. T., Shtyrov, Y. Toppila E, Starck J, Aiku P, Naatanen R. (2005). The effect of different noise types on the speech and non-speech elicited mismatch negativity. *Hear Research*, 1(2), 31-39.
- Kujala, T., Tervaniemi, M., & Schröger, E. (2007). The mismatch negativity in cognitive and clinical neuroscience: Theoretical and methodological considerations. *Biological Psychology*, 74, 1-19.
- La Bar, K. S., LeDoux, J. E. (2003) Emotional Learning Circuits in Animals and Humans. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H. (Editores), *Handbook of Affective Sciences* (pp. 52-65). Nueva York: Oxford University Press.
- Lane, D. Richard, Nadel L., Allen B. J. J., Kaszniak, W. A. (2000) The Study of Emotion from the Perspective of Cognitive Neuroscience. En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 3-11). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Lane, R. D. (2000) Neural Correlates of Conscious Emotional Experience. En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 345-370). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Lane, R. D., Reiman, E. M., Bradley, M. M., Lang, P. J. Ahem, G. L. Davidson, R. J. y Schartz, G. E. (1997) Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*, 35 1437-1444
- Lang P.J., Bradley M.M., & Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychology Review*, 97(3), 377-395.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., Fitzsimmons, R. J., Cuthbert, B. N., Scott, J. D., Moulder, B., et al. (1998). Emotional arousal and activation of the visual cortex: An fMRI analysis. *Psychophysiology*, 35, 199-210.
- Lang, P.J. , Ohman, A., Vail, D. The International Affective Picture System (Photographic Slides), Center for Research in Psychophysiology, University of Florida, Gainesville, FL, 1988.
- Lautin, Andrew (2001) The limbic brain. Nueva York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Le Doux, J. (2000) Cognitive-Emotional Interactions: Listen to the Brain. En R. D. Lane, y L. Nadel (Editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 129-155). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Le Doux, J. E. (1993). Emotional memory systems in the brain. *Behavioural Brain Research*, 58, 69-79.
- Le Doux, J. E. (1995). Emotion: Clues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.
- Levenson, R. W. (1992). Symposium on emotion: Autonomic nervous system differences among emotions. *Psychological Science*, 3 (1), 23-27.
- Levenson, R. W. (2003a). Blood, sweat, and fears the autonomic architecture of emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1000 (348-366).
- Levenson, R. W. (2003b) Autonomic Specificity and Emotion. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H. (Editores), *Handbook of Affective Sciences*. (pp. 212-224) Nueva York: Oxford University Press.
- Levy, D.A., Granot, R, Bentin, S. (2003) Neural sensitivity to human voices: ERP evidence of task and attentional influences. *Psychophysiology* 40 (2):291-305
- Liebenthal, E. et al. (2003) Simultaneous ERP and fMRI of the auditory cortex in a passive oddball paradigm *NeuroImage* 19 1395-1404
- Lindsay D.S., & col. (2004). Adult's memories of childhood: Affect, knowing and remembering. *Memory*, 12(1), 27-43.
- Makeig, S. (1990). A dramatic increase in the auditory middle latency response at very slow rates. In C. H. M. Brunia, A.W. K. Gaillard & A. Kok (Editores), *Psychological Brain Research* (Vol II, pp. 60-65) Tilburg: Tilburg University Press.
- Mäntysalo, S., & Näätänen, R. (1987). The duration of a neuronal trace of an auditory stimulus as

- indicated by event-related potentials. *Biological Psychology*, 24, 183-195.
- Martin B. A., S. D. R. (2005). Effects of low-pass noise masking on auditory event-related potentials to speech. *Ear and Hearing*, 2, 195-213.
- McGaugh, J. L., Cahill, L. (2003) Emotion and Memory: Central and Peripheral Contributions. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H.(editores), *Handbook of Affective Sciences* (pp.93-116) Nueva York: Oxford University Press.
- Mogg, K., Bradley, B.P., De Bono, J., y Painter, M. (1997). Time course of attentional bias for threat information in non-clinical anxiety. *Behaviour Research and Therapy*. 35(4): 297-303.
- Morris, J.S., Öhman, A., y Dolan, R.J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdale. *Nature*. 393: 467-470.
- Muller D, W. A., Schroger E. (2005). Deviance-repetition effects as a function of stimulus feature, feature value variation, and timing: A mismatch negativity study. *Biological Psychology*, 68 (1), 1-14.
- Muller-Gass, A., Stelmack, R. M., & Campbell, K. B. (2006). The effect of visual task difficulty and attentional direction on the detection of acoustic change as indexed by the mismatch negativity. *Brain Research Report*, 1078, 112-130.
- Näätänen & Alho, K. d. (1995). Mismatch negativity -a unique measure of sensory processing in audition. *International Journal of Neuroscience*, 80, 317-337.
- Näätänen, R. (1979). Early selective-attention effects on the evoked potential: A critical review and reinterpretation. *Biological psychology*, 8, 81-136.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and brain function*. Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Näätänen, R. (2000). Mismatch negativity (MMN): Perspectives for application. *International Journal of Psychophysiology*, 37, 3-10.
- Näätänen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, 38, 1-21.
- Näätänen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (mmn) and its magnetic equivalent (mmnm). *Psychophysiology*, 38, 1-21.
- Näätänen, R. y Lyytinen, H. (1989). Event related potentials and the orienting response to nonsignal stimuli at fast stimulus rates. En N.W. Bond y D.A.T. Siddle (Editores), *Psychobiology: Issues and Applications* (pp. 185-197). Amsterdam: Elsevier.
- Näätänen, R. y Picton, T. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, (4), 375-425
- Näätänen, R., & Winkler, I. (1999). The concept of auditory stimulus representation in cognitive neuroscience. *Psychological Bulletin*, 125(6), 826-859.
- Näätänen, R., Braticco, E., y Tervaniemi M. (2002). *The cognitive electrophysiology of mind and brain. Capítulo 14. Mismatch negativity: A probe to auditory perception and cognition in basic and clinical research*. USA.
- Naber, G., Kathmann, N., & Engel, R. R. (1992). P50 suppression in normal subjects: Influence of stimulus intensity, test repetition and presentation mode. *Journal of Psychophysiology*, 6, 47-53.
- Naber, G., Kathmann, N., & Engel, R. R. (1992). P50 suppression in normal subjects: Influence of stimulus intensity, test repetition and presentation mode. *Journal of Psychophysiology*, 6, 47-53.
- Ninomiya, H., Chen, C.-H., Onitsuka, T., & Ichimiya, A. (1996). Negative correlation of p50 peak latencies and reaction times in a simple reaction task. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 100, 74-77.
- Ninomiya, H., Onitsuka, T., Chen, C.-H., & Kinukawa, N. (1997). Possible overlapping potentials of the auditory p50 in humans: Factor analysis of middle latency auditory evoked potentials. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 104, 23-30.
- Novak, G., Ritter W., Vaughan, H. G., The chronometry of attention modulated processing and automatic mismatch detection. *Psychophysiology*
- Ochsner, K. N. y Feldman Barrett, L. (2001). A multiprocess perspective on the neuroscience of emotion. En T. J. Mayne y G. A. Bonano (editores), *Emotions. Current issues and future directions*. (pp. 38-81). Nueva York: The Guilford Press.
- Öhman, A., Flykt, A., Lundqvist, D. (2000) Unconscious Emotions: Evolutionary Perspectives, Psychophysiological Data and Neuropsychological Mechanisms. En R. D. Lane, y L. Nadel (editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 296-345). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Öhman, A., Wiens, S. (2003) On the Automaticity of Autonomic Responses in Emotion: An Evolutionary

- Perspective. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H. (editores), *Handbook of Affective Sciences*. (pp. 256-275) Nueva York: Oxford University Press.
- Öhman, A. y Soares, J.J.F. (1993). On the automaticity of phobic fear: Conditioned skin conductance responses to masked phobic stimuli. *Journal of Abnormal Psychology*, 102: 121-132.
- Öhman, A. y Soares, J.J.F. (1998). Emotional conditioning to masked stimuli: Expectancies for aversive outcomes following non-recognized fear relevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127(1) 69-82
- Öhman, A., Flykt, A., y Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: Detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130:466-478.
- Olofsson, J. K., & Polich, J. (2006). Affective visual event-related potentials: Arousal, repetition, and time-on-task. *Biological Psychology*.
- Onoda, K., Okamoto, Y., Shishida, K., Hashizume, A., Ueda, K., Kinoshita, A., et al. (2006). Anticipation of aversive image modulates visual evoked magnetic fields (VEF). *Exp Brain Res*, 175, 536-543.
- Opitz, B., Mecklinger, B., Von Cramon, D. Y., Y Kruggel, F. (1999) Combining electrophysiological and hemodynamic measures of the auditory oddball change detection *Psychophysiology*, (36) 142-147.
- Ortigue, S., Michel, C. M., Murray, M. M., Mohr, C., Carbonnel, S., & Landis, T. (2004). Electrical neuroimaging reveals early generator modulation to emotional words. *Neuroimage*, 21, 1242-1251.
- Palmero, F. (1996) Aproximación biológica al estudio de la emoción. *Anales de psicología Vol. 12*, número 1. Universidad de Murcia (pp. 61-86). Murcia, España.
- Palomba, D., Angrilli, A., Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 27, 55-67.
- Panksepp. (1998). *Affective neuroscience*. Nueva York: Oxford University Press.
- Papez, J. W. (1937) A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 725-743.
- Pauli, P., Amrhein, C., Mühlberger, A., Dengler, W., & Wiedemann, G. (2005). Electrocutaneous evidence for an early abnormal processing of panic-related words in panic disorder patients. *International Journal of Psychophysiology*, 57(33-41).
- Pauli, P., Dengler, W., G. Wiedemann, Montoya, E., Flor, H., Birbaumer, N., et al. (1997a). Behavioral and neurophysiological evidence for altered processing of anxiety-related words in panic disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, 106(2), 213-220.
- Pazo-Alvarez, P., Cadaveira, F., & Amenedo, E. (2003). MMN in the visual modality: A review. *Biological Psychology*, 63, 199-236.
- Perlstein W., M., Elbert, T y Stenger, V.A. (2002). Dissociation in human prefrontal cortex of affective influences on working memory related activity. *Proceedures of National Academy of Science*, 1736-1741.
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2002). Functional Neuroanatomy of emotion: A meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, (16), 331-348.
- Pizzagalli, D., Koenig, T., Regard, M. y Lehmann, D. (1998) Faces and emotions: brain electric field sources during covert emotional processing. *Neuropsychologia*, 36, 323-332.
- Quirarte, G. L., Roozendaal, B., & McGaugh, J. L. (1997). Glucocorticoid enhancement of memory storage involves noradrenergic activation in the basolateral amygdala. *Proceedures of the National Academy of Science*, 94, 14048-14053.
- Ramos Loyo, J. (2001) Diferencias sexuales en el cerebro: Relación entre conducta , anatomía y función. En V. M. Alcaraz, E. Gumá-Díaz (Editores) *Texto de Neurociencias Cognitivas* (pp. 23-49). México: Editorial El Manual Moderno.
- Ramos Loyo, J. (2002) Neurobiología de la emoción y su relevancia en la motivación social. En M. Hernández González (Editor) *Motivación animal y humana* (p.331-356). México: El Manual Moderno.
- Ratner, C. (2000). A cultural-psychological analysis of emotions. *Culture and Psychology*, 6, 5-39.
- Robbins, T. W. (1997). Arousal systems and attentional processes. *Biological Psychology*, 45, 57-71.
- Roberts, N. A., Beer, J. S., Werner, K. H., Scabini, D., Levens, S. M., Knight, R. T., et al. (2004). The impact of orbital prefrontal cortex damage on emotional activation to unanticipated and anticipated acoustic startle stimuli. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4(3), 307-316.
- Robinson, M. D. (2007). Running from William James' bear: A review of preattentive mechanisms and their contributions to emotional experience. *Cognition & Emotion*, (En prensa).
- Rolls, E.T. (1999) *The Brain and Emotion*: Oxford and New York: Oxford University Press.

- Rolls, E.T.(2004) The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition* 55 (1):11-29.
- Roosendaal, B., Nguyen, B. T., Power, A. E., & McGaugh, J. L. (1999). Basolateral amygdala noradrenergic influence enables enhancement of memory consolidation induced by hippocampal glucocorticoid receptor activation. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96, 11642–11647.
- Sabri, M Kareken, Dzemidzic, Lowe, Melara (2004) Neural correlates of auditory sensory memory and automatic detection *NeuroImage* (21) 69– 74
- Sabri, M. E. Liebenthal, E. J. Waldron, D. A. Medler, & Binder, J. R. (2006). Attentional modulation in the detection of irrelevant deviance: A simultaneous ERP/fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(5), 689-700.
- Sander, K., Scheich H. (2001) Auditory perception of laughing and crying activates human amygdala regardless of attentional state. *Cognitive Brain Research* (2) 181-198.
- Sandman, C. A. (1984). Augmentation of the auditory event related potentials of the brain during diastole. *International Journal of Psychophysiology*, 2, 111-119.
- Sanz, A. (2000). Diferencias sexuales y efecto del ciclo menstrual en el reconocimiento de las emociones faciales. Tesis de Maestría, Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (1997). Probe p3 and blinks: Two measures of affective startle modulation. *Psychophysiology*, 34, 1-6.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., & Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37, 257-261.
- Schupp, H. T., Junghöfer, C. M., I.Weike, A., & Hamm, A. O. (2003). Attention and emotion: An ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing. *Neuroreport*, 14(8).
- Schupp, H. T., Junghofer, M., Weike, A. I., & O.Hamm, A. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: An erp analysis. *Psychophysiology*, 41, 441-449.
- Schwartz, G. E., Davidson, R. J., & Maer, F. (1975). Right hemisphere lateralization for emotion in the human brain: Interactions with cognition. *Science*, 190(4211), 286-288.
- Silvert,L., Delplanque,S., Bouwalerh, H, Verpoort,C., Sequeira,H.(2004) Autonomic responding to aversive words without conscious valence discrimination. *International Journal of Psychophysiology*, 53, 135–145
- Sokolov, E. N. Nezlina, N. I. Polyanskii, V. B. y Evtikhin D. V. (2002)The Orientating Reflex: The "Targeting Reaction" and "Searchlight of Attention" *Neuroscience and Behavioral Physiology*,32, 347-362
- Smith, N. K., Caccioppo, J.T., Larsen, J.T., Chartrand, T.L. (2003) May I have your attention, please: electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia* 41(2):171-83.
- Stemmler, G. (2003) Methodological Considerations in the Psychophysiological Study of Emotion. En R. J. Davidson, K. R. Scherer, H. Hill Goldsmith, H.(editores), *Handbook of Affective Sciences*. (pp. 225-255) Nueva York: Oxford University Press.
- Stormark, K.M. Hugdahl, K., Posner, M.I. (1999) Emotional modulation of attention orienting: A classical conditioning study. *Scandinavian Journal of Psychology* (40) 91-99
- Stormark,K. M., Field, N. P., Hugdahl,K. Horowitz, M. (1997) Selective processing of visual alcohol cues in abstinent alcoholics:An approach-avoidance conflict? *Addictive Behaviors*, 22, 509-519
- Surakka, V., Tenhunen-Eskelinen M., Hietanen J. K., & Sams, M. (1998). Modulation of human auditory information processing by emotional visual stimuli. *Cognitive Brain Research*, 2, 159-157.
- Sussman, E., Winkler, I., & Wang, W. (2003). MMN and attention: Competition for deviance detection. *Psychophysiology*, 40, 430–435.
- Sutton, S.K., Ward, R.T., Larson, C.L., Holden, J.E., Perlman, S.B., y Davidson, R.J.,(1997). Asymmetry in prefrontal glucose metabolism during appetitiveand aversive emotional states: an FDG-PET study. *Psychophysiology*. 34:S89.
- Sysoeva, O., Takegata, R., & Näätänen, R. (2006a). Pre-attentive representation of sound duration in the human brain. *Psychophysiology*, 43, 272-276.
- Talsma, D., & Kok, A. (2001). Nonspatial intermodal selective attention is mediated by sensory brain areas: Evidence from event-related potentials. *Psychophysiology*, 38, 736-751.
- Talsma, D., Doty, T. J., & Woldorff, M. G. (2007). Selective attention and audiovisual integration: Is attending to both modalities a prerequisite for early integration? *Cerebral Cortex*, 17(3), 679-690.
- Taylor J. G., & Fragopanagos, N. F. (2005). The interaction of attention and emotion. *Neural Networks*, 18, 353-369.
- Tervaniemi, M., Saarinen, J., Paavilainen, P., Danilova, N., & Näätänen, R. (1994). Temporal integration

- of auditory information in sensory memory as reflected by the mismatch negativity. *Biological Psychology*, 38, 157-167.
- Tranel, D. (2000) Electrodermal activity in Cognitive Neuroscience: Neuroanatomical and Neuropsychological Correlates. En R. D. Lane, y L. Nadel (editores), *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 192-224). Nueva York, Oxford University Press, 2000.
- Umbricht, D., Vollenweider, F. X., Schmid, L., Grübel, C., Skrabo, A., Huber, T. & Koller, R. (2003) Effects of the 5-HT_{2A} Agonist Psilocybin on Mismatch Negativity Generation and AX-Continuous Performance Task: Implications for the Neuropharmacology of Cognitive Deficits in Schizophrenia. *Neuropsychopharmacology* 28, 170-181
- Vuilleumier, P., Armony, J.L., Driver, J y Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: An event-related fMRI study. *Neuron*, 30, 829-841.
- Wager, T. D, Phan, K. L. (2003) Valence, Gender, and Lateralization of Functional Brain Anatomy in Emotion: a Meta-Analysis of Findings from Neuroimaging. *NeuroImage* (19) 513-531.
- White, P. M., & Yee, C. M. (2006). P50 sensitivity to physical and psychological state influences. *Psychophysiology*, 43, 320-328.
- Woldorff, M. G., & Hillyard, S. A. (1991). Modulation of early auditory processing during selective listening to rapidly presented tones. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 79, 170-191.
- Woldorff, M. G., Gallen, C. C., Hampson, S. A., Hillyard, S. A., Pantev, C., Sobel, D., et al. (1993). Modulation of early sensory processing in human auditory cortex during auditory selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90, 8722-8726.
- Woldorff, M. G., & Hillyard, S. A., Gallen, C., Hampson, S., Bloom, F. (1998). Magneto-encephalography recordings demonstrate attentional modulation of mismatch-related neural activity in human auditory cortex. *Psychophysiology*, 35, 283-292
- Wrase, J., Klein, S., Gruesser, S.M., Hermann, D., Flor, H., Mann, K., Graus, D.F., y Heinz, A. (2003). Gender differences in the processing of standardized emotional visual stimuli in humans: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*. (348) 41-45.
- Wedig, M.M., Rauch, S.L, Albert, M.S. y Wright, C.I (2005) Differential amygdala habituation to neutral faces in young and elderly adults. *Neuroscience Letters* 385(2):114-9
- Wright, C.I, Fischer, H., Whalen, P.J, McInerney, S.C., Shin, L. M. y Rauch, S.L (2001) Differential prefrontal cortex and amygdala habituation to repeatedly presented emotional stimuli. *Neuroreport* 12(2):379-83
- Yamashita, H., Okamoto, Y., Morinobu, S., Yamawaki, S., & Kähkönen, S. (2005). Visual emotional stimuli modulation of auditory sensory gating studied by magnetic p50 suppression. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience* (255) 99-103.
- Zarabozo, D. (2002). *ESTADIS – Pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas* [Programa de computadora]. México, D.F.: SEP (Reg. 03-2002-082817271200-01).

ANEXO 1: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por medio de la presente se confirma que mi participación en el experimento "Influencia del contexto en la modulación del procesamiento auditivo" es de carácter enteramente voluntario y que antes de mi participación en el experimento he recibido información oportuna respecto al método de registro de la actividad eléctrica cerebral por medio de la colocación de electrodos en el cuero cabelludo, fijados a la cabeza por pasta conductora; y de las respuestas del sistema nervioso autónomo a través de tres sensores de electrocardiograma fijados a ambos lados del pecho y debajo de la boca del estómago, así como por medio de un sensor de temperatura y de respuesta galvánica colocados en los dedos de la mano no dominante. También se establece que he sido informado acerca de las características del procedimiento: la exposición continua a tonos puros de 1000 y 1100hz y a diferentes sonidos ambientales mientras se observa una sucesión de imágenes en tres condiciones experimentales con una duración de doce minutos y medio. Al respecto he sido informado particularmente sobre el uso de escenas y sonidos de contenido violento y de carácter desagradable, en el entendido de que en caso de sentirme demasiado incómodo o indispuesto puedo suspender la sesión experimental en cualquier momento.

Con respecto a los resultados se entiende que son de carácter confidencial y para uso exclusivo en el contexto experimental y que en caso de solicitarlo es posible obtener por parte de los investigadores información detallada sobre estos.

Guadalajara Jalisco, _____

Nombre y firma _____

ANEXO 2: ESCALA DE AUTORREPORTE condición (num) _____

Nombre: _____ Fecha: _____ Fecha de nacimiento: _____

Describe qué sentiste ante la sucesión de las imágenes y sonidos que acabas de presenciar, con las palabras que creas que lo expresan mejor.

¿Qué tipo de cosas te hizo evocar la proyección (recuerdos, imágenes, situaciones)?

¿Te gustó la proyección? _____ ¿Volverías a verla? _____

En general la serie de imágenes me pareció:

Demasiado desagradable	Desagradable	Ligeramente desagradable	Neutra/ Indiferente	Ligeramente agradable	Agradable	Demasiado agradable
------------------------	--------------	--------------------------	------------------------	-----------------------	-----------	---------------------

¿Consideras que lo que viste y escuchaste te produjo alguna emoción? Si es el caso señala en las líneas siguientes qué emoción o emociones generó en ti la secuencia de imágenes y sonidos.

Emoción principal _____

Emoción secundaria _____

Otras _____

Imaginando que la siguiente línea es una escala del cero al diez califica qué tanto consideras tú que sentiste la emoción que identificas como principal:

0 _____ 10
(Escasamente) (Muy intensamente)

¿Qué tanto consideras que la emoción principal se mantuvo? Si dividieras el bloque en cinco partes, señala en que momentos sentiste la emoción.

--	--	--	--	--

A continuación se presentan palabras que definen diferentes estados emocionales. Por favor cruza una línea en el nivel que corresponde mejor a la intensidad con la cual consideras haber experimentado ese estado emocional durante la proyección. La extrema izquierda representa la ausencia total de ese estado en particular y la extrema derecha un nivel muy intenso de ese estado: II

ME SENTÍ:

-

+

(no sentí absolutamente nada de ese estado o emoción)

(me sentí así con bastante intensidad)

1. Incómodo _____
2. Animado _____
3. Enojado _____
4. Desesperado _____
5. Confortable _____
6. Feliz _____
7. Atento _____
8. Involucrado _____
9. Triste _____
10. Asustado _____
11. Tranquilo _____
12. Tenso _____
13. Fastidiado _____
14. Inquieto _____
15. Excitado _____
16. Alegre _____
17. Aburrido _____
18. Indiferente _____
19. Amenazado _____
20. Nostálgico _____
21. Apacible _____

Utilizando la misma escala señala si consideras que en algún momento experimentaste:

aceleración del corazón _____

ANEXO 3: TABLA DE CORRELACIONES DE LATENCIAS Y VOLTAJES CON LOS PARÁMETROS AUTONÓMICOS.

Correlaciones en la condición negativa

		Frecuencia cardíaca	Conductancia eléctrica	Temperatura corporal
Latencia MMN	Pearson Correlation	.311	.104	-.134
	Sig. (2-tailed)	.325	.747	.678
	N	12	12	12
Latencia N100 PRE frecuente	Pearson Correlation	.066	.163	-.194
	Sig. (2-tailed)	.839	.613	.546
	N	12	12	12
Latencia N100 PRE infrecuente	Pearson Correlation	-.034	-.057	-.316
	Sig. (2-tailed)	.917	.859	.317
	N	12	12	12
Voltaje MMN en Fz	Pearson Correlation	.649*	.316	.249
	Sig. (2-tailed)	.022	.317	.436
	N	12	12	12
Voltaje P50 en Cz PRE infrecuente	Pearson Correlation	.202	.134	-.308
	Sig. (2-tailed)	.529	.678	.329
	N	12	12	12
Voltaje N1 en Cz PRE infrecuente	Pearson Correlation	.583*	.190	-.108
	Sig. (2-tailed)	.047	.554	.739
	N	12	12	12
Voltaje P50 en Cz PRE frecuente	Pearson Correlation	-.370	-.042	-.104
	Sig. (2-tailed)	.237	.897	.747
	N	12	12	12
Voltaje N1 en Cz PRE frecuente	Pearson Correlation	-.193	-.487	-.211
	Sig. (2-tailed)	.548	.109	.511
	N	12	12	12

Correlaciones en la condición neutra

		Frecuencia cardíaca	Conductancia eléctrica	temperatura corporal
Latencia MMN	Pearson Correlation	-.489	-.601*	-.316
	Sig. (2-tailed)	.107	.039	.317
	N	12	12	12
Latencia N100 PRE frecuente	Pearson Correlation	.332	-.276	-.319
	Sig. (2-tailed)	.291	.385	.313
	N	12	12	12
Latencia N100 PRE infrecuente	Pearson Correlation	.323	-.030	-.015
	Sig. (2-tailed)	.306	.927	.963
	N	12	12	12
Voltaje MMN en Fz	Pearson Correlation	.389	.284	.354
	Sig. (2-tailed)	.212	.371	.259
	N	12	12	12
Voltaje P50 en Cz PRE infrecuente	Pearson Correlation	.652*	.181	-.181
	Sig. (2-tailed)	.022	.573	.575
	N	12	12	12
Voltaje N1 en Cz PRE infrecuente	Pearson Correlation	.116	.162	-.316
	Sig. (2-tailed)	.719	.615	.317
	N	12	12	12
Voltaje N1 en Cz PRE frecuente	Pearson Correlation	.281	-.118	-.039
	Sig. (2-tailed)	.376	.714	.904
	N	12	12	12
Voltaje N1 PRE frecuente	Pearson Correlation	.228	.000	-.434
	Sig. (2-tailed)	.476	.999	.159
	N	12	12	12

Correlaciones en la condición positiva

		Frecuencia cardiaca	Conductancia eléctrica	temperatura promedio
Latencia MMN	Pearson Correlation	-.224	-.197	.120
	Sig. (2-tailed)	.484	.540	.710
	N	12	12	12
Latencia N100 PRE frecuente	Pearson Correlation	-.303	-.311	.174
	Sig. (2-tailed)	.338	.326	.589
	N	12	12	12
Latencia N100 PRE infrecuente	Pearson Correlation	.106	-.460	-.573
	Sig. (2-tailed)	.743	.132	.051
	N	12	12	12
Voltaje MMN en Fz	Pearson Correlation	-.014	-.087	.290
	Sig. (2-tailed)	.965	.788	.360
	N	12	12	12
Voltaje P50 en Cz PRE infrecuente	Pearson Correlation	.442	-.143	-.025
	Sig. (2-tailed)	.150	.657	.939
	N	12	12	12
Voltaje N1 en Cz PRE infrecuente	Pearson Correlation	.090	.127	-.392
	Sig. (2-tailed)	.780	.695	.208
	N	12	12	12
Voltaje P50 en Cz PRE frecuente	Pearson Correlation	.537	.469	-.287
	Sig. (2-tailed)	.072	.124	.366
	N	12	12	12
Voltaje N1 en Cz PRE frecuente	Pearson Correlation	.350	.254	-.535
	Sig. (2-tailed)	.265	.426	.073
	N	12	12	12

ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

I. DATOS PROCESADOS DEL CUESTIONARIO (Tabla 1)

CLAVE
 Condiciones experimentales: a1= contexto negativo
 a2= contexto neutro
 a3= contexto positivo

1. Evaluación de la escala tipo Likert (como me pareció: -3 muy desagradable, 0 indiferente, +3 muy agradable).

PRUEBA DE FRIEDMAN Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	-2.625	0.719	0.180	16	-3.000	2.000
Cont. neutro	-0.188	0.655	0.164	16	0.000	3.000
Cont. positivo	2.250	0.856	0.214	16	2.000	3.000

Grupos	Empates		Correc.	Q	p(Q)
	#	%			
3	0	0.0	1.0000	30.13	0.0000

RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON Grupos Relacionados

Comparación	Empates		r	p(r)	n	W	p(W)
	#	%					
a1-a2	15	93.8	0.163	0.5463	16	0.00	0.0004
a1-a3	16	100.0	-0.250	0.3502	16	0.00	0.0004
a2-a3	16	100.0	-0.383	0.1430	16	1.50	0.0006

2. Evaluación de la dimensión *displacentera* (amenazado, asustado, enojado, incómodo, tenso, triste y desesperado).

PRUEBA DE FRIEDMAN Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	57.320	22.307	5.577	16	64.188	74.375
Cont. neutro	18.234	15.070	3.767	16	13.938	43.625
Cont. positivo	6.945	8.276	2.069	16	4.438	31.250

Grupos	Empates		Correc.	Q	p(Q)
	#	%			
3	0	0.0	1.0000	23.63	0.0000

RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON Grupos Relacionados

Comparación	Empates		r	p(r)	n	W	p(W)
	#	%					
a1-a2	2	12.5	0.297	0.2639	16	-1.00	< 0.001
a1-a3	2	12.5	-0.105	0.6982	16	0.00	< 0.001
a2-a3	2	12.5	-0.124	0.6461	16	-24.50	< 0.025

3. Evaluación de la dimensión *placentera* (alegre, confortable, animado, apacible y feliz).

PRUEBA DE FRIEDMAN
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	15.519	9.251	2.313	16	12.598	37.982
Cont. Neutro	21.873	20.986	5.247	16	12.688	69.429
Cont. positivo	54.331	18.822	4.706	16	53.741	67.000

Grupos	Empates		Correc.	Q	p(Q)
	#	%			
3	0	0.0	1.0000	19.50	0.0001

RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON
Grupos Relacionados

Comparación	Empates		r	p(r)	n	W	p(W)
	#	%					
a1-a2	0	0.0	0.241	0.3682	16	52.00	> 0.200
a1-a3	0	0.0	0.385	0.1405	16	0.00	< 0.001
a2-a3	0	0.0	0.297	0.2639	16	14.00	< 0.003

4. Evaluación de la dimensión *activación fisiológica* (aumento en la tensión muscular y aceleración del corazón).

PRUEBA DE FRIEDMAN
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	67.250	28.290	7.073	16	69.500	96.000
Cont. neutro	17.875	21.963	5.491	16	9.000	76.000
Cont. positivo	18.750	27.343	6.836	16	6.500	98.000

Grupos	Empates		Correc.	Q	p(Q)
	#	%			
3	4	8.3	0.9688	19.10	0.0001

RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON
Grupos Relacionados

Comparación	Empates		r	p(r)	n	W	p(W)
	#	%					
a1-a2	2	12.5	-0.010	0.9696	16	-3.00	< 0.001
a1-a3	0	0.0	-0.016	0.9522	16	-16.00	< 0.005
a2-a3	3	21.4	-0.060	0.8259	14	-43.00	> 0.200

II. VARIABLES AUTONÓMICAS (Tabla 2)

CLAVE

Condiciones experimentales:

a1= contexto negativo

a2= contexto neutro

a3= contexto positivo

1. Frecuencia cardiaca

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)

Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	71.243	8.513	2.128	16	68.945	32.170
Cont. neutro	70.207	6.571	1.643	16	69.455	22.220
Cont. positivo	68.498	6.829	1.707	16	67.445	29.400

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	2212.529	15	147.502	19.97	0.0000
Entre grupos	61.491	2	30.745	4.16	0.0254
Residual	221.567	30	7.386		
Total	2495.587	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. negativo---		1.525	¹ 4.040
Cont. neutro	---		2.515
Cont. positivo		---	---

2. Conductancia eléctrica de la piel (valor promedio)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)

Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	7.859	7.290	1.822	16	5.885	30.790
Cont. neutro	5.086	4.851	1.213	16	3.595	18.240
Cont. positivo	6.364	8.158	2.039	16	3.540	33.650

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	1939.490	15	129.299	18.57	0.0000
Entre grupos	61.647	2	30.824	4.43	0.0207
Residual	208.837	30	6.961		
Total	2209.975	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. negativo---		¹ 4.204	2.267
Cont. neutro	---		1.938
Cont. positivo		---	---

Conductancia eléctrica de la piel (valor máximo registrado)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)

Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	10.796	8.531	2.133	16	8.380	36.670
Cont. neutro	7.465	6.275	1.569	16	6.300	25.450
Cont. positivo	8.922	9.734	2.433	16	6.160	40.340

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	2832.947	15	188.863	20.95	0.0000
Entre grupos	89.205	2	44.603	4.95	0.0139
Residual	270.430	30	9.014		
Total	3192.582	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. negativo---	¹ 4.438	2.497	
Cont. neutro	---	1.941	
Cont. positivo		---	

Resistencia en Ohms (valor promedio)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)

Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	0.206	0.178	0.045	16	0.160	0.740
Cont. neutro	0.519	0.493	0.123	16	0.355	1.530
Cont. positivo	0.542	0.716	0.179	16	0.335	2.860

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	8.059	15	0.537	4.29	0.0003
Entre grupos	1.126	2	0.563	4.50	0.0196
Residual	3.758	30	0.125		
Total	12.944	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. Negativo	---	¹ 3.541	¹ 3.801
Cont. neutro		---	0.260
Cont. positivo			---

3. Temperatura corporal (valor promedio)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	84.648	6.589	1.647	16	85.145	20.430
Cont. neutro	87.709	6.770	1.692	16	90.575	20.950
Cont. positivo	86.656	6.790	1.697	16	89.380	21.080

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	1770.857	15	118.057	13.65	0.0000
Entre grupos	77.408	2	38.704	4.48	0.0199
Residual	259.404	30	8.647		
Total	2107.670	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. Negativo	---	¹ 4.164	2.731
Cont. neutro		---	1.432
Cont. positivo			---

Temperatura corporal (valor mínimo)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

TEMPERATURA MIN.TXT (C:\Documents and Settings\Alex\Desktop\estadística abril\)

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	83.109	6.406	1.602	16	83.185	20.340
Cont. neutro	86.058	6.235	1.559	16	88.190	20.440
Cont. positivo	84.301	6.577	1.644	16	84.410	21.480

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	1625.715	15	108.381	14.66	0.0000
Entre grupos	70.416	2	35.208	4.76	0.0160
Residual	221.775	30	7.392		
Total	1917.905	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. Negativo	---	¹ 4.339	1.754
Cont. neutro		---	2.585
Cont. positivo			---

Tasa de variación de la temperatura

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	254.321	19.671	4.918	16	253.320	63.450
Cont. neutro	267.403	20.877	5.219	16	276.370	63.650
Cont. positivo	263.903	21.955	5.489	16	272.125	65.010

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	15978.076	15	1065.205	8.89	0.0000
Entre grupos	1467.611	2	733.805	6.12	0.0059
Residual	3594.523	30	119.817		
Total	21040.210	47			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.49), ² p < 0.01 (q = 4.45)

	A1	A2	A3
Cont. Negativo	---	² 4.781	¹ 3.502
Cont. neutro		---	1.279
Cont. positivo			---

III. DATOS ELECTROFISIOLÓGICOS

CLAVE

Condiciones experimentales:

a1= contexto negativo

a2= contexto neutro

a3= contexto positivo

Derivaciones:

b1= Fz

b2= Cz

b3= Pz

1. Comparación MMN condición LECTURA VS NEUTRA (figura 7)

a) Amplitud MMN en Fz

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Lectura	-1.929	1.490	0.430	12	-1.434	4.956
Condición Neutra	-1.803	1.166	0.337	12	-1.557	3.280

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	33.630	11	3.057	5.85	0.0034
Entre grupos	0.096	1	0.096	0.18	0.6760
Residual	5.744	11	0.522		
Total	39.470	23			

b) Latencia pico máximo MMN

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

LATENCIA MMN CONTROL (LECTURA) VS NEUTRA:

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Lectura	162.083	30.035	8.670	12	170.000	105.000
Contexto neutro	163.333	21.777	6.287	12	167.500	70.000

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	10586.458	11	962.405	2.33	0.0887
Entre grupos	9.375	1	9.375	0.02	0.8831
Residual	4553.125	11	413.920		
Total	15148.958	23			

2. Comparación de Latencias en los diferentes contextos (Tabla 3)

a) MMN

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	155.833	19.404	5.601	12	160.000	65.000
Cont. neutro	163.333	21.777	6.287	12	167.500	70.000
Cont. positivo	169.167	22.647	6.538	12	175.000	75.000

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	8372.222	11	761.111	2.53	0.0309
Entre grupos	1072.222	2	536.111	1.78	0.1922
Residual	6627.778	22	301.263		
Total	16072.222	35			

b) N1 PRE frecuente

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	104.583	6.557	1.893	12	102.500	20.000
a2	110.833	12.583	3.632	12	110.000	40.000
a3	107.500	14.848	4.286	12	110.000	50.000

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	2724.306	11	247.664	2.84	0.0177
Entre grupos	234.722	2	117.361	1.35	0.2804
Residual	1915.278	22	87.058		
Total	4874.306	35			

c) N1 PRE infrecuente

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	112.500	7.230	2.087	12	112.500	25.000
a2	116.667	12.309	3.553	12	115.000	40.000
a3	114.167	15.643	4.516	12	115.000	65.000

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	3005.556	11	273.232	3.12	0.0112
Entre grupos	105.556	2	52.778	0.60	0.5563
Residual	1927.778	22	87.626		
Total	5038.889	35			

3. Análisis de la amplitud de voltajes de la MMN en Fz (Tabla 4)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	-1.768	1.306	0.377	12	-1.821	3.596
a2	-1.803	1.166	0.337	12	-1.557	3.280
a3	-1.783	1.127	0.325	12	-1.462	3.535

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	33.539	11	3.049	4.74	0.0009
Entre grupos	0.007	2	0.004	0.01	0.9943
Residual	14.157	22	0.643		
Total	47.703	35			

4. Comparación de la amplitud de la MMN por hemisferio (Tabla5)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (TRES FACTORES)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	-1.410	1.325	0.156	72	-1.344	6.326
a2	-1.551	1.114	0.131	72	-1.446	6.246
a3	-1.296	0.884	0.104	72	-1.203	5.034
b1	-1.518	1.084	0.128	72	-1.449	5.207
b2	-1.349	1.124	0.132	72	-1.199	6.201
b3	-1.391	1.165	0.137	72	-1.374	6.424
c1	-1.398	1.064	0.102	108	-1.291	5.330
c2	-1.441	1.182	0.114	108	-1.343	6.543
a1b1	-1.666	1.394	0.285	24	-1.463	4.911
a1b2	-1.430	1.389	0.284	24	-1.537	6.201
a1b3	-1.136	1.184	0.242	24	-1.242	4.155
a2b1	-1.602	0.936	0.191	24	-1.600	3.701
a2b2	-1.468	1.143	0.233	24	-1.197	4.177
a2b3	-1.584	1.280	0.261	24	-1.605	6.246
a3b1	-1.285	0.847	0.173	24	-1.374	2.968
a3b2	-1.150	0.777	0.153	24	-1.002	3.042
a3b3	-1.451	1.020	0.203	24	-1.379	4.653

a1c1	-1.442	1.303	0.217	36	-1.478	5.100
a1c2	-1.379	1.365	0.228	36	-1.324	5.648
a2c1	-1.463	1.076	0.179	36	-1.286	4.212
a2c2	-1.640	1.159	0.193	36	-1.591	6.246
a3c1	-1.289	0.765	0.127	36	-1.151	3.232
a3c2	-1.302	0.999	0.167	36	-1.260	5.034
b1c1	-1.458	1.018	0.170	36	-1.314	3.981
b1c2	-1.577	1.157	0.193	36	-1.543	5.153
b2c1	-1.064	1.121	0.187	36	-1.033	4.775
b2c2	-1.634	1.068	0.178	36	-1.537	4.922
b3c1	-1.670	0.986	0.164	36	-1.719	4.838
b3c2	-1.111	1.273	0.212	36	-1.146	6.424
a1b1c1	-1.655	1.252	0.362	12	-1.463	3.684
a1b1c2	-1.676	1.580	0.456	12	-1.559	4.767
a1b2c1	-1.180	1.443	0.417	12	-1.284	4.770
a1b2c2	-1.680	1.347	0.389	12	-1.718	4.922
a1b3c1	-1.490	1.274	0.368	12	-1.682	4.155
a1b3c2	-0.781	1.018	0.294	12	-1.195	2.965
a2b1c1	-1.517	1.012	0.292	12	-1.460	3.701
a2b1c2	-1.687	0.891	0.257	12	-1.600	3.135
a2b2c1	-0.974	1.131	0.326	12	-0.986	3.552
a2b2c2	-1.962	0.958	0.277	12	-1.791	2.991
a2b3c1	-1.897	0.956	0.276	12	-1.901	3.503
a2b3c2	-1.272	1.515	0.437	12	-1.208	6.246
a3b1c1	-1.203	0.766	0.221	12	-1.161	2.408
a3b1c2	-1.367	0.949	0.274	12	-1.449	2.968
a3b2c1	-1.039	0.783	0.226	12	-0.863	2.976
a3b2c2	-1.261	0.789	0.228	12	-1.097	2.429
a3b3c1	-1.624	0.680	0.196	12	-1.670	2.314
a3b3c2	-1.279	1.284	0.371	12	-0.978	4.653

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (sujetos)	85.314	11	7.756	8.83	0.0000
Tratamientos	21.167	17	1.245		
A	2.364	2	1.182	1.35	0.2627
B	1.107	2	0.554	0.63	0.5333
C	0.099	1	0.099	0.11	0.7373
A x B	3.628	4	0.907	1.03	0.3915
A x C	0.542	2	0.271	0.31	0.7346
B x C	11.639	2	5.819	6.63	0.0017
A x B x C	1.787	4	0.447	0.51	0.7292
Residual	164.162	187	0.878		
Total	270.643	215			

5. Comparación de las diferencias observadas en los grandes promedios en la onda de diferencia (figura 9).

1. Ventana 35-65 ms (P50)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (DOS FACTORES) Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	0.530	0.754	0.126	36	0.349	2.669
Cont. neutro	-0.087	0.878	0.146	36	-0.067	3.299
Cont. positivo	-0.037	0.909	0.151	36	-0.143	3.978
b1	0.224	0.737	0.123	36	0.035	3.657
b2	0.188	0.871	0.145	36	0.045	4.031
b3	-0.006	1.036	0.173	36	-0.001	4.642
a1b1	0.548	0.785	0.227	12	0.456	2.551
a1b2	0.587	0.755	0.218	12	0.627	2.511
a1b3	0.455	0.782	0.226	12	0.220	2.429
a2b1	0.018	0.742	0.214	12	-0.083	2.289
a2b2	-0.038	0.797	0.230	12	-0.071	2.708

a2b3	-0.242	1.109	0.320	12	0.055	3.208
a3b1	0.104	0.621	0.179	12	-0.017	2.113
a3b2	0.015	0.973	0.281	12	-0.038	3.454
a3b3	-0.231	1.109	0.320	12	-0.454	3.978

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	11.599	11	1.054	1.48	0.1553
Tratamientos	9.748	8	1.218		
A	8.461	2	4.230	5.92	0.0039
B	1.101	2	0.551	0.77	0.4659
A x B	0.186	4	0.046	0.06	0.9921
Residual	62.901	88	0.715		
Total	84.247	107			

 COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	A1	A2	A3
Cont. negativo	---	² 4.378	¹ 4.023
Cont. neutro	---	---	0.355
Cont. positivo	---	---	---

2. Ventana 115-145 ms

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (DOS FACTORES)

Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
Cont. negativo	-0.933	1.290	0.215	36	-0.939	5.559
Cont. neutro	-0.772	1.122	0.187	36	-0.415	6.426
Cont. positivo	-0.646	1.456	0.243	36	-0.506	7.338
b1	-1.093	1.145	0.191	36	-0.683	4.781
b2	-0.849	1.414	0.236	36	-0.722	6.498
b3	-0.410	1.236	0.206	36	-0.443	5.671
a1b1	-1.413	1.419	0.410	12	-1.200	4.781
a1b2	-0.914	1.444	0.417	12	-1.113	5.318
a1b3	-0.473	0.848	0.245	12	-0.527	2.791
a2b1	-1.033	0.923	0.266	12	-0.872	3.048
a2b2	-0.881	1.176	0.340	12	-0.511	3.353
a2b3	-0.403	1.238	0.357	12	-0.019	3.846
a3b1	-0.833	1.058	0.305	12	-0.441	3.563
a3b2	-0.752	1.697	0.490	12	-0.697	6.498
a3b3	-0.353	1.613	0.466	12	-0.587	5.630

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	24.214	11	2.201	1.36	0.2082
Tratamientos	10.983	8	1.373		
A	1.498	2	0.749	0.46	0.6318
B	8.634	2	4.317	2.66	0.0756
A x B	0.851	4	0.213	0.13	0.9706
Residual	142.831	88	1.623		
Total	178.028	107			

3. Ventana 155-185 ms (MMN)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (DOS FACTORES)
Grupos Relacionados

3. COMPARACIÓN VIN 155-185 3 CONDICIONES LM.TXT (H:\CIERRE DE TESIS\Estadística PREs\Onda de diferencia (MMN)\)

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	0.034	0.924	0.154	36	0.079	3.652
a2	-0.108	0.807	0.134	36	-0.223	4.166
a3	-0.321	1.137	0.189	36	-0.398	5.090
b1	-0.556	0.866	0.144	36	-0.400	3.080
b2	0.111	0.907	0.151	36	-0.003	4.279
b3	0.050	1.005	0.167	36	-0.207	5.000
a1b1	-0.489	0.968	0.279	12	-0.245	2.941
a1b2	0.318	0.757	0.218	12	0.338	2.504
a1b3	0.273	0.872	0.252	12	0.300	2.621
a2b1	-0.480	0.739	0.213	12	-0.458	2.308
a2b2	0.139	0.711	0.205	12	-0.027	2.662
a2b3	0.017	0.885	0.256	12	-0.136	3.268
a3b1	-0.699	0.933	0.269	12	-0.353	2.706
a3b2	-0.124	1.197	0.346	12	-0.533	4.279
a3b3	-0.141	1.255	0.362	12	-0.345	4.437

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	28.966	11	2.633	3.94	0.0001
Tratamientos	12.385	8	1.548		
A	2.303	2	1.152	1.72	0.1847
B	9.782	2	4.891	7.31	0.0012
A x B	0.299	4	0.075	0.11	0.9781
Residual	58.850	88	0.669		
Total	100.200	107			

Notas:

Comparación MMN en Línea Media condiciones experimentales a1 negativo, a2 neutra, a3 positiva b1 Fz, b2 Cz, b3 Pz

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	A1	A2	A3
A1	---	1.042	2.604
A2		---	1.562
A3			---

Entre niveles del Factor B:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	B1	B2	B3
B1	---	² 4.893	² 4.445
B2		---	0.447
B3			---

4. Ventana 235-275 ms (p250)

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (DOS FACTORES)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	0.141	1.379	0.230	36	0.131	5.141
a2	0.382	1.128	0.188	36	0.375	5.993
a3	-0.167	1.349	0.225	36	-0.144	6.327
b1	0.000	1.047	0.174	36	-0.166	5.257
b2	0.239	1.319	0.220	36	0.164	5.829
b3	0.117	1.512	0.252	36	0.217	6.839
a1b1	-0.164	1.162	0.335	12	0.033	4.306
a1b2	0.258	1.547	0.447	12	0.164	5.018
a1b3	0.330	1.467	0.423	12	0.294	5.038
a2b1	0.353	1.070	0.309	12	-0.109	3.366
a2b2	0.598	1.021	0.295	12	0.349	3.399
a2b3	0.193	1.330	0.384	12	0.491	4.987
a3b1	-0.188	0.888	0.256	12	-0.304	3.374
a3b2	-0.139	1.341	0.387	12	-0.072	4.721
a3b3	-0.172	1.790	0.517	12	-0.005	6.327

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	42.090	11	3.826	2.59	0.0067
Tratamientos	8.157	8	1.020		
A	5.435	2	2.717	1.84	0.1649
B	1.026	2	0.513	0.35	0.7076
A x B	1.697	4	0.424	0.29	0.8856
Residual	129.995	88	1.477		
Total	180.243	107			

6. Comparación de los voltajes de N1 en la derivación Cz (tabla 6)

a) N1 PRE ante estímulos frecuentes:

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	-1.162	1.065	0.307	12	-0.854	3.266
a2	-1.284	1.237	0.357	12	-0.903	3.894
a3	-1.126	1.404	0.405	12	-0.963	5.198

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	34.415	11	3.129	4.15	0.0022
Entre grupos	0.164	2	0.082	0.11	0.8974
Residual	16.583	22	0.754		
Total	51.162	35			

b) N1 PRE ante estímulos infrecuentes:

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (UN FACTOR)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	-1.838	1.581	0.456	12	-1.454	5.355
a2	-1.789	1.461	0.422	12	-1.669	5.761
a3	-1.322	1.282	0.382	12	-1.022	4.217

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	59.424	11	5.402	11.02	0.0000
Entre grupos	0.094	2	0.047	0.10	0.9089
Residual	10.784	22	0.490		
Total	70.302	35			

7. Comparación de las diferencias observadas en los grandes promedios de los PREs frecuente e infrecuente (tablas 7 y 8).

a) Ventana temporal 35-65 (P50) en el PRE ante los estímulos frecuentes

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (DOS FACTORES) Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	0.267	0.480	0.080	36	0.215	1.823
a2	0.424	0.516	0.086	36	0.310	2.380
a3	0.541	0.581	0.097	36	0.507	2.858
b1	0.542	0.540	0.090	36	0.460	2.544
b2	0.482	0.577	0.096	36	0.422	2.957
b3	0.208	0.428	0.071	36	0.191	1.801
a1b1	0.404	0.494	0.143	12	0.367	1.640
a1b2	0.359	0.461	0.133	12	0.393	1.614
a1b3	0.039	0.436	0.126	12	0.076	1.269
a2b1	0.600	0.546	0.158	12	0.490	1.878
a2b2	0.505	0.530	0.153	12	0.401	1.682
a2b3	0.167	0.393	0.113	12	0.195	1.663
a3b1	0.623	0.596	0.172	12	0.538	2.325
a3b2	0.581	0.732	0.211	12	0.512	2.858
a3b3	0.420	0.395	0.114	12	0.507	1.236

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	4.111	11	0.374	1.46	0.1630
Tratamientos	3.833	8	0.479		
A	1.361	2	0.681	2.65	0.0762
B	2.278	2	1.139	4.44	0.0146
A x B	0.194	4	0.048	0.19	0.9438
Residual	22.590	88	0.257		
Total	30.534	107			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	A1	A2	A3
A1	---	1.858	3.243
A2		---	1.385
A3			---

Entre niveles del Factor B:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	B1	B2	B3
B1	---	0.710	¹ 3.953
B2		---	3.243
B3			---

b) Ventana temporal 35-65 (P50) en el PRE ante los estímulos infrecuentes

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (DOS FACTORES)
Grupos Relacionados

Grupo	Media	Desv St	Err St	n	Mediana	Rango
a1	0.797	0.837	0.139	36	0.550	3.650
a2	0.337	0.848	0.141	36	0.449	4.445
a3	0.504	0.791	0.132	36	0.548	3.500
b1	0.766	0.785	0.131	36	0.691	3.813
b2	0.670	0.748	0.125	36	0.671	3.021
b3	0.202	0.890	0.148	36	0.203	4.360
alb1	0.952	0.998	0.288	12	0.813	3.595
alb2	0.947	0.828	0.239	12	0.740	2.429
alb3	0.494	0.628	0.181	12	0.376	1.982
a2b1	0.618	0.686	0.198	12	0.567	2.617
a2b2	0.467	0.745	0.215	12	0.460	2.364
a2b3	-0.075	0.986	0.285	12	0.252	3.220
a3b1	0.728	0.657	0.190	12	0.738	2.080
a3b2	0.596	0.637	0.184	12	0.671	2.158
a3b3	0.189	0.989	0.286	12	-0.096	3.500

Fuentes de Varianza	SC	GL	MC	F	p(F)
Bloques (Sujetos)	19.572	11	1.779	3.46	0.0005
Tratamientos	10.663	8	1.333		
A	3.914	2	1.957	3.81	0.0259
B	6.547	2	3.273	6.37	0.0026
A x B	0.203	4	0.051	0.10	0.9827
Residual	45.227	88	0.514		
Total	75.462	107			

COMPARACIONES MÚLTIPLES (Tukey-Kramer):

Entre niveles del Factor A:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	A1	A2	A3
A1	---	¹ 3.850	2.452
A2		---	1.398
A3			---

Entre niveles del Factor B:

¹ p < 0.05 (q = 3.38), ² p < 0.01 (q = 4.24)

	B1	B2	B3
B1	---	0.803	² 4.720
B2		---	¹ 3.917
B3			---