



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
División de Ciencias Biológicas  
Departamento de Ciencias Ambientales  
**INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS**

"Diferencias sexuales en la inhibición de la sácada refleja ante rostros emocionales. Estudio electrofisiológico"

Tesis  
que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO  
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

Presenta  
Luis Ángel Llamas Alonso

Comité tutorial  
**Dra. Julieta Ramos Loyo (Directora)**  
Dr. Andrés González Garrido  
Dra. María Corsi Cabrera  
Dr. Armand Henrique Sequeira Martinho

Guadalajara, Jalisco

Diciembre de 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Dra Julieta Ramos Loyo. Considero que en múltiples ocasiones se le ha reconocido su brillante capacidad académica en el área de neurociencias, en esta ocasión para mí es un placer reconocer su enorme calidad humana la cual ha impactado mi vida de manera determinante, me ha ayudado a ser mejor profesional y mejor ser humano, a donde quiera que vaya llevo su enseñanza y su cariño, gracias por ser y estar.*

*Al Dr. Andrés González-Garrido. Su asesoría profesional y honesta sin duda alguna me apoyaron a realizar un mejor trabajo de investigación así como a orientarme a pensar cuales son las preguntas más relevantes y la mejor manera de responderlas.*

*A la Dra. María Corsi Cabrera. Para mí fue un honor recibir consejo y asesoría de una investigadora a la cual he admirado desde el primer día que la conocí, gracias por compartir su amistad y conocimientos.*

*Al Dr. Henrique Sequeira. Agradezco sus valiosos comentarios y sugerencias que me apoyaron a adentrarme más en la comprensión de las emociones y el procesamiento visual periférico, gracias por su amable disposición en todo momento del trayecto.*

*A la Dra. Yolanda del Rio Portilla. A pesar de la distancia siempre he encontrado asesoría y consejo incondicional de su parte. Gracias por todo su apoyo y cariño.*

*Al Mtro. Sergio Meneses. Le agradezco por su revisión, crítica y consejos hacia mi trabajo, sin duda alguna me ayudaron a realizar un mejor análisis y discusión de mis resultados.*

*A mis compañeros del Laboratorio de Psicofisiología de Procesos Cognitivos y Emocionales: Almitra, Armando, Alicia, Cristina Padilla, Cristina Juárez, Eddie, Vladimir, Erick, Carlos y Angélica, considero que mejoramos en el trabajo en equipo, compartiendo nuestros conocimientos y teniendo disposición a ayudar a quien lo necesite. Gracias por apoyarme y hacer sumamente agradable la estancia.*

*A mis compañeros de generación de maestría Enrique, Chuy, Mayra, Julio, Ale, Javier, Néstor, Nalle, América, Imelda, Mónica, Itzel, Karla y amigos del Instituto de Neurociencias, Diego Chapa, Ricardo Romero, Mayra Almanza, Arturo Laguna y Víctor Buenrostro por mostrar constante interés y apoyo en mi proyecto, además de compartir tiempo de estudio y recreación.*

*A Samuel Castillo por apoyarme con la odisea en la instalación del equipo para registro.*

*A la Dra. Fabiola Gómez y a todo el Laboratorio de Neurofisiología Clínica por permitirme hacer uso del rastreador ocular, además de orientarme con buena disposición para su uso adecuado.*

*Al Instituto de Neurociencias, personal administrativo y mis profesores de la maestría por colaborar en mi formación profesional como investigador en neurociencias de la conducta.*

*A CONACyT por otorgarme la beca que me permitió mantener mis gastos durante el transcurso de la maestría y por el apoyo económico brindado al proyecto 155520.*

## DEDICATORIA

*A mis padres Ángela y José de Jesús a quienes les debo todo lo que he logrado en la vida, admiro enormemente el esfuerzo que han dedicado para que mis hermanos y yo podamos desarrollarnos profesionalmente, me siento orgulloso de ustedes, gracias por ser tan bondadosos y tan excepcionales padres, ustedes son mi motivación para cumplir todos mis propósitos.*

*A mis hermanos Jesús y Alejandra agradezco todo su cariño, gracias por el apoyo incondicional que me han brindado durante este proceso, son parte importante fundamental en mi vida.*

*A mi hermano Julio que nunca ha dudado de mi capacidad y siempre me ha acompañado en todos mis proyectos. Gracias por hablarme con toda la confianza resaltando mis errores y señalando mis aciertos, se que siempre podré contar contigo.*

*A mi novia Alejandra Silva, quien ha depositado su confianza en mí de manera desinteresada y noble, quien me acompañó en cada obstáculo que se presento en el caótico trayecto. Mis problemas y mis alegrías se convirtieron en las tuyas, me has demostrado ser una brillante persona en lo académico y en lo personal, gracias por apoyarme incondicionalmente, sin tu ayuda no hubiese logrado terminar a tiempo, gracias por compartir este viaje, estoy seguro que serán muchos más.*

# ÍNDICE

Resumen.....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. CONTROL INHIBITORIO .....	10
2.1 Paradigmas del control inhibitorio y su correlato neurofisiológico .....	12
2.2 Movimientos sacádicos e inhibición .....	18
2.3 Inhibición y emoción .....	20
3. PROCESAMIENTO DE ROSTROS CON EXPRESIONES EMOCIONALES .....	23
3.1. Fases de información visual para el procesamiento de un rostro.....	24
3.2 Reconocimiento de expresiones faciales emocionales .....	26
3.3 Estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento de rostros y de expresiones faciales emocionales .....	26
3.4. Procesamiento de rostros en tareas de movimientos sacádicos .....	33
4. DIFERENCIAS SEXUALES.....	35
4.1 Diferencias sexuales en el cerebro y conectividad anátomo-funcional .....	35
4.2 Diferencias sexuales en funciones ejecutivas y emoción.....	40
4.3 Diferencias sexuales en el reconocimiento de rostros y de expresiones faciales emocionales.....	44
4.4 Diferencias sexuales en patrones de activación electroencefalográfica .....	46
5. ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL EN TAREAS ANTISÁCADA .....	48
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	52
7. MÉTODO.....	55
8. RESULTADOS.....	59
8.1 Resultados Conductuales .....	60
8.2 Resultados Electrofisiológicos.....	61
8.3 Resumen de resultados .....	73
9. DISCUSIÓN .....	74
10. CONCLUSIÓN .....	82
11. BIBLIOGRAFÍA .....	84
12. ANEXOS .....	94

## Resumen

A través de múltiples estudios se ha demostrado que existen diferencias sexuales en el procesamiento cognitivo y emocional. Se ha observado que hombres y mujeres emplean estrategias distintas de procesamiento para llegar a la misma meta. En la vida cotidiana estamos expuestos a estímulos con valencia emocional que tienen la capacidad de atraer nuestra atención con gran facilidad dada su relevancia biológica, de tal manera que pueden influir en la toma de decisiones y la regulación de la conducta, estas influencias emocionales emergen de un circuito emocional *bottom-up*. En función de regular la conducta de manera adaptativa es necesario ejercer un control voluntario y flexible a través de un circuito cognitivo *top-down*, el cual puede ser evaluado a través de la tarea antisácada, la cual implica la supresión voluntaria de sácadas reflejas orientadas hacia un estímulo en el campo visual periférico.

El objetivo del presente estudio fue evaluar diferencias sexuales en la inhibición de sácadas reflejas ante rostros con distinta valencia emocional en función de evidenciar un efecto en la actividad cerebral reflejado en la amplitud del componente presacádico (CPS) de los PREs.

En el presente estudio participaron 30 adultos (15 hombres y 15 mujeres), los cuales respondieron una tarea antisácada ante expresiones faciales neutras y de enojo, mientras se registró su actividad eléctrica cerebral. Se analizó la señal previa al movimiento sácadico en función de obtener el CPS en los ensayos prosácada y antisácada en las regiones frontales AF3, AF4, F3 y F4.

No se observaron diferencias sexuales significativas en el número de respuestas correctas en los ensayos prosácada y antisácada, ni en función de las distintas expresiones faciales, sin embargo, en las mujeres existe una tendencia a tener mayores errores de inhibición cuando se presenta la cara de enojo ante la condición de no-sácada. La interacción entre sexo X condición X región mostró que las mujeres tuvieron una mayor amplitud del CPS en los ensayos prosácada y antisácada ante expresiones de enojo. Además, únicamente las mujeres

mostraron mayor amplitud de este componente ante las caras de enojo que las neutras.

Los resultados sugieren que existen diferencias sexuales en los mecanismos de control cognitivo “*top-down*” sobre las influencias emocionales *bottom-up*. Es posible que en las mujeres las expresiones faciales emocionales, particularmente la de enojo, tengan un mayor impacto, como se ha referido también en otros trabajos, sin embargo logran efectuar un control inhibitorio voluntario tan eficiente como el de los hombres.

Palabras clave: diferencias sexuales, inhibición sacádica, rostros emocionales, componente presácada (CPS).

### **Abstract**

Multiple data have demonstrated sex differences in the cognitive and emotional processing. It has been shown that men and women use different processing strategies in order to achieve the same goal. In daily life we are exposed to stimuli with emotional valence that have the capacity of attract our attention easily because of their biological relevance, in this way they can influence in decision making and behavior regulation, these emotional influences emerge from and *bottom-up* emotional network. In order to regulate our behavior in an adaptive way it is necessary to exert a voluntary and flexible control trough a *top-down* cognitive network, which can be assessed by the antisaccade task that consists in the voluntary suppression of reflex saccades oriented to and stimulus in the peripheral visual field.

The objective of the present study was to assess sex differences in the inhibition of reflex saccades to faces with distinct emotional valence in order to show an effect in the activity of the brain reflected in the amplitude of the presaccadic component (CPS) of the ERPs.

In this study participated 30 adults (15 men and 15 women), that responded an antisaccade task to faces with neutral expression and anger expression, while the EEG were recorded. The brain signal was analyzed previous to the saccadic

movement in order to obtain the CPS in the prosaccade and antisaccade trials in frontal regions AF3, AF4, F3 y F4.

We did not observe sex differences in the number of correct responses in prosaccade and antisaccade trials, neither in the distinct facial expressions, nevertheless, women showed a tendency in which they had more inhibition errors to angry faces in the no saccade trials. The interaction between sex x condition x region suggests that women had higher amplitude of the CPS en prosaccade and antisaccade trials to angry faces. In addition, only women showed higher amplitude of the CPS to angry faces than neutral faces.

Our results suggest that sex differences exist in the mechanisms of *top-down* cognitive control above influences of the *bottom-up* emotional network. It is possible that in women, particularly angry faces have a larger impact as it has been referred in several date, nevertheless they achieve an efficient voluntary inhibitory control as men do.

Key words: sex differences, saccade inhibition, emotional faces, presaccade component (CPS).

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las diferencias sexuales en el área de neurociencias ha resultado un tema controvertido a lo largo de los años. De manera consistente, una gran gama de estudios coinciden en que las mujeres tienen un mejor desempeño en tareas que involucran habilidades verbales mientras que los hombres destacan en tareas visoespaciales. La mayoría de los estudios que evalúan diferencias sexuales en el procesamiento emocional, destacan que las mujeres tienen una mayor reactividad ante estímulos emocionales, sin embargo no es tan sencillo determinar si esto implica facilitación o interferencia en el procesamiento cognitivo, ya que eso depende del tipo de paradigma de evaluación empleado.

Las diferencias sexuales son menos claras particularmente en el funcionamiento ejecutivo y por lo tanto, se observa gran variabilidad en los reportes sexuales correspondientes a los resultados conductuales y los patrones de activación cerebral dependientes del sexo. Sin embargo, la mayoría de los estudios concuerdan en que mujeres y hombres utilizan estrategias de procesamiento distintas a las que subyacen circuitos cerebrales distintos en alguna medida, para llegar a una misma meta con un desempeño eficiente para ambos sexos.

El control inhibitorio es un componente de las funciones ejecutivas y resulta indispensable en el procesamiento cognitivo y por ende, en la conducta. En función de planear actividades, focalizar nuestra atención o efectuar una respuesta adaptativa en un contexto particular es necesario ignorar información irrelevante en ese momento o distractores del medio exterior.

La inhibición de la sácada refleja es una manera de evaluar el control inhibitorio de tal manera que, se reduce el involucramiento de otros procesos cognitivos más complejos. Además, la tarea antisácada permite estudiar la interacción cognición-emoción mediante el empleo de estímulos con una valencia emocional y de gran relevancia biológica como son los rostros con expresiones emocionales. Los rostros emocionales atraen la atención de manera automática y resulta más complejo realizar la antisácada, por lo tanto, este paradigma resulta



adecuado para evaluar el desempeño en mujeres y hombres en el control inhibitorio, la influencia de la valencia emocional en la ejecución conductual y en los patrones de activación cerebral evaluado a través de indicadores de la actividad eléctrica cerebral.

Estudios de registros unitarios en monos han identificado diferencias en la frecuencia de disparo de neuronas en los campos oculares suplementarios en ensayos prosacádicos y antisacádicos. Tal hallazgo sugiere que esta región está involucrada en la programación del movimiento ocular y por ende, en su inhibición y reprogramación, por lo tanto, nos resulta de interés evaluar el componente presacádico (CPS) a través de los potenciales relacionados a eventos (PREs).

Los PREs permiten obtener componentes de la actividad eléctrica cerebral con una alta resolución temporal. Dichos componentes pueden estar asociados a eventos particulares en cada tarea y por lo tanto, a procesamientos cognitivos per se.

El primer capítulo de este trabajo está dedicado a la descripción del control inhibitorio, los distintos paradigmas a través de los cuales puede ser evaluado con su respectivo correlato neural. Se describe particularmente, la relevancia que existe en la evaluación del proceso inhibitorio a través de los movimientos sacádicos y finalmente, se aborda la interacción inhibición-emoción.

En el siguiente capítulo se describe el procesamiento de rostros con expresiones emocionales, las estructuras cerebrales involucradas y por supuesto, el procesamiento de rostros en tareas antisacádicas.

El tercer capítulo corresponde a las diferencias sexuales en donde se describe una serie de estudios que evalúan las funciones ejecutivas, el procesamiento emocional y la interacción cognición-emoción. Acorde al presente estudio, se abordan los antecedentes existentes acerca de patrones de activación electroencefalográfica en mujeres y hombres.

El último capítulo correspondiente a los antecedentes teóricos está dedicado al EEG en el procesamiento cognitivo. Se abordan distintos estudios que han evaluado la inhibición de la sácada refleja a través del EEG y particularmente, el estudio pionero de la evaluación del CPS.

Con base a lo anterior, se describe el planteamiento del problema, las preguntas, las hipótesis y los objetivos de investigación.

En el siguiente apartado se describe la metodología que va a emplearse, la descripción de la tarea, las características del registro de EEG, así como el diseño de análisis estadístico para las medidas conductuales y electrofisiológicas.

## **2. CONTROL INHIBITORIO**

El control inhibitorio es concebido como pieza angular en el funcionamiento ejecutivo y se define como el proceso encargado del control intencional-voluntario, es decir, de la supresión de respuestas inmediatas que requieren de interferencia motora o inhibición conductual (Nigg, 2000).

En Neurociencia el concepto de inhibición puede ser aplicado en múltiples niveles de especialización, desde mecanismos que gobiernan la salida de respuestas conductuales, la interacción de circuitos neurales entre distintas regiones cerebrales, el disparo de células individuales o a un nivel más fino se habla de las neuronas que liberan ácido gamma amino butírico (GABA) a través de su hendidura sináptica y esto puede inducir inhibición en la neurona de destino en forma de un potencial postsináptico inhibitorio (Aron, 2007).

En el presente capítulo se describirá al proceso inhibitorio como es entendido en el área de neurociencias cognitivas, donde se reconoce su importancia en orden de inhibir información distractora para focalizar la atención, inhibir señales irrelevantes en función de recuperar memorias particulares y finalmente, inhibir respuestas habituales para una toma de decisiones adaptativa (Dillon & Pizagalli, 2007).

A pesar de que existen varios modelos en los que se discuten las distintas regiones cerebrales que participan en el control inhibitorio, todos destacan que éste se lleva a cabo por mecanismos “*top-down*” mediados por la corteza prefrontal (Barkley, 1997; Leon-Carrion, García-Orza & Perez-Santamarina, 2004; Nigg, 2000; Fuster, 2001; Friedman & Miyake, 2004; Aron, 2007; Dillon & Pizagalli, 2007; Miyake et al., 2010; Munakata et al., 2011; Bari & Robbins, 2013). Sin embargo, el control inhibitorio no es un proceso unitario (Munakata et al., 2011), es

decir, dependiendo el tipo de inhibición que se realice, se dará un procesamiento distinto por vías neurales preferentes para dicho proceso, destacando la activación de distintas regiones en la corteza prefrontal como son: la dorsolateral (CPF DL), ventrolateral (CPF VL), orbital (CPF O) y la ventromedial (CPF VM) (Dillon & Pizagalli, 2007). En términos generales, el papel de la corteza prefrontal es mantener y representar activamente la información abstracta relevante para el control cognitivo de la conducta que eventualmente, es interpretado como la inhibición de una respuesta (Munakata et al., 2011).

Nigg (2000) propone una taxonomía del control inhibitorio en neurociencia cognitiva, en la cual inicialmente señala que la inhibición puede ser motora o cognitiva y la subdivide en cuatro procesos: a) control de interferencia: prevención de interferencia debido a competición de estímulos; b) inhibición cognitiva: supresión de la ideación impertinente para proteger la memoria de trabajo y la atención; c) inhibición conductual: supresión de respuestas preferentes (automáticas/preparadas) y la supresión de la respuesta indicada pero socialmente inadecuada e; d) inhibición oculomotora: esfuerzo de supresión de sácdas reflejas.

Por otra parte, Nigg (2000) propone un modelo de orientación de la atención el cual implica la inhibición del proceso atencional automático y lo explica de la siguiente manera: a) Inhibición automática de estímulos que han sido previamente inspeccionados, este proceso combina supresión de la atención como de la sácada oculomotora. b) Inhibición automática de información de lugares sin vigilancia, es decir, la supresión mientras se atiende a otra parte.

Adicionalmente a la taxonomía de Nigg, Friedman y Miyake (2004) proponen tres procesos generales involucrados en las funciones relacionadas a la inhibición: *inhibición de la respuesta preferente*, *resistencia a la interferencia de distractores* y *resistencia a la interferencia proactiva*. La inhibición de la respuesta preferente se describe como la habilidad de suprimir deliberadamente respuestas dominantes, automáticas o preferentes. La resistencia a la interferencia de distractores la describen como la habilidad de resistir o resolver la interferencia de información proveniente del ambiente externo que es irrelevante para la tarea en

curso. Por su parte, la resistencia a la interferencia proactiva es descrita como la habilidad de resistir intrusiones de la memoria acerca de información que fue previamente relevante para la meta pero que actualmente se ha convertido en irrelevante.

## **2.1 Paradigmas del control inhibitorio y su correlato neurofisiológico**

El proceso de mayor interés para el presente trabajo es la inhibición de la respuesta preferente, la cuál puede ser evaluada a través de las siguientes tareas: la tarea stop-signal, la tarea Go/No-Go, la prueba de Stroop y la tarea antisácada (Nigg, 2000; Friedman & Miyake, 2004).

### **Tarea stop-signal y su correlato neurofisiológico**

El paradigma stop-signal ha sido probado como una buena herramienta para evaluar el control inhibitorio en Neurociencias Cognitivas. En este paradigma la persona responde ante estímulos de tipo “Go” como podría ser la simple instrucción de reportar la identidad del estímulo. Ocasionalmente, el estímulo “Go” va seguido de una señal de parada (ensayos “Stop”) la cual instruye a los participantes a retener su respuesta. La detención de respuestas ya iniciadas requiere un rápido mecanismo de control que previene la continuación de la respuesta motora. Este proceso interactúa con mecanismos de control más lentos que monitorean y ajustan el desempeño (Verbruggen & Logan, 2008).

En este paradigma se ha observado un correlato neurofisiológico tanto para los ensayos “Go” como los ensayos “Stop”. La inhibición de respuesta opera a través del núcleo de la estría terminal (NET) que detiene la respuesta “Go”. El ensayo “Go” activa regiones motoras contralaterales a la mano con la que se respondió, incluyendo la corteza motora primaria (CMP), el área motora suplementaria (AMS), tálamo, globo pálido (GP) y putamen, lo cual corresponde a la vía fronto-estriatal. Por otra parte, los ensayos “stop” activan en mayor proporción regiones ipsilaterales, como es la corteza frontal inferior (CFI), área

premotora suplementaria (preMS), GP y núcleos subtalámicos NST (Aron & Poldrack, 2006; Verbruggen & Logan, 2008).

### **Tarea Go/No-Go y su correlato neurofisiológico**

Este paradigma involucra únicamente dos tipos de ensayo: ensayos “Go” y ensayos “No-Go”. Los participantes tienen la instrucción de responder rápidamente, generalmente presionando un botón solamente ante los estímulos de tipo “Go” y la inhibición es medida a través del éxito al contener la respuesta ante estímulos de tipo “No-Go”. Usualmente, la tarea contiene una mayor proporción de ensayos “Go” con la intención de crear una tendencia preponderante a responder de tal manera que se incremente el esfuerzo necesario para inhibir ante los ensayos “No-Go” (Simmonds, Pekar & Mostofsky, 2009).

Simmonds, Pekar y Mostofsky (2009) realizaron un meta-análisis acerca del paradigma Go/No-Go en el cual revisaron estudios realizados con iRMF y EEG con la finalidad de dilucidar las estructuras más importantes así como su función en el proceso de inhibición de respuesta.

El área preMS ha sido implicada tanto en procesos de selección de la respuesta como en la inhibición de la misma, se cree que su papel es realizar el cambio de una respuesta automática a una respuesta controlada, esto se lleva a cabo mediante la supresión de la respuesta habitual de tal manera que se impulsa la selección de la respuesta controlada.

El giro fusiforme izquierdo es una región de asociación de información visual que tiene conexiones recíprocas con áreas prefrontales y parietales posteriores. Se piensa que su papel es la clasificación del estímulo y brindar una retro-alimentación moduladora de esta información a regiones de alto orden en función de reconocer las características de los ensayos “No-Go” que permitirán inhibir la respuesta.

Finalmente, se destaca el circuito establecido entre el GFI en su porción medial y la corteza parietal inferior (CPI). Dicho circuito es crítico para ejercer el control ejecutivo necesario para guiar metas e impulsar la atención hacia los

estímulos relevantes, así como mantener las representaciones de las asociaciones de estímulo-respuesta usadas para guiar la selección de la respuesta. Por su parte, la CPFDL derecha recurrentemente, alcanza un alto grado de activación durante los ensayos “No-Go” lo cual la postula como la región más importante en el impulso del comando inhibitorio (para una revisión más detallada ver Simmonds, Pekar & Mostofsky, 2009).

## **Prueba de Stroop**

La prueba de Stroop ha sido ampliamente utilizada en el área de psicología, neuropsicología y neurociencias cognitivas, tradicionalmente ha sido relacionada con el control atencional de interferencia, sin embargo algunos autores resaltan su importancia en el proceso de supresión de interferencia o inhibición de la respuesta preponderante (Nigg, 2000; Friedman & Miyake, 2004).

La tarea de Stroop original (1935) incluía cuatro columnas de palabras las cuales se observan en la Figura 1, para la columna 1 y 2 la tarea es leer en voz alta la lista de palabras tan rápido como se pueda, ignorando el color de la tinta. Se contabiliza el tiempo a partir de que se dice la primera palabra y se detiene cuando se pronuncia la última. Para las columnas 3 y 4 la instrucción cambia; el participante tiene que decir el color de la tinta de las palabras tan rápido como pueda, ignorando las letras o la palabra escrita.

1	2	3	4
rojo	azul	xxx	verde
verde	verde	mmmmm	azul
amarillo	rojo	hhhh	amarillo
rojo	azul	ssss	verde
azul	amarillo	hhhh	rojo
verde	azul	xxx	azul
azul	verde	ssss	amarillo
rojo	rojo	xxx	rojo
amarillo	<u>amarillo</u>	mmmmm	verde
azul	verde	sss	rojo
amarillo	amarillo	mmmmm	azul
verde	rojo	hhhh	amarillo

Figura 1. Test original de Stroop (Tomado y modificado de MacLeod & MacDonald, 2000).

Stroop observó tres resultados principales: 1) leer las palabras es más rápido que nombrar los colores; 2) hubo una pequeña diferencia en la lectura de las palabras en las columnas 1 y 2, el desajuste del color de la tinta con la palabra no produce interferencia cuando la consigna es leer la palabra,; 3) en las columnas 3 y 4 cambiar de no-palabras a palabras al nombrar el color de la tinta mostró una gran diferencia, de tal manera que el nombrar el color de la tinta en palabras que contienen un color incompatible tuvo una dramática interferencia. Parece ser que la gran automaticidad que existe para leer palabras lleva a que se lean aun cuando se supone que no debemos hacerlo y así se producen respuestas conflictivas en cada estímulo lo cual generalmente, resulta en un mayor número de errores y tiempos de reacción más prolongados (MacLeod & MacDonald, 2000).

MacLeod & MacDonald (2000) realizaron un estudio en el que recopilaron una serie de trabajos con el test de Stroop en los que se utilizó PET y iRMF a fin

de encontrar las estructuras cerebrales que participan en la condición incongruente. En la mayoría de los estudios al comparar la condición incongruente con las condiciones control se genera una activación máxima en la corteza cíngulada anterior (CCA). Otras estructuras que mostraron activación consistente en la condición incongruente fue la corteza frontal polar, el giro temporal inferior y el lóbulo parietal inferior y superior (ver MacLeod & MacDonald, 2000).

La mayoría de los investigadores concuerdan en que la CCA está probablemente involucrada en el control atencional en condiciones relevantes para la tarea, o la selección de la respuesta en presencia de información conflictiva o competencia de recursos de información, como en la condición incongruente, de tal manera que, permite inhibir la información que provoca la interferencia para efectuar el plan motor según sea el caso. En conclusión, la CCA es responsable de discriminar entre distintas fuentes de información, dirigiendo la atención a la fuente más apropiada a pesar del conflicto de información o las tendencias de respuesta (MacLeod & MacDonald, 2000).

### **Tarea antisácada y correlato neurofisiológico**

En esta tarea el sujeto mira un punto central en la pantalla, posteriormente un estímulo visual aparece en la periferia a la izquierda o derecha del centro de la pantalla situado en el mismo ángulo. El sujeto tiene la instrucción de inhibir la sácada refleja (prosácada) y en su lugar dirigir la mirada al vector opuesto (antisácada) (Everling & Fischer, 1997; Munoz & Everling, 2004).

Los parámetros que pueden ser medidos en esta tarea son: latencia, duración, velocidad, tamaño, precisión y tiempo de corrección en caso de que el movimiento se haya excedido o se haya quedado corto en función de la posición final requerida de los ojos (Everling & Fischer, 1997). Finalmente y más específico de la tarea antisácada, se contabiliza el porcentaje de error de las prosácadas erradas y su tiempo de corrección correspondiente (Everling & Fischer, 1997).

Una amplia serie de estudios en distintos campos de especialización han permitido dilucidar las probables vías involucradas en el control de los



movimientos sacádicos. La fijación de la mirada y el control voluntario de los ojos implica regiones cerebrales como el campo ocular frontal (COF), el campo ocular frontal suplementario (COFs), la corteza parietal inferior (CPI), los colículos superiores (CS), los ganglios basales, el tálamo, el mesencéfalo ligado a la formación reticular en su porción paramedianapontina y el cerebelo (Munoz & Everling, 2004).

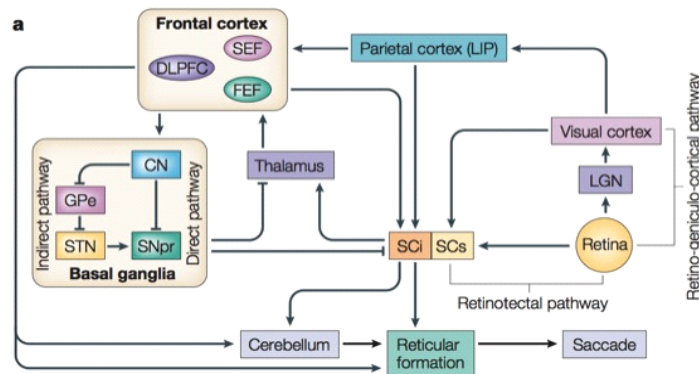


Figura 2.-La información visual entra por la vía retina-genículo-cortical y se proyecta a la corteza visual primaria y por la vía retino-tectal se proyecta a las capas superficiales de los colículos superiores. La información visual es procesada por varias estructuras extra estriatales antes de influir en regiones motoras que impactan en la acción. La LIP está en la interface entre los procesos sensoriales y motores. La LIP proyecta a las láminas intermedias de los SC y a las regiones frontales oculomotoras incluyendo FEF, SEF y DLPFC. Todas estas regiones proyectan a los colículos superiores los cuales son un nodo vital en el circuito premotor donde señales corticales y subcorticales convergen y son integradas. FEF, SEF y SC proyectan directamente a la formación reticular paramedianapontina para proporcionar el impulso necesario al circuito sacádico premotor para que la sácada se inicie o se suprima. FEF y SEF también proyectan al núcleo caudado. Neuronas GABA en el CN proyectan a través de la vía directa a la SNpr. Neuronas en SNpr forman la señal de salida principal en el circuito de los ganglios basales: ellos contienen GABA y proyectan a las capas intermedias de los SC y a núcleos en el tálamo que proyectan a CPF. Señales provenientes de la corteza en la vía directa llevan a la desinhibición de los SC y tálamo porque estas señales pasan por dos sinapsis inhibitorias. También existe una vía indirecta a través de los ganglios basales, en el cual un grupo separado de neuronas gabaérgicas en el CN proyecta al segmento externo del GPe. Neuronas en el GPe proyectan al NST. Neuronas en NST envían proyecciones excitatorias a la SNpr quien a su vez proyecta a SC y tálamo. Señales corticales en la vía indirecta llevan a la desinhibición de los SC y el tálamo porque estas señales pasan a través de tres sinapsis inhibitorias. LIP, corteza parietal inferior lateral; SC, colículos superiores; FEF, campos oculares frontales; SEF, campos oculares frontales suplementarios; DLPFC, corteza prefrontal dorsolateral; CN, núcleo caudado; SNpr, sustancia nigra pars reticularis; GABA, ácido gamma amino butírico; GPe, globo pálido externo; NST, núcleos subtalámicos (Tomado y modificado de Munoz & Everling, 2004).

Existe una serie de paradigmas con los cuales puede ser evaluado el control inhibitorio, si bien existen diferencias entre ellos, en términos generales podemos determinar que la principal estructura involucrada en este procesamiento

es la corteza prefrontal, la cual tiene estrechas conexiones con redes atencionales en los lóbulos parietales, estructuras de monitoreo del conflicto como la corteza cíngulada anterior y la corteza premotora suplementaria y estructuras subcorticales como los ganglios basales y los colículos superiores encargados de llevar a cabo el programa motor o en su defecto suprimirlo.

Todos los paradigmas mencionados han demostrado ser útiles en la evaluación de la inhibición, sin embargo, la tarea antisácada al involucrar la supresión de un proceso tan automático como es la sácada refleja permite evaluar el procesamiento inhibitorio de manera que se reduce la interferencia de otros procesos cognitivos que implican paradigmas más complejos. Así entonces, en el presente estudio se utilizará una tarea antisácada mientras se registra la actividad eléctrica cerebral.

## **2.2 Movimientos sacádicos e inhibición**

El estudio de los movimientos sacádicos ha sido una herramienta útil en el área de neurociencias cognitivas dado que la vía sensorial visual ha sido una de las mayormente estudiadas y de igual manera, lo es la vía del control y planeación de los movimientos oculares.

Los movimientos largos de los ojos son conocidos como sácadas, éstas dirigen a la fovea de un objeto a otro, y a su vez son las responsables de la alta resolución en la escena visual dada la gran densidad de fotorreceptores contenidos en la fovea. El sistema visual además del reconocimiento perceptual, debe mantener una meta activa para el cerebro en sentido de asignar un significado a fin de desarrollar estrategias para interactuar con el medio externo, es decir, es necesario seleccionar objetos e inhibir otros irrelevantes para la situación en curso (Kandel, Schwartz y Jesell, 2012).

Desde el siglo XIX, William James, mejor conocido como el padre de la psicología funcional, describió el proceso atencional de la siguiente manera: "Tomar posesión por la mente de manera clara y vívida de uno de los que parecen muchos objetos de manera simultánea o trenes de pensamiento. Implica ignorar ciertas cosas en función de atender otras de manera efectiva". James clasificó la

atención en pasiva (refleja) y activa (voluntaria), actualmente la atención pasiva la conocemos como exógena (involuntaria) y que implica un procesamiento de tipo *bottom-up*. Por otra parte, la atención activa la conocemos como endógena (voluntaria) y que implica un procesamiento de tipo *top-down* (Kandel, Schwartz y Jesell, 2012).

Buschman y Miller (2007) en un estudio de movimientos sacádicos realizado en monos a los que se les implantaron electrodos en la corteza prefrontal lateral (CPFL), los campos oculares frontales (COF) y la región intraparietal lateral (IPL) a fin de caracterizar las regiones y el tipo de circuito (*bottom-up* y *top-down*) neural implicado. Demostraron que efectivamente estímulos que aparecen repentinamente en la periferia atraen la atención de manera automática y reclutan un circuito neural de tipo *bottom-up* justo antes del movimiento sacádico: IPL, CPFL y COF respectivamente. Por otra parte, cuando el mono a través de un entrenamiento es instruido a ejercer un control sobre la dirección del movimiento sacádico (búsqueda), se recluta un circuito *top-down* y es necesario un mayor tiempo de procesamiento; se reclutan las mismas áreas pero en orden inverso justo antes del movimiento sacádico, activándose primero la CPFL y COF seguidas del IPL. Estos hallazgos demuestran que la atracción de la atención automática evocada por un estímulo saliente no recluta regiones de control prioritariamente como CPFL y COF y al contrario, inicia con regiones en IPL relacionadas con la ubicación del estímulo per se.

El sitio blanco de los movimientos sacádicos constantemente se relaciona con la orientación o focalización de la atención, sin embargo para que esta orientación atencional pueda llevarse a cabo es necesario ejercer un control cognitivo, es decir, ignorar o inhibir información irrelevante del ambiente. En otras palabras, es posible evaluar el control inhibitorio a través de la inhibición de la sácada refleja.

Cuando aparece un estímulo repentino en la periferia éste atrae la atención de manera automática y por ende, la mirada es dirigida hacia él, sin embargo, contrario a lo que pueda interpretarse, la inhibición de la sácada refleja es un mecanismo de flexibilidad en el control cognitivo que empleamos todos los días.

Munoz y Everling (2004) lo ejemplifican de la siguiente manera: "Mientras se camina entre una multitud, uno puede notar a una persona muy atractiva a la distancia, en la mayoría de los casos admirar la belleza de esa persona sería apropiado, excepto cuando vas acompañado de tu pareja, en lugar de eso sería sabio evitar mirar y además, desviar la mirada al sitio opuesto".

Ésta es una habilidad de modificar la conducta flexiblemente, responder automáticamente a un estímulo y suprimir esa respuesta automática de manera voluntaria en función de efectuar una respuesta alternativa en una situación distinta, es el fin del control ejecutivo y el movimiento sacádico es una herramienta excelente para evaluar esto en el laboratorio (Munoz y Everling, 2004).

Si bien en el presente trabajo, la inhibición de la sácada refleja, es uno de los parámetros a evaluar, también nos resulta de gran interés conocer la actividad cerebral relacionada a la programación de la sácada (ensayo prosácada) y de la inhibición sácadica (ensayo antisácada), ya que son dos procesamientos distintos que básicamente son generados por las mismas regiones frontales COF y COS. El grupo de investigación Schlag-Rey, Amador, Sánchez y Schlag (1997) han estudiado la actividad de neuronas ubicadas en COF y COS en tareas antisácada. Sus resultados en COS demuestran que está región tiene células que se activan antes de la sácada voluntaria en la oscuridad, neuronas que se activan cuando se instruye al mono a inhibir una sácada y neuronas que modifican su patrón de disparo ante condicionamiento oculomotor, además registraron una frecuencia de disparo mayor en la actividad presacádica en los ensayos antisácada versus los prosácada. Estos resultados pueden situar a COS como la estructura principal en el rol de la programación sacádica y más importante en la inhibición de dicho movimiento automático.

### **2.3 Inhibición y emoción**

El estudio de las emociones en neurociencias cognitivas ha sido abordado de distintas maneras, como es el procesamiento de rostros o escenas emocionales de manera pasiva con el propósito de observar variaciones en los

patrones de activación cerebral. Aún más interesantes resultan los estudios que tienen como objetivo observar cómo es que las emociones interactúan con los procesos cognitivos, en otras palabras, aquellos estudios que se preguntan de qué manera las emociones ayudan a mejorar el desempeño o al contrario interfieren en el procesamiento y por ende, empeoran el resultado de la tarea ejecutada. Este interés en la interacción del procesamiento emocional y cognitivo surge desde épocas de René Descartes, quien proclamó que las emociones interferían con la razón, por lo tanto a fin de ejercer un razonamiento óptimo era necesario desprenderse del componente emocional.

La postura dual de Descartes en la actualidad se ha descartado. Como seres sociales nuestra conducta es permeada por un componente emocional, permanentemente el cerebro ha desarrollado mecanismos funcionales que permiten de manera muy precisa identificar emociones en otros, así como en uno mismo, en función de emitir respuestas adaptativas, ya que las emociones sin necesidad de un lenguaje explícito pueden comunicar información muy valiosa.

Las emociones interactúan con varios procesos cognitivos, por ejemplo la atracción de la atención de manera automática (González-Garrido, Gómez-Velázquez y Ramos-Loyo, 2013; Brown et al., 2012; Albert et al., 2010), así como con el proceso inhibitorio per se que se ha relacionado con el proceso de regulación emocional. La regulación emocional consiste en procesos extrínsecos e intrínsecos responsables de monitorear, evaluar y modificar reacciones emocionales, especialmente sus características de intensidad y duración para completar una meta. Estos procesos pueden ser controlados automáticamente, voluntaria o involuntariamente y pueden tener sus efectos en uno o más sitios en el proceso de generación de la emoción (Gross & Thompson, 2007).

La regulación emocional es entonces un proceso cerebral complejo que está relacionado con la generación de la emoción per se y la modificación de esquemas cognitivos, patrones conductuales y mecanismos fisiológicos en función de un contexto particular como vía adaptativa (Gross, 2011), de manera que la flexibilidad en este proceso depende en gran medida de la capacidad del sistema para inhibir respuestas inadecuadas o información interferente.

Pessoa (2009) propuso un modelo de competencia dual en el que describe las interacciones emocionales y cognitivas; describe como las emociones impactan en el procesamiento perceptual y ejecutivo, además destaca que estímulos de mediana intensidad emocional facilitan la representación perceptual y mejoran el desempeño conductual cuando la tarea es relevante, sin embargo cuando el estímulo produce alta excitación, generalmente se disminuye el desempeño conductual en la tarea. En términos neurales, esto implica que el componente emocional consume una gran cantidad de recursos compartidos con la cognición y por ende termina afectando a la última.

Albert (2009) evaluó la influencia de rostros con expresiones emocionales en el desempeño de una tarea inhibitoria (Go/No-Go) y a su vez obtuvo un correlato neural a través de la técnica electrofisiológica de PREs. Los participantes fueron instruidos para inhibir sus respuestas ante una clave neutral específica (letras) dentro de rostros con emociones de alegría y enojo. En los resultados se observa claramente que el contenido emocional impacta en el control inhibitorio y el grado de influencia es distinto en función de la valencia emocional del estímulo, ya que los participantes tuvieron un mayor número de errores de inhibición de respuesta durante la tarea con rostros de alegría, además en ésta misma condición la amplitud y latencia del componente P3 fue mayor, lo cual sugiere que los participantes reclutaron una mayor cantidad de recursos neurales para llevar a cabo el proceso inhibitorio.

Ramos-Loyo, González-Garrido, García-Aguilar y Del Rio-Portilla (2013) evaluaron el proceso inhibitorio mediante un paradigma Go/No-Go mientras se registraron los PREs, estímulos de rostros emocionales (alegría y enojo), rostros neutros y estímulos de objetos como control. De manera congruente con otros estudios, los participantes tuvieron un mayor número de errores de inhibición en las tareas de rostros con expresiones faciales emocionales versus los rostros neutros y los objetos, además la amplitud del P3 fue mayor ante los rostros emocionales, lo cual indica que se necesitó una mayor cantidad de recursos neurales para el procesamiento y aparentemente, esto interfirió con el proceso inhibitorio.

Otros estudios del control inhibitorio ante estímulos emocionales realizados con iRMF han intentado caracterizar las estructuras cerebrales que se activan preferentemente en el procesamiento inhibitorio ante estímulos emocionales. Para el control inhibitorio per se destacan regiones de la corteza prefrontal como CPFDL y CPFI, también el estriado y la corteza parietal posterior (CPP). Hare et al. (2005, 2008<sup>a</sup> y 2008<sup>b</sup>) y Shafritz, Collins y Blumberg (2006) evaluaron el proceso inhibitorio ante estímulos emocionales y sugieren estructuras mediadoras de la interacción cognición-emoción: CPFOF, CCA, corteza paralímbica y estructuras subcorticales como la amígdala y la ínsula. Es importante destacar que en el estudio de Shafritz, Collins y Blumberg (2006) la activación de CCA es modulada en función de la valencia emocional del estímulo, esto sugiere que CCA tienen un papel importante en la interacción cognición-emoción.

Finalmente, se ha observado cómo contextos emocionales no relevantes para la tarea influyen en el proceso inhibitorio. Llamas-Alonso, Ramos-Loyo, Hernández-Villalobos y González-Garrido (en proceso) evaluaron la influencia de contextos emocionales (sin contexto, neutro, placentero y displacentero) ante la inhibición de respuesta mediante un paradigma Go/No-Go con la técnica de PREs. Los participantes tuvieron tiempos de reacción más largos en las condiciones emocionales, un mayor número de errores de inhibición ante el contexto displacentero y una mayor amplitud del componente N2 ante los contextos placentero y displacentero. Los contextos emocionales atraen la atención de manera automática y hacen más difícil inhibir la respuesta preponderante que se relacionan con mayores amplitudes, lo cual sugiere que se utilizaron mayores recursos atencionales e inhibitorios en función de tener un buen desempeño.

### **3. PROCESAMIENTO DE ROSTROS CON EXPRESIONES EMOCIONALES**

La capacidad de reconocer un rostro ha sido un proceso básico en la supervivencia de la especie, ya que un rostro provee información muy valiosa como puede ser el género, la edad, la raza, el atractivo físico, el estado de ánimo, las intenciones e incluso la detección de una amenaza potencial, de esta manera podemos adaptar nuestra conducta en función de contextos particulares.

El reconocimiento de rostros tiene una relación estrecha con el procesamiento de expresiones faciales emocionales, ya que es una habilidad esencial que nos permite emitir respuestas afectivas socialmente adecuadas y está directamente involucrado en procesos de auto control como son la regulación conductual y regulación emocional.

Dada la gran relevancia que tiene el reconocimiento de rostros y de expresiones faciales emocionales, es sumamente pertinente describir el proceso de reconocimiento así como los mecanismos cerebrales particulares involucrados en este procesamiento.

### **3.1. Fases de información visual para el procesamiento de un rostro**

El sistema de percepción de rostros debe representar por una parte los aspectos invariantes de un rostro que nos permiten identificar la identidad, así como los aspectos variantes que facilitan la comunicación social. La representación de la identidad debe ser relativamente independiente de la representación de los aspectos cambiantes del rostro, de no ser así, un cambio de expresión o un movimiento de la boca relacionado al discurso podría ser mal interpretado por el cerebro como un cambio en la identidad de la persona (Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000).

Bruce Young en un estudio clásico (1986) propusieron un modelo funcional del reconocimiento de rostros. En dicho modelo se destaca la importancia del procesamiento independiente de características estáticas y cambiantes, así también se proponen una serie de fases de procesamiento de la información visual relacionadas a un rostro que posteriormente, serán transformadas en representaciones neurales:

1. Información detallada de la imagen estática de un rostro.
- 2.- Estructura del rostro sin importar el contexto de una imagen, expresión facial y frecuencia espacial.
- 3.- El código del discurso facial relacionado a los movimientos de labios y lengua durante el habla.
- 4.- Información acerca de la expresión facial.



Bruce y Young (1986) describen que inicialmente, los sistemas sensoriales visuales perciben al rostro en un sistema de codificación estructural. Dicho sistema bifurca la información hacia la vía de identidad y la vía de aspectos cambiantes relacionados a la expresión facial, después del análisis particular en el que están especializadas, ambas vías convergen en un llamado sistema cognitivo que hará la integración final que permite tener una representación completa de toda la información que provee un rostro. En la vía de identidad inicialmente, se hace un reconocimiento de las unidades que conforman una cara, se presenta un enlace directo con sistemas cognitivos como almacenes de memoria que permiten identificar a la persona y finalmente, generar el nombre de la misma. La vía de los aspectos variantes se encarga de realizar un análisis de la expresión particular en cuestión, así como del discurso facial relacionado con el movimiento de la boca y la lengua que brindan información relacionada a campos semánticos específicos. Estos subsistemas se interrelacionan también con almacenes de memoria que dan lugar a una identificación de la expresión idónea.

El modelo de Bruce y Young (1986) ha sido ampliamente utilizado en el área de investigación de reconocimiento facial y también ha sido ampliado conceptualmente por otros grupos de investigación. Haxby, Hoffman y Gobbini (2002) describen que la vía de procesamiento de aspectos variantes de una cara involucra un código semántico derivado de la visión y su papel estaría relacionado con la distinción del sexo y el nivel estimado de inteligencia, por otra parte, destacan la existencia de un código semántico específico que ha sido vinculado con la identificación de características específicas que permiten inferir la ocupación del sujeto, el grupo de amigos, contexto sociocultural, etcétera.

Ya hemos descrito como es el proceso de codificación e integración de la información visual en el procesamiento de un rostro en el marco cognitivo, a continuación se describirán las estructuras cerebrales implicadas y su papel particular en dicha red especializada en el procesamiento de los rostros.

### **3.2 Reconocimiento de expresiones faciales emocionales**

Una gran variedad de estudios han demostrado que la mayoría de los sujetos tiene la capacidad de identificar las seis emociones básicas (alegría, tristeza, enojo, sorpresa, asco y miedo) incluidas en la interacción social de cada día (Carlson, Gantz y Masters, 1983; Field y Walden, 1982; Harrigan, 1984; McAlpine, Kendall y Singh, 1991; Reichenback y Masters, 1983 citado en Ellis et al., 1997).

Estímulos con valencia emocional tienen la capacidad de atraer la atención de manera automática y estos estímulos se procesan relativamente rápido en la corteza visual y a su vez, activan una serie de regiones cerebrales automáticamente, sin embargo no son inmunes al control atencional cuando la tarea en curso demanda atender a otro sitio (Pessoa, McKenna, Gutierrez & Ungerleider, 2002). Con base a lo anterior, se puede concluir que el procesamiento de rostros emocionales es de gran importancia para efectuar respuestas adaptativas en el medio, así entonces, se sugiere que el cerebro ha desarrollado mecanismos de procesamiento rápidos para focalizar la atención de manera automática dirigiendo la mirada hacia el estímulo que tiene una especial relevancia biológica y que en algunos casos podría significar una potencial amenaza; sin embargo, la intensidad de este procesamiento puede ser modulado (no inhibido) por mecanismos atencionales al momento de reorientar los recursos a otro sitio.

### **3.3 Estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento de rostros y de expresiones faciales emocionales**

Distintos trabajos que van desde registros unitarios en monos hasta registros electroencefalográficos y de IRMf en humanos ante diversos paradigmas cognitivos han permitido identificar una red cerebral específica del procesamiento de rostros, lo cual ha permitido crear modelos teóricos con una base fisiológica.

Desimone, Albright, Gross & Bruce (1984) realizaron el primer estudio sistemático en el que evaluaron la actividad de neuronas de la corteza temporal

inferior (CTI) en respuesta a estímulos simples (barras, ángulos) y estímulos altamente complejos (flores, serpientes, manos y rostros) en macacos. En sus resultados observaron que muchas de las neuronas de CTI respondieron de manera selectiva a dimensiones como la forma, el color o la textura de los estímulos y que esta selectividad se mantuvo a través de un campo receptivo amplio, a pesar de que se observó que la mayoría de las neuronas de CTI no son selectivas para objetos complejos, se encontró una población de células profunda en CTI que respondió selectivamente a rostros. Estos resultados demuestran la existencia de mecanismos altamente especializados en el análisis de rostros en CTI.

En el cerebro humano se han identificado regiones especializadas en el procesamiento de rostros, principalmente gracias a estudios de imagen funcional. Consistentemente, se ha observado la activación del giro fusiforme lateral (Clark et al., 1996; Halgren et al., 1999; Haxby et al., 1994, 1999; Hoffman & Haxby, 2000; Ishai et al., 1999; Kanwisher et al., 1997; McCarthy et al., 1997; Sergent et al., 1992 en Haxby, Hoffman & Gobinni, 2002) evocada por rostros, es mayor que la percepción de estímulos sin sentido, estímulos control o la percepción de objetos no-caras. Convencionalmente, el giro fusiforme lateral es conocido como el área fusiforme de caras, sin embargo Gauthier et al. (2000) demostraron con un estudio de IRMf que esta región no responde exclusivamente a rostros y proponen que esta región está implicada en la experticia de los sujetos en el procesamiento de estímulos pertenecientes a categorías semánticas particulares, dado que prácticamente todos los seres humanos somos expertos en decodificar rostros, estudios de imagen coinciden en reportar gran activación de esta región. Gauthier et al. (2000) compararon la reactividad del giro fusiforme en expertos en aves y coches versus inexpertos en estas categorías; los expertos tuvieron una mayor actividad del giro fusiforme que los inexpertos. Estos resultados apoyan la hipótesis de la relación del giro fusiforme con la experticia en el procesamiento de categorías semánticas específicas en adición a la selectividad de rostros.

Haxby et al. (1999, 2000) proponen que el giro temporal inferior se encarga del procesamiento visual temprano del rostro y que éste proyecta a ambas zonas

especializadas en rostros en la corteza temporal, el giro fusiforme y el surco temporal superior.

El modelo de Bruce y Young (1986) establece una distinción entre sistemas cognitivos implicados en el reconocimiento de la identidad y otro sistema especializado en el reconocimiento de expresiones faciales o características variantes de una cara. Este segundo sistema especializado en los aspectos variantes de un rostro ha sido vinculado con la actividad en el surco temporal superior. Estudios unitarios en monos demuestran que células en esta área disparan selectivamente ante distintos ángulos de la mirada, del perfil, o expresión facial particular (Desimone, 1991; Hasselmo et al., 1989; Perret, 1982, 1984, 1985, 1990 en Haxby, Hoffman & Gobbini, 2002). En estudios de IRMf los hallazgos son consistentes, dado que en la región temporal superior se ha observado activación selectiva ante la percepción de movimiento biológico, movimientos de la boca, de todo el cuerpo y de la mano (Bonda et al., 1996; Decety & Grezes, 1999; Puce et al., 1998; Chao et al., 1999; Halgren et al., 1999; Haxby et al., 1999; Hoffman Haxby 2000; Kanwisher et al., 1997; en Haxby, Hoffman & Gobbini, 2002). Estos hallazgos pueden ser análogos a los observados en monos y podrían reflejar la selectividad de esta región en el procesamiento de las características variantes de un rostro para su posterior integración con aspectos de identidad y otros procesos cognitivos y emocionales.

Haxby, Hoffman y Gobbini (2002) tras exhaustivas revisiones y experimentos propios describen el correlato neural del modelo de percepción de rostros propuesto por Bruce y Young (1986), en el cual la corteza occipital inferior está encargada del procesamiento visual temprano de una cara posteriormente, la información se bifurca hacia dos regiones, por una parte, el giro fusiforme lateral encargado del procesamiento de características invariantes de un rostro y el reconocimiento de la identidad única del sujeto y por otra parte, a la corteza temporal superior encargada del procesamiento de características variantes, como el ángulo de la mirada, el perfil del rostro, los movimientos de la boca, los movimientos corporales y las expresiones faciales particulares. Sin embargo, el procesamiento de un rostro no puede reducirse a este circuito, dado que no

incluye información acerca del procesamiento cognitivo y emocional que juegan un papel clave en el reconocimiento de una cara. Por lo tanto, estos autores proponen un sistema de procesamiento facial extendido que involucra la proyección de la red básica de rostros a otras regiones cerebrales descritas a continuación:

*Percepción de dirección de la mirada y atención espacial:* estar alerta de la dirección en la que otra persona atiende da información crucial para el monitoreo de las interacciones sociales, la orientación de nuestra propia atención y la evaluación de las fuentes potenciales de amenaza (Haxby, Hoffman & Gobbini, 2002). La región relacionada a este procesamiento es el surco intraparietal (Hoffman & Haxby, 2000).

*Percepción de movimientos de los labios y la comprensión del discurso:* la comprensión del discurso puede ser facilitada o modulada por la percepción de movimientos de los labios, incluso en personas que escuchan normalmente. Leer los labios mejora la precisión en la escucha y los movimientos de los labios que son inconsistentes con el discurso escuchado pueden crear errores en la escucha (MacDonal, 1976 en Haxby, Hoffman & Gobbini 2002). El observar movimientos de la boca que no son relacionados con el habla evocó actividad en el surco temporal superior y el leer los labios evocó actividad en áreas auditivas en el giro temporal superior, que también se activan por escucha de palabras habladas. La región relacionada con el análisis de lenguaje prelexical fue la corteza auditiva (Puce et al., 1998; Calvert et al., 1997 en Haxby, Hoffman & Gobbini, 2002).

*Percepción de identidad y recuperación de conocimiento semántico acerca de las personas:* El reconocimiento de un rostro familiar parece involucrar una secuencia de etapas en las cuales la recuperación de la información semántica acerca de una persona precede la recuperación del nombre de esa persona. El reconocimiento de rostros familiares parece estar asociado a actividad en las regiones temporales anteriores (Ellis, 1992; Gorno, Tempini, et al., 1998; Leveroni et al., 2000; Nakamura et al., 2000; Sergent et al., 1992 en Haxby, Hoffman & Gobbini, 2002).

*Percepción de expresión facial y los sistemas neurales del procesamiento de emociones:* La expresión del rostro de alguien más provee información acerca del estado emocional de esa persona y puede evocar esa misma emoción en uno mismo. Estudios de imagen funcional han demostrado que el juzgar la emoción en el rostro de otra persona inicialmente, evoca activación en la corteza temporal superior posterior alrededor de los 140-170 milisegundos después del inicio del estímulo y después evoca una respuesta en la amígdala derecha con una latencia de 220 milisegundos. La respuesta en la amígdala es más pronunciada cuando la emoción en curso es de miedo, lo cual es consistente con una gran cantidad de estudios en animales y humanos. También, se ha observado que la ínsula se activa cuando la expresión en curso es asco, ya que esta estructura se ha relacionado con el procesamiento de aromas y sensaciones viscerales (Streit et al 1999; Breiter et al., 1996; Morris et al., 1996; Phillips et al., 1997, 1998, en Haxby, Hoffman & Gobbini, 2002).

Se ha propuesto que la corteza prefrontal orbital tiene un papel en la decodificación y representación de reforzadores primarios como el sabor y el tacto; el aprendizaje y asociaciones reversibles de estímulos visuales, el control y la corrección de conductas relacionadas al castigo y la recompensa, las emociones y finalmente a otorgar un significado a las expresiones faciales, de tal manera que una lesión esta área afecta la identificación de expresiones en rostros (Rolls, 2004).

Adolphs et al. (2000) proponen que la corteza somatosensorial tiene un papel en el reconocimiento visual de emociones. A través de evaluar pacientes con lesiones específicas de esta región se estableció un mapeo funcional en relación a la detección de expresiones faciales emocionales. La interpretación dada sostiene que para el reconocimiento de la expresión facial emocional de otros individuos, la corteza somatosensorial genera representaciones endógenas que simulan esa expresión, a fin de poder comprender como se está sintiendo esa persona en particular. El papel de la corteza somatosensorial y CTI en el reconocimiento de expresiones fue puesto a prueba por Pourtois et al. (2004) en un estudio funcional a través de la estimulación magnética transcraneal. Sus

resultados soportan la idea del papel crítico de estas estructuras en la detección de expresiones faciales.

Phillips, Drevets, Rauch & Lane (2003) proponen que la percepción de emociones puede ser entendida en términos de una serie de procesos que ocurren a partir de la presentación inicial del estímulo, los cuales después permiten la generación de estados afectivos complejos, experiencias emocionales (sentimientos) y conductas:

- 1) La evaluación e identificación del significado emocional del estímulo.
- 2) La producción de un estado afectivo específico en respuesta al estímulo, incluyendo respuestas autonómicas, neuroendocrinas y somatomotoras (facial, gestual, vocal, conductual), así como un sentimiento consciente, el cual puede sesgar el proceso número 1 hacia la identificación de categorías específicas de estímulos emocionales.
- 3) Regulación de estados afectivos y conducta emocional, el cual puede involucrar modulación e inhibición de los procesos 1 y 2, así el estado afectivo y la conducta producida pueden llegar a ser contextualmente apropiados.

Como correlato neural de esta serie de procesos (para información detallada de los hallazgos experimentales ver revisión Phillips, Drevets, Rauch y Lane, 2003) inicialmente se propone un sistema ventral que tiene el papel de identificar el significado emocional de un estímulo, la producción de un estado afectivo y la regulación de la respuesta autonómica. Dicho sistema estaría conformado por 3 subsistemas: 1) tálamo, estriado ventral y núcleos del tallo cerebral, 2) corteza prefrontal ventrolateral, corteza orbitofrontal y giro cingulado anterior ventral, 3) amígdala e ínsula. El sistema ventral tiene el papel de incrementar la sensibilidad relacionada con toda la serie de respuestas afectivas de índole fisiológico, cognitivo y emocional. Por otra parte, se sugiere la existencia de un sistema dorsal que tiene el papel de regular los estados afectivos resultantes, dicho sistema se conforma por un circuito cerebral con estructuras como el hipocampo, el giro cingulado anterior dorsal, la corteza prefrontal dorsomedial y la corteza prefrontal dorsolateral. Se propone una relación funcional recíproca entre ambos sistemas ventral y dorsal en función de regular la labilidad

emocional por un sistema *top-down* (sistema dorsal) que permitirá la emisión de respuestas adaptativas.

Pessoa, McKenna, Gutierrez y Ungerleider (2002) en un estudio de iRMF caracterizaron una serie de estructuras implicadas en el procesamiento de rostros emocionales al contrastarlos con objetos neutros, entre ellas encontraron: regiones visuales occipito-temporales, el giro fusiforme, el surco temporal superior, la amígdala, la CPFVL y la CPFO. A dicha serie de activaciones la llamaron la "red de rostros", posteriormente observaron las variaciones en el nivel de activación de estas estructuras ante expresiones faciales de alegría y de miedo. En los resultados de iRMF se observa que la amígdala tuvo una mayor activación ante expresiones de miedo versus neutras, la activación ocurrió de manera bilateral, sin embargo, la amígdala izquierda se activó en mayor medida tanto para alegría y miedo versus neutra. Otras regiones prioritariamente activadas fueron el giro fusiforme, el giro occipital posterior medial y el giro lingual, estas estructuras cumplieron el mismo patrón de activación, el cual fue mayor ante expresiones de miedo que de alegría y neutra. Finalmente, se observaron diferencias significativas al contrastar la condición de miedo versus la de alegría; el miedo mostró un mayor nivel y extensión de activación en el surco temporal superior, la fisura calcarina posterior derecha, la CPFVM y la CPFO. Es importante destacar que en este estudio también se contrastó el nivel de activación por la valencia emocional cuando se tenía que atender a un estímulo neutro (dirección de barras) en la periferia. Se observó que el nivel de activación en el procesamiento de expresiones faciales emocionales es dependiente del nivel de atención empleado, sin embargo, cuando un estímulo que representa una amenaza se presenta fuera del foco de atención (periferia), el ser humano es capaz de responder en consecuencia, es decir estructuras relevantes para el procesamiento emocional responden a pesar de que el estímulo no haya sido atendido prioritariamente, de tal manera se prepara al organismo para efectuar una respuesta adaptativa. Se ha demostrado en otros estudios que estímulos negativos, que podrían representar una amenaza potencial comparados con estímulos positivos, son más efectivos para causar interferencia involuntaria en la tarea en curso y reclutan la atención



automática más fácilmente (Pratto y John 1991; Hartikainen, Ogawa y Knight, 2000; Calvo y Lang, 2005).

### **3.4. Procesamiento de rostros en tareas de movimientos sacádicos**

El estudio del procesamiento de rostros con expresiones emocionales se ha realizado fundamentalmente, en trabajos de ansiedad crónica, ya que estos sujetos están expuestos a padecer otros tipos de trastornos afectivos por la hipótesis de que dirigen con mayor frecuencia sus recursos atencionales hacia estímulos con una valencia negativa.

Estos estudios, sin embargo, han permitido saber cómo sujetos que no presentan ansiedad dirigen sus recursos atencionales ante rostros con expresiones faciales en tareas de movimientos sacádicos. Un meta-análisis de 172 estudios del sesgo atencional relacionado a estímulos amenazantes en sujetos ansiosos y no ansiosos realizado por Bar-Haim et al. (2007), muestra que bajo distintas condiciones experimentales los sujetos no ansiosos a diferencia de los ansiosos tienden a orientar sus recursos atencionales a estímulos con valencia positiva, es decir, evitan efectuar la sácada en dirección a estímulos con una valencia negativa y es mayor el tiempo que tardan observando el estímulo con connotación positiva.

Derekshan et al. (2009) realizó una tarea antisácada ante rostros con expresiones de alegría y de enojo en participantes ansiosos y no ansiosos. Como medida principal de la eficiencia del procesamiento en el control ejecutivo se evaluó la latencia de inicio de la primera sácada correcta. En la presencia de amenaza (rostro de enojo), a los sujetos no ansiosos, a diferencia de los ansiosos, les tomó menos tiempo llevar la sácada en la dirección opuesta del estímulo negativo. El sesgo atencional hacia la amenaza interfiere en el procesamiento en ambos grupos, reflejado en la latencia de inicio, sin embargo, la efectividad reflejada en el número de ensayos correctos no se afectó de manera significativa. Ninguno de los grupos no mostraron diferencias en la latencia de inicio para los rostros con expresiones neutras y de alegría.

Wieser, Pauli y Mühlberger (2009) realizaron una tarea antisácada con expresiones faciales emocionales (neutro, alegría, tristeza, miedo y enojo) y sus resultados son congruentes con el estudio de Derekshan et al. (2009) en relación a los sujetos no ansiosos y los ansiosos en el procesamiento de estímulos que implican una amenaza. En los ensayos prosacádicos se reportó que ambos grupos tuvieron latencias más cortas hacia expresiones de miedo, lo cual sugiere que estas expresiones tienen un gran poder de atracción atencional y por lo tanto, son difíciles de evitar voluntariamente en humanos.

Derekshan, Salt y Koster (2009) de igual manera evaluaron el control inhibitorio a través de una tarea antisácada con expresiones faciales emocionales (neutro, alegría y enojo) en sujetos disfóricos y no disfóricos. En sus resultados se observó que los sujetos disfóricos tuvieron un mayor número de errores en la inhibición de la sácada refleja ante expresiones emocionales, principalmente ante la expresión de enojo versus los no disfóricos. Sin embargo, no se encontraron diferencias en las latencias de las sácadas de ensayos correctos en el resto de las condiciones emocionales, lo cual indica que no hubo diferencias entre grupos en el control sacádico voluntario por una valencia emocional particular.

Esta serie de estudios permite establecer un panorama del procesamiento de rostros emocionales en adultos sanos evaluado en tareas sacádicas. En términos generales, los adultos sanos tienen la capacidad de inhibir la sácada refleja ante rostros con expresiones emocionales. Expresiones faciales negativas (enojo, miedo) registran latencias de inicio más cortas en la prosácada, lo cual sugiere que estos estímulos ejercen una mayor influencia en la atracción de recursos atencionales y por lo tanto, teóricamente es más difícil inhibir la respuesta ante estos estímulos negativos y su tiempo de procesamiento es más largo, tal como se ha reportado en estudios de inhibición de respuesta ante contextos emocionales (Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Hernández-Villalobos y González-Garrido, en proceso; Ramos-Loyo, Llamas Alonso, Ángulo y González-Garrido, en proceso).

## **4. DIFERENCIAS SEXUALES**

En la mayoría de los estudios en neurociencia cognitiva participan exclusivamente hombres, o en su defecto, se incluyen muestras mezcladas de mujeres y hombres de manera indiscriminada, en dichos estudios generalmente no se reportan posibles efectos o diferencias dadas por el sexo.

Consideramos que estos resultados podrían llevar a interpretaciones erróneas en el procesamiento cognitivo, ya que se ha observado como uno u otro sexo tienen mayor destreza en tareas particulares, utilizan redes neurales distintas o emplean una cantidad distinta de recursos cerebrales al realizar la misma tarea.

Los estudios que evalúan diferencias sexuales comprenden un amplio campo de investigación y éstos, han brindado una gran gama de evidencias que demuestran que los hallazgos obtenidos en una muestra masculina no pueden ser generalizados a la población femenina (para una revisión ver Miller & Halpern, 2014), especialmente aquellos estudios que involucran estímulos con una valencia emocional.

### **4.1 Diferencias sexuales en el cerebro y conectividad anátomo-funcional**

Sabemos con certeza que hombres y mujeres son distintos física y socialmente, en otras palabras, es sencillo distinguir ambos sexos a partir de sus características físicas, tono de voz y algunas conductas socio-afectivas características de cada género. Estas diferencias emergen muy temprano en el desarrollo (en el útero, en un periodo muy corto después del nacimiento) y son atribuidas principalmente, a la influencia de esteroides-gonadales. La hipótesis más socorrida que postula la existencia de diferencias sexuales en la cognición y la conducta dadas por niveles hormonales es conocida como hipótesis organizacional-activacional (Phoenix et al., 1959). Esta describe que la exposición a hormonas esteroides en etapas muy tempranas del desarrollo masculiniza y defeminiza circuitos neurales programando las respuestas a las hormonas en la adultez (Corsi-Cabrera, del Rio-Portilla & Muñoz-Torres, 2007; Phoenix et al., 1959). Estos datos han llevado a pensar que los efectos hormonales tienen un

efecto organizador permanente y establecido muy temprano en el desarrollo. Sin embargo, un estudio reciente demuestra que la ventana de tiempo considerada como "desarrollo temprano" para que los niveles de hormonas gonadales tengan una influencia en el desarrollo de la conducta de apareamiento, se extiende hasta la pubertad, es decir que durante la adolescencia aún son posibles efectos organizadores que de hecho, han sido observados experimentalmente incluso en adultos (Schulz, Molenda-Figueira, & Sisk, 2009).

Corsi-Cabrera, del Rio-Portilla y Muñoz-Torres (2007) realizaron una revisión de estudios de las acciones organizacionales de las hormonas esteroides en el cerebro, en la cual se describe que inmediatamente después del nacimiento alteraciones en los niveles de hormonas sexuales como son la castración en los machos, la administración de antagonistas a estrógenos o inhibidores de aromatasas, interfieren con el proceso de diferenciación sexual del cerebro que caracteriza a cada sexo, mientras que tratamientos con testosterona en las hembras induce características masculinas en la anatomía cerebral. Además, las autoras destacan que los efectos de las hormonas esteroides no se limitan a conductas reproductivas y control endocrino, sino que su efecto se extiende a regiones cerebrales involucradas en procesos de memoria, estado de ánimo y emociones, cómo el hipocampo, la corteza cerebral e interconexiones hemisféricas. La aparición de hormonas esteroides en el cerebro durante el desarrollo perinatal implica que las diferencias sexuales encontradas en el cerebro no dependen únicamente de factores genéticos sexuales, sino que también existe una influencia de las hormonas sexuales, sin embargo es necesario tener en cuenta que son muchos los factores que podrían ser responsables de las diferencias sexuales en el cerebro y el comportamiento, dado que el establecimiento de conexiones neuronales puede ser modulado por acciones activadoras de las hormonas esteroides así como por la experiencia y la interacción con el ambiente (Corsi-Cabrera, del Rio-Portilla y Muñoz-Torres, 2007).

La adolescencia es una etapa que se caracteriza por la mayor incidencia de conductas de riesgo y conductas impulsivas y también se observan diferencias sexuales en esta etapa. Los reportes de tasas de suicidio consumado, muerte

accidental, agresión y conductas antisociales son mucho más prominentes en varones (Raznahan et al., 2009). Se ha propuesto que este incremento de conductas riesgosas puede deberse a la falta de maduración de la corteza prefrontal encargadas del control de impulsos, planeación y toma de decisiones como son la CPFDL, CPFVL, CPFVM, CPFO y CCA. Estas mismas regiones frontales son aquéllas en las que el grosor cortical es menor en los hombres comparado con las mujeres, a pesar de un ritmo acelerado de adelgazamiento cortical en los hombres adolescentes en comparación con las mujeres (Reznahan et al., 2009). Los autores proponen entonces que la masculinización es un potente factor de riesgo para un trastorno antisocial o psicopatía en la adultez, los cuales muestran asociaciones fuertes con el funcionamiento deficiente en estas estructuras prefrontales (Yang & Raine, 2009 citado en Raznahan et al., 2009).

Gur et al. (1999) realizaron un estudio en el que evaluaron las diferencias en el porcentaje de materia gris, materia blanca, fluido cerebro espinal y su correlación con procesamiento cognitivo en hombres y mujeres sanos adultos. Efectivamente, encontraron diferencias en estos parámetros, las mujeres mostraron un mayor porcentaje de materia gris que los hombres, por su parte los varones tuvieron un mayor porcentaje de materia blanca y fluido cerebroespinal. También, los hombres mostraron un incremento proporcional de materia gris y materia blanca como función del volumen craneal, mientras que en las mujeres la pendiente de aumento de la sustancia blanca fue mucho menos pronunciada que la de la sustancia gris. Esta diferencia sexual en la composición del tejido intracraneal puede reflejar adaptación a volúmenes craneales más pequeños en mujeres.

El mayor porcentaje de materia gris en las mujeres es bilateral, por su parte los hombres muestran mayor porcentaje de materia gris en el hemisferio izquierdo y mayor fluido cerebro espinal en el hemisferio derecho. Los autores señalan que este resultado es consistente con estudios conductuales y neurobiológicos que sugieren una menor asimetría hemisférica en mujeres (Hiscock et al., 1995 citado en Gur et al., 1999). Estos datos concuerdan con la postura de que los hombres tienen mayor lateralización del lenguaje. Gur et al. (1999) encontraron que los

hombres tienen relativamente mayor porcentaje de materia gris en el hemisferio izquierdo que el derecho, sin embargo, aún tienen menor porcentaje de sustancia gris que las mujeres en ambos hemisferios.

Los resultados anatómicos sugieren paralelismos entre diferencias sexuales en cognición y diferencias en sustancia gris, las mujeres y el hemisferio izquierdo de lenguaje tienen mayor porcentaje de sustancia gris y las mujeres superaron a los hombres en tareas lingüísticas, lo cual fue verificado a través de un índice de correlación entre el volumen y el desempeño. A pesar de que la pendiente de relación entre sustancia gris y el desempeño cognitivo fue idéntico en hombres y mujeres, la pendiente para sustancia blanca fue significativamente más pronunciada en mujeres que en hombres; este efecto se observó tanto en el desempeño global como en las tareas verbales y espaciales consideradas separadamente. Los autores refieren que este hallazgo podría deberse al hecho de que las mujeres tengan un volumen craneal menor y necesiten una menor cantidad de sustancia blanca que los hombres, es decir, menores distancias requieren menos sustancia blanca y a su vez podría indicar que las mujeres utilicen de manera más eficiente esa sustancia blanca disponible (Gur et al., 1999). Sin embargo, los resultados de la asociación entre el volumen de sustancia blanca y el desempeño de las tareas espaciales, demostraron que los hombres pueden desempeñarse mejor en tareas en las que un alto nivel de rendimiento requiere grandes volúmenes de sustancia blanca. Esto sugiere que las tareas verbales requieren menos transferencia intrahemisférica que las espaciales, y que las diferencias sexuales en el desempeño podrían depender de los requerimientos relativos de sustancia gris y sustancia blanca (Gur et al., 1999).

Peper et al. (2011) realizaron una extensa revisión de estudios de esteroides sexuales y conectividad en el cerebro humano. Esta revisión enfatiza la influencia que tienen las hormonas esteroides en la mielinización a través de su impacto directo en las células gliales, además las hormonas esteroides y sus metabolitos incrementan la expresión génica de proteínas mielínicas (ver revisión García-Segura & Melcangi, 2006). La revisión incluyó estudios de medidas de volumen de sustancia blanca, densidad, hiperintensidades, organización de la

sustancia blanca, cuantificación volumétrica realizada con resonancia magnética, morfometría basada en voxels y tensor de difusión. Para las medidas de conectividad funcional se incluyeron aquellas de actividad en estado de reposo, coherencia y cuantificación de acoplamiento por iRMF, tomografía de emisión de positrones (TEP), EEG o magneto-encefalografía (MEG). Cabe destacar que únicamente, se incluyeron estudios con medidas directas de niveles hormonales. A continuación se describirán los hallazgos más relevantes descritos en la revisión (para detalles metodológicos más específicos revisar Peper et al., 2011). En los resultados se observa que el incremento endógeno de los niveles de testosterona durante la adolescencia, principalmente en hombres, como la administración de estrógenos y progesterona en mujeres post menopáusicas, están asociados a incremento de sustancia blanca y un decremento en hiperintensidades de sustancia blanca. El incremento de sustancia blanca relacionado al incremento de esteroides sexuales se reporta como un efecto global, sin embargo no hay información específica disponible de vías de sustancia blanca. Peper et al. (2011) reportan que los estudios de conectividad funcional arrojan datos de patrones de asociaciones con hormonas sexuales más específicos. Principalmente, niveles exógenos y endógenos de testosterona parecen disminuir la conectividad subcortical-cortical, mientras que estas hormonas incrementan la conectividad entre áreas subcorticales. Además, la administración de estradiol y progesterona como mayores niveles endógenos se relacionan con el incremento de conectividad funcional dentro de la corteza y entre la corteza y la subcorteza. Las estructuras cerebrales principalmente involucradas son: amígdala, hipocampo, tálamo, ganglios basales, corteza prefrontal (CPFO, ACC y giro frontal superior), las cuales son conocidas por su alta densidad de receptores a hormonas sexuales (Simerly et al., 1990 citado en Peper et al., 2011). El patrón de alteración de la conectividad funcional después de la administración de hormonas esteroides o fluctuaciones hormonales internas fue reportado no sólo durante el descanso, sino también durante procesamiento emocional y lingüístico. En términos generales, parece ser que los esteroides sexuales endógenos y exógenos están asociados con un mayor volumen de sustancia blanca y menor hiperintensidad, lo cual

provee las bases de la conectividad anatómica en el cerebro. Como posible discusión se argumenta que las hormonas sexuales tienen un efecto organizador en conexiones estructurales y activan las regiones cerebrales que conectan, llevando a una mejor integración de comunicación estructural y funcional entre regiones cerebrales con la edad. Finalmente, se propone que estos hallazgos podrían proveer ideas en el área de la fisiopatología de enfermedades neuropsiquiátricas con conexiones cerebrales deficientes y que tienen una prevalencia sexual masculina bien establecida, como el autismo, la esquizofrenia, el trastorno por déficit de la atención (TDAH ) y femenina como la depresión (Peper et al., 2011).

#### **4.2 Diferencias sexuales en funciones ejecutivas y emoción**

Es de gran importancia tener en cuenta la valencia emocional como un factor que puede influir en el procesamiento cognitivo. Este argumento cobra mayor importancia cuando se trata de diferencias sexuales, dado que algunos estudios han demostrado que las mujeres tienden a evaluar de manera más negativa situaciones de la vida cotidiana y en términos generales, muestran una mayor reactividad ante estímulos con valencia displacentera (Nolen-Koeksema, 2001; Mak et al., 2009; Lithari et al., 2010; Whittle, Yücel, Yap, & Allen, 2011). Estos hallazgos podrían estar relacionados con el hecho de que las mujeres padecen en mayor proporción (relación de 2:1) de trastornos depresivos que los hombres (Nolen-Koeksema, 2001).

Matud (2004) realizó un estudio el cual tuvo como objetivo evaluar las diferencias sexuales en el estrés y las estrategias psicológicas que utiliza preferentemente cada sexo ante situaciones estresantes de la vida cotidiana. En sus resultados, Matud describe que las mujeres refieren un mayor estrés psicológico que los hombres, además reporta que las mujeres tienen una tendencia a utilizar estrategias emocionales de evitación-afrontamiento y en menor frecuencia, utilizan recursos racionales o de desprendimiento del afrontamiento.



Mientras que las mujeres son más reactivas a estímulos emocionales negativos, los hombres muestran una mayor prevalencia a padecer psicopatologías desinhibitorias a nivel conductual lo cual se refleja en los niveles de impulsividad y la toma de riesgos (Campbell & Muncer, 2009). También se ha reportado que los hombres tienen una mayor prevalencia en trastornos como Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH), trastorno de conducta y un mayor índice de abuso de sustancias que las mujeres (Kessler et al., 2005; Newman, et al., 2005; Eme, 2007; Strubber et al., 2008. citado en Liu., Zubieta y Heitzeg, 2012).

Liu, Zubieta y Heitzeg (2012), evaluaron las diferencias sexuales en el nivel de activación de la corteza cingulada anterior (CCA) en una tarea de inhibición (paradigma Go/No-Go) a través de la técnica de resonancia magnética funcional (iRMF). La activación en CCA la relacionan con el monitoreo del conflicto, la toma de decisiones y la inhibición de respuesta (Brown et al., 2012; Liu, Zubieta & Heitzeg, 2012). En sus resultados reportan que los hombres tienen una mayor activación de CCA que las mujeres durante inhibiciones correctas, además el índice de búsqueda de excitación correlacionó con el nivel de activación de CCA únicamente en hombres. Estos resultados concuerdan en lo observado por Li (2006) quien reporta activación de CCA durante el control de impulsos en una tarea Señal de Parada (Stop Signal). Estos resultados sugieren que CCA es una estructura clave en la auto-regulación de la conducta, ya que tiene un papel integrador entre la información en curso y la información aprendida que tiene como fin colaborar en una toma de decisiones adaptativa. Las diferencias sexuales encontradas por Liu, Zubieta & Heitzeg (2012) sugieren que hombres y mujeres utilizan estrategias de regulación conductual distintas.

Rubia, Hyde, Giampietro y Smith (2013) realizaron un estudio con iRMF que tuvo como objetivo determinar las diferencias sexuales y el efecto de la edad (adolescencia y adultez) en las redes neurales correspondientes en la inhibición motora evaluada con una tarea Stop-Signal. En los resultados conductuales se observa que las mujeres fueron más rápidas al inhibir sus respuestas, también fueron más rápidas al inhibir correctamente cuando fue solicitado.

En el análisis de la señal BOLD (nivel de oxigenación sanguínea) se observaron patrones de activación tanto en mujeres como en hombres en estructuras previamente relacionadas con el control inhibitorio como es la CFI y CPFDL, sin embargo, las mujeres activaron preferentemente la CPFVL izquierda y CPFVM izquierda llegando al lóbulo temporal superior, la ínsula y el putamen. La CPFVL y CPFVM han sido relacionadas con procesamiento que involucra la evaluación de la recompensa, la valencia emocional y las representaciones sociales (Dillon y Pizzagalli, 2011). La activación preferente de estas estructuras podría relacionarse con las estrategias que utilizan las mujeres en la regulación de su conducta. Por otra parte, los hombres activaron CCA derecha, corteza frontal rostro medial, lóbulo parietal inferior, cíngulo posterior y el precuneus. Estos resultados sugieren que mujeres y hombres activan una red cerebral distinta para llevar a cabo el proceso inhibitorio.

Una serie de estudios que evaluaron otros procesos cognitivos y funciones ejecutivas como inhibición de interferencia, memoria de trabajo, rotación visoespacial y tareas de atención tipo odd-ball observaron que las mujeres utilizan una red fronto-estriatal y los hombres preferentemente activan la región parietal inferior, el precuneus y el área cingulada posterior ante las mismas tareas (Christakou et al., 2009; Bell et al., 2006; Goldstein et al., 2005; Hugdahl et al., 2006; Li et al., 2006; Thomsen et al., 2000; Weiss et al., 2003; Clements-Stephens et al., 2009; Rubia et al., 2010). Con base a los hallazgos anteriores Rubia, Hyde, Giampietro y Smith (2013) proponen que las mujeres utilizan preferentemente una estrategia de control cognitivo mientras que los hombres integran influencias subcorticales hacia el lóbulo parietal basado en procesamiento visoespacial.

Estudios que evalúan diferencias sexuales en el procesamiento cognitivo ante estímulos emocionales demuestran que mujeres y hombres reclutan preferentemente regiones cerebrales distintas. Kotch et al. (2007) indujeron emociones durante unas tareas de memoria verbal en mujeres y hombres. En la tarea de memoria, tanto mujeres como hombres tuvieron un peor desempeño durante la inducción de emoción, sin embargo el desempeño de las mujeres no disminuyó de manera significativa. En los resultados de iRMF en la interacción de

memoria verbal y emoción negativa, las mujeres activaron preferentemente la amígdala y la CPFO, mientras que los hombres mostraron mayor activación en áreas prefrontales y parietales superiores. Los resultados sugieren que durante el control cognitivo de la emoción las mujeres reclutan estructuras relacionadas al proceso emocional y los hombres reclutan en mayor medida, regiones relacionadas con el control cognitivo.

Mak et al. (2009) evaluó diferencias sexuales en el proceso de regulación emocional con la técnica de iRMF y en sus resultados se observó que las mujeres activan preferentemente el giro orbitofrontal medial, estructura involucrada en el procesamiento afectivo y que tiene conexiones con otras áreas límbicas importantes para el procesamiento emocional y funciona como mediador de señales entre sistema límbico y otras regiones prefrontales superiores y laterales (Beauregard, 2007; Oschner & Gross., citado en Mak et al., 2009). Por otra parte, los hombres activaron la CPFDL, CCA derecha y el giro lateral orbitofrontal. La CPFDL ha sido relacionada con procesos de alto orden como es la inhibición de respuesta y el control cognitivo (Aron, 2007; Dillon y Pizzagali, 2007). Estos datos llevan a pensar que los hombres reclutan en mayor medida estructuras relacionadas con el control cognitivo que implica un procesamiento de tipo *top-down*, mientras que las mujeres utilizan mayormente regiones involucradas en el procesamiento emocional, lo cual sugiere que éstas son más reactivas a estos tipos de estímulos, además de que realizan un análisis más profundo por el hecho de tratarse de un estímulo emocional.

También existen diferencias sexuales en la reactividad hacia estímulos observados de manera pasiva reflejada en la amplitud de los componentes electrofisiológicos N1, N2 y P3. Lithari et al. (2010) reportó que los componentes N1 y N2 muestran una mayor amplitud en las mujeres que los hombres durante la presentación de estímulos emocionales con valencia displacentera. Este hallazgo fue relacionado a un procesamiento de alertamiento inicial provocado por la valencia del estímulo (N1) y posteriormente, al procesamiento que implica atención selectiva relacionada al estímulo (N2); en esta situación, uno que es biológicamente relevante, como aquellos potencialmente dañinos. Esto indica que

la atención selectiva de las mujeres está más sintonizada hacia estímulos biológicamente relevantes, es decir, a la valencia emocional, y otros estudios reportan que este efecto es aún mayor en mujeres ante contextos displacenteros (Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Hernández-Villalobos y González-Garrido, en proceso; Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Angulo y González-Garrido, en proceso)

### **4.3 Diferencias sexuales en el reconocimiento de rostros y de expresiones faciales emocionales**

Mujeres y hombres difieren en varios aspectos físicos, cognitivos y emocionales que podemos percibir en nuestra vida cotidiana, dichas diferencias están dadas en gran medida por los efectos organizacionales y activacionales de las hormonas gonadales. Nos resulta crítico preguntarnos si mujeres y hombres difieren en la capacidad de reconocer rostros y expresiones faciales emocionales dado que estos hallazgos guardan una relación estrecha con la capacidad de percibir emociones, regular estados afectivos endógenos y efectuar respuestas adaptativas en contextos sociales particulares. Los hombres tienen una mayor incidencia en conductas impulsivas, toma de riesgos y abuso de drogas, por su parte las mujeres tienden a desarrollar en mayor medida psicopatologías como trastornos de ansiedad y depresivos, estos hallazgos se relacionan directamente con la capacidad de percibir y regular emociones, la toma de riesgos y la emisión de juicios sociales pertinentes. Conocer las diferencias sexuales en el proceso de reconocimiento de rostros y expresiones faciales emocionales es valioso en el sentido de comprender los patrones característicos de conducta y la incidencia psicopatológica preferentes en cada sexo.

Los estudios que evaluaron diferencias sexuales en el reconocimiento de rostros han llegado a conclusiones bastante similares (Lewin & Herlitz, 2002; Callerino, Borghetti & Sartucci, 2004), las mujeres tienen un mejor desempeño que los hombres en el reconocimiento de rostros en general, además de que las mujeres reconocen mejor los rostros de mujer, por su parte los hombres tienden a reconocer mejor rostros de hombres. La interpretación más socorrida en estos

hallazgos sugiere que las mujeres tienen un mejor desempeño reconociendo rostros, dado que les resulta más familiar y más relevante codificar rostros en función de crear vínculos sociales en relación a los hombres. El hecho de que cada sexo sea mejor reconociendo rostros del sexo propio podría deberse a que desde la infancia y adolescencia los grupos de amigos suelen ser del mismo sexo (niñas con niñas y niños con niños) de tal manera que se desarrolla una mayor experiencia en la evaluación de rasgos particulares correspondientes al mismo género.

Otros estudios han evaluado diferencias sexuales en el reconocimiento de expresiones faciales emocionales, en este caso los resultados también son consistentes, situando a las mujeres con un mejor desempeño en el reconocimiento de expresiones faciales emocionales que los hombres (McClure & Erin, 2000; Montagne et al., 2005; Kret & Gelder, 2012).

Kret y Gelder (2012) como resultado de una extensa revisión de estudios que evaluaron el procesamiento de expresiones faciales emocionales en ambos sexos, reportan que las mujeres son más efectivas reconociendo expresiones de alegría, tristeza y miedo, por su parte los hombres destacan en el reconocimiento de la expresión de enojo. Los autores discuten que las diferencias sexuales en el procesamiento de emociones y reconocimiento de expresiones faciales puede ser resultado de un proceso evolutivo, por ejemplo, las mujeres tradicionalmente, han sido más responsables del cuidado de las crías. Investigación demuestra que las mujeres buscan la compañía de otros en situaciones de estrés de manera más frecuente en comparación con los hombres. Se sugiere que para las mujeres es muy importante identificar pistas emocionales de otros y así facilitar la comunicación e incrementar los lazos sociales también siendo expresivas ellas mismas. Para los hombres, el reconocimiento del enojo, especialmente el reconocimiento de pistas amenazantes de otros hombres (competidores) ha probado ser particularmente adaptativo sobre el curso de la evolución (Taylor et al., 2000 en Kret & Gelder, 2012).

#### **4.4 Diferencias sexuales en patrones de activación electroencefalográfica**

Desde el año de 1976, Davidson, Schwartz, Pugash y Bromfield en un artículo reportan tres estudios en donde se observan diferencias sexuales en los patrones de activación electroencefalográfica, se observa asimetría en el EEG durante tareas cognitivas autogeneradas, así como en tareas afectivas.

En el primer experimento se observa que cuando mujeres y hombres son requeridos para realizar una tarea cognitiva autogenerada para activar uno u otro hemisferio, las mujeres muestran una mayor asimetría dependiente de la tarea que los hombres. Se observó que las mujeres muestran diferencias significativas en asimetría cerebral en regiones occipitales entre silbar y hablar, mientras que los hombres no. En el segundo experimento, las mujeres mostraron mayor asimetría entre tareas emocionales autogeneradas y tareas no emocionales que los hombres; se sugiere que por tratarse de estímulos emocionales, las mujeres realizaron una evaluación más profunda e intensa a pesar de que verbalmente, el grado de activación referido no difiere del de los hombres. El tercer experimento fue diseñado para evaluar diferencias sexuales en la asimetría cortical utilizando una técnica de análisis de patrones. La técnica de análisis de patrones analiza de manera separada el porcentaje de activación y el tiempo que un hemisferio está relativamente activado mientras que el otro, simultáneamente, está menos activado. Estos hallazgos apoyan la hipótesis general de la flexibilidad bilateral en el cerebro de las mujeres comparado con los hombres en tareas autogeneradoras de la conducta, diseñadas para activar los hemisferios unilateralmente. Sin embargo, también se reportan una serie de estudios que han encontrado justo lo contrario en los patrones de lateralización, todos han sido mediante tareas perceptuales (Kimura 1969; Knox & Kimura 1970; McGolne y Davidson, 1973 citado en Davidson, Schwartz, Pugash & Bromfield, 1976). Esto sugiere que cuando se trata simplemente de una tarea perceptual simple, las mujeres están menos lateralizadas a comparación de tareas de producción (auto generadas) en las que muestran una lateralización clara a diferencia de los hombres.

Solís-Ortiz et al. (1993) evaluaron el efecto del ciclo menstrual en las oscilaciones del EEG. Se registraron un total de 12 sesiones de EEG en mujeres entre 20 y 34 años tres veces a la semana cada segundo día, a la misma hora del día, con ojos abiertos y ojos cerrados. Se observaron efectos del ciclo menstrual significativos para todas las bandas con ojos abiertos y efectos de las derivaciones fueron significativos para todas las bandas con ojos abiertos y cerrados, excepto delta y theta con ojos cerrados. Comparaciones por pares mostraron la potencia absoluta (PA) más baja en delta, theta, alfa2 y beta1 en la fase ovulatoria y para alfa1 y beta2 después de la ovulación. Los componentes lentos del espectro delta, theta y alfa1 mostraron una disminución durante la fase premenstrual, mientras que las frecuencias altas, alfa2, beta1 y beta2 durante y después de la menstruación. En ojos cerrados se observó que la potencia relativa (PR) de alfa1 y alfa2 fue mayor durante la fase premenstrual; se observó el mismo efecto durante la menstruación y la ovulación. La PR de alfa1 incrementó durante la menstruación mientras que PR de alfa2 disminuyó. PR de alfa1 incremento durante la ovulación mientras que PR de alfa2 disminuyó. En ojos abiertos se observó un incremento de PR en alfa1 y alfa2 durante la fase premenstrual, mientras que PR de beta2 disminuyó. Durante la menstruación alfa2 y beta2 incrementaron mientras PR de theta disminuyó. Durante la ovulación PR de theta y alfa1 incrementaron mientras que PR de alfa2 disminuyó. Estos hallazgos demuestran que la actividad eléctrica cerebral en estado de reposo en las mujeres es dependiente del periodo del ciclo menstrual, el hecho que haya predominancia de distintas bandas de frecuencia en función del ciclo es relevante en paradigmas que evalúan procesos cognitivos y su correlato electroencefalográfico, por ende en un estudio en el que se pretenden evaluar diferencias sexuales, es relevante controlar el ciclo menstrual de las participantes mujeres.

## 5. ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL EN TAREAS ANTISÁCADA

El EEG es una técnica funcional con una alta resolución temporal que permite identificar cambios en la actividad cerebral y relacionarlos con un procesamiento específico en el tiempo. En la tarea antisácada normalmente se analiza el periodo previo al movimiento sacádico, el cual se ha relacionado con procesamiento de control ejecutivo involucrado en la inhibición per se. Sin embargo, algunos estudios analizan el periodo en el que se efectúa la antisácada, teniendo especial cuidado en eliminar los artefactos referentes al movimiento ocular. En la literatura correspondiente a estudios que utilizaron la tarea antisácada se reporta el uso de la técnica de potenciales relacionados a eventos (PREs) y el análisis de la actividad coherente. A continuación se describen dos artículos pioneros con el uso de ambos tipos de análisis respectivamente, sus metodologías y sus hallazgos principales en relación al control inhibitorio.

Everling, Krappmann y Flohr (1997) registraron la actividad eléctrica cerebral en 19 derivaciones en una tarea antisácada y analizaron la señal 500 ms previos a la presentación del estímulo y 1000 ms después. El promedio de la señal para obtener los PREs se realizó en el periodo de 600 ms previos al inicio de la sácada y 800 ms después, el inicio de la sácada se determinó como tiempo "0". El inicio de la sácada se identificó en el EOG como un movimiento enérgico que se aleja bastante de la línea base. En sus resultados observan una negatividad presacádica (NPS) con una distribución fronto-central en los ensayos pro y antisácada. La NPS mostró una mayor amplitud en la mayoría de las derivaciones en los ensayos antisácada versus los prosácada. Seguido a la NPS, también se identificó un potencial positivo de rampa (PPR) presacádico con una distribución centro-parietal que incrementa su amplitud hasta los 18 ms antes del inicio de la sácada; este PPR fue muy similar en ambas condiciones prosácada y antisácada a excepción de la región C3 y CZ, en donde la condición antisácada mostró menor amplitud. Finalmente, se reportó un potencial espiga (PE) que inicia a los 18 ms previos a la sácada y tiene su pico máximo de amplitud al inicio de la sácada con una distribución parietal posterior, el PE fue negativo en las regiones frontales



(FP1, FP2, F7 y F8) y positivo en el resto de las derivaciones. En términos generales, la amplitud del PE fue mayor antes de los ensayos prosácada que los antisácada (Figura 3).

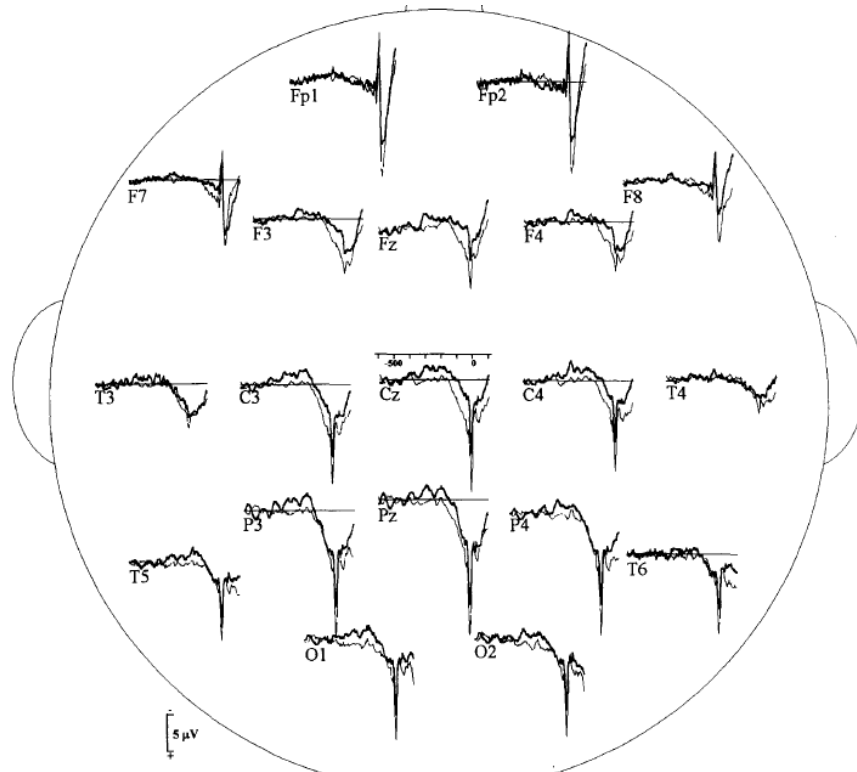


Figura 3. Distribución topográfica de potenciales presacádicos para antisácada (línea gruesa) y prosácada (línea delgada) en 7 sujetos. Una escala de tiempo se muestra arriba de CZ. El inicio de la sácada es el tiempo 0. Se observa mayor PPR y menor NPS en antisácadas (negatividad hacia arriba) (Tomada y modificada de Everling, Krappman y Flohr, 1997).

Las distribuciones topográficas registradas sugieren que en los humanos el control del movimiento sacádico es bilateral. La NPS más prominente en la región fronto-central ha sido relacionada con actividad de preparación en COF, sin embargo, otros autores lo han relacionado con la actividad en los campos oculares suplementarios (COS) (Moster & Goldber, 1990 citado en Everling, Krappmann & Flohr, 1997). La menor amplitud de PPR en los ensayos antisácada podría reflejar un mecanismo de supresión de la sácada refleja (Evdokimidis et al., 1996, citado en Everling, Krappmann & Flohr, 1997). La distribución del PE negativa en

regiones frontales y positivas en los demás sitios es congruente con otros estudios y comúnmente, se asume que el PE se genera en regiones oculomotoras bajas. Se registraron amplitudes menores antes de la antisácada que de la prosácada únicamente en regiones parietales lo que podría explicarse por las menores amplitudes y mayores latencias de las antisácadas.

McDowell et al. (2005) evaluaron la actividad cortical que precede el movimiento sacádico con las técnicas de EEG y magnetoencefalograma (MEG). El uso combinado de ambas técnicas permite medir directamente la actividad neuronal con resolución temporal de milisegundos, además proveer datos muy confiables acerca de las posibles estructuras cerebrales generadoras de dicha actividad. Se realizó el registro del EEG en 64 derivaciones y 148 canales del MEG. Los resultados de fuentes se promediaron sobre segmentos de 10 ms 0-170 ms después de cada estímulo (aún precediendo la generación de la sácada) y segmentos de 10 ms de 160 a 10 ms antes de cada respuesta. Regiones bilaterales de interés fueron localizadas en el giro occipital medial, cuneus/precuneus en el borde occipito-parietal, giro frontal medial y el giro frontal superior muy próximo la región de COF asociada con la generación de la sácada voluntaria. Se realizaron análisis sincronizados con la presentación del estímulo y análisis sincronizados con la respuesta. El análisis en fase con el estímulo provee información más clara de la actividad en regiones posteriores mientras que el análisis en fase con la respuesta provee información acerca de lo ocurrido en regiones frontales.

Se obtuvieron cuatro hallazgos principales relacionados con el estímulo: 1) la región medial occipital demostró un patrón esperado de actividad aumentada en el hemisferio contralateral al campo de estimulación; 2) la actividad en la región medial occipital fue mayor durante las prosácadas que las antisácadas en los 170 ms iniciales de la evaluación del estímulo. Esta disminución en la actividad durante las antisácadas podría reflejar una influencia *top-down* en la evaluación del estímulo, mientras es considerado incorrecto mirar al estímulo en la tarea; 3) durante el procesamiento inicial del estímulo, la región del cuneus mostró actividad arriba de la línea base por 90 ms, un inicio más rápido del que se observó en

regiones occipitales mediales. Este hallazgo sugiere que la actividad en el cuneus puede influenciar actividad en regiones de asociación visual temprana como el giro occipital medial; 4) después de 130 ms, la actividad en el cuneus durante los ensayos antisácada se elevó por encima de la observada durante ensayos de prosácadas. Estos datos son consistentes con la idea de que la actividad en la corteza parietal durante ensayos antisácada correctos calculan la transformación necesaria de coordenadas antes de la generación de la respuesta (McDowell et al., 2005).

Los resultados en fase con la respuesta sugieren dos conclusiones principales: 1) apoyan la hipótesis de los datos en fase con el estímulo, en la que el desempeño de la antisácada puede estar mediado por procesamiento *top-down*, porque aún la actividad temprana (160 ms antes de la generación de la sácada) es mayor en ensayos antisácada que los prosácada. Esta diferencia estuvo presente en la región frontal medial, COS y en la corteza prefrontal. 2) Los COF laterales muestran un patrón de actividad distinto, después del alza inicial, la actividad en COF laterales disminuye aproximadamente 70 ms después de la respuesta antisacádica. El patrón prosacádico sin embargo, mostró una rápida alza que continuó subiendo hasta la generación de la respuesta. Estos patrones podrían indicar que la sácada inicial hacia la pista es programada pero subsecuentemente abortada durante los ensayos antisácada. El mensaje inhibitorio recibido por los COF puede venir de COS o CPF, regiones que mostraron activación intensa durante las antisácadas (McDowell et al., 2005).

## 6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe un gran número de estudios que demuestran diferencias sexuales en el procesamiento cognitivo y emocional, así como en los patrones de activación cerebral al ejecutar las mismas tareas. El presente estudio pretende evaluar las diferencias sexuales en el control inhibitorio, dado que este proceso es fundamental para la regulación conductual y emocional, el control de interferencia en la atención selectiva, la generación de respuestas adaptativas en presencia de contextos emocionales y la supresión de respuestas automáticas contextualmente inadecuadas.

En la vida cotidiana estamos expuestos a estímulos emocionales que influyen en el procesamiento cognitivo y la toma de decisiones. Los rostros son estímulos con una gran relevancia biológica que atraen la atención de manera automática, particularmente, cuando expresan distintas emociones. El paradigma antisácada es efectivo para evaluar el proceso inhibitorio, dado que implica la supresión de la sácada refleja automática hacia un estímulo que aparece de repente en el campo visual periférico, de tal manera que, al utilizar rostros con expresiones faciales en esta tarea es posible evaluar la interacción cognición emoción. La corteza prefrontal es la principal estructura involucrada en el procesamiento inhibitorio; en paradigmas antisácada se ha demostrado que la CPFDL ejerce un control *top-down* sobre los campos oculares suplementarios que estarían encargados de programar o suprimir la respuesta ocular en los campos oculares frontales, en conjunto con regiones del tallo cerebral como son los colículos superiores. La CPF tiene estrechas conexiones recíprocas con estructuras subcorticales como la amígdala, núcleo accumbens y la corteza cingulada anterior involucradas en la experiencia emocional, de tal manera que la presentación de estímulos con valencia emocional puede influir en el procesamiento cognitivo per se y la toma de decisiones. Estos hallazgos han permitido proponer que mecanismos de control cognitivo liderados por la CPF estarían encargados de ejercer un control *top-down* sobre las influencias del circuito emocional *bottom-up* en función de adaptar la conducta de manera flexible, focalizar la atención y evitar la interferencia de información.

Una gran variedad de estudios ha demostrado que los estímulos emocionales tienen una mayor capacidad de atraer la atención que los neutros y que, aquellos con valencia negativa tienen un mayor impacto en las mujeres que en los hombres, de tal manera que, evaluar las diferencias sexuales de la influencia emocional *bottom-up* sobre mecanismos de control *top-down* en una tarea de inhibición de la sácada refleja ante estímulos de rostros emocionales a través de la ejecución conductual y de la amplitud del componente presacádico (CPS) de los potenciales relacionados a eventos es altamente relevante.

Con base en lo anterior se plantean las preguntas de investigación:

¿La valencia de los rostros con expresión facial emocional de enojo tendrá influencia en el desempeño de la inhibición de la sácada refleja de manera distinta en el grupo de hombres y mujeres?

¿De qué manera influye la valencia de los rostros con expresión emocional de enojo en la amplitud del CPS durante la inhibición de la sácada refleja en función del sexo?

¿De qué manera se distribuye el CPS en las regiones frontales en función del sexo?

### **Hipótesis General**

Las mujeres tendrán una mayor amplitud en el CPS que los hombres durante la inhibición de la sácada refleja ante los rostros con expresión emocional de enojo.

### **Hipótesis Específicas**

Tanto mujeres como hombres presentarán un mayor número de errores de inhibición sacádica ante las expresiones faciales de enojo versus las neutras.

Tanto mujeres como hombres presentarán mayor amplitud del CPS durante la inhibición de la sácada refleja ante rostros de enojo versus rostros neutros.

Las mujeres tendrán una mayor amplitud del componente CPS en las regiones frontales izquierdas comparados con los hombres durante la inhibición de la sácada refleja.

### **Objetivo**

Identificar las diferencias sexuales en la inhibición de la sácada refleja ante rostros con expresión emocional de enojo y expresión neutra a través de la amplitud del componente presacádico.

### **Objetivos específicos**

Identificar las diferencias sexuales conductuales en la inhibición de la sácada refleja ante rostros con expresiones faciales enojo comparada con la neutra.

Identificar las diferencias sexuales en el efecto de la valencia de expresiones faciales de enojo reflejadas en la amplitud del CPS.

Identificar las diferencias sexuales en la distribución frontal del CPS durante la inhibición de la sácada refleja ante rostros con valencia emocional de enojo en comparación con la neutra.

### **Variables Independientes**

Sexo: femenino y masculino.

Valencia emocional de los estímulos: neutra y enojo.

### **Variables Dependientes**

Número de inhibiciones sacádicas correctas

Número de prosácadas correctas

Número de ensayos stop correctos.

Amplitud del CPS.

## **7. MÉTODO**

### **Participantes**

La muestra fue conformada por 15 mujeres y 15 hombres adultos diestros con un rango de edad entre los 24 y los 35 años. Los participantes fueron divididos en dos grupos según su género además de cumplir con los siguientes criterios:

### **Criterios de inclusión**

- Participación voluntaria
- Edad entre 24 y 35 años 11 meses
- Licenciatura terminada
- Sanos
- Diestros

### **Criterios de exclusión**

- Abandono voluntario
- Que presente problemas en el registro de EEG
- Padecimiento de enfermedad neurológica o psicopatológica
- Que cumpla los criterios diagnósticos de TDAH
- Consumo de sustancias que afecten el SNC

### **Procedimiento**

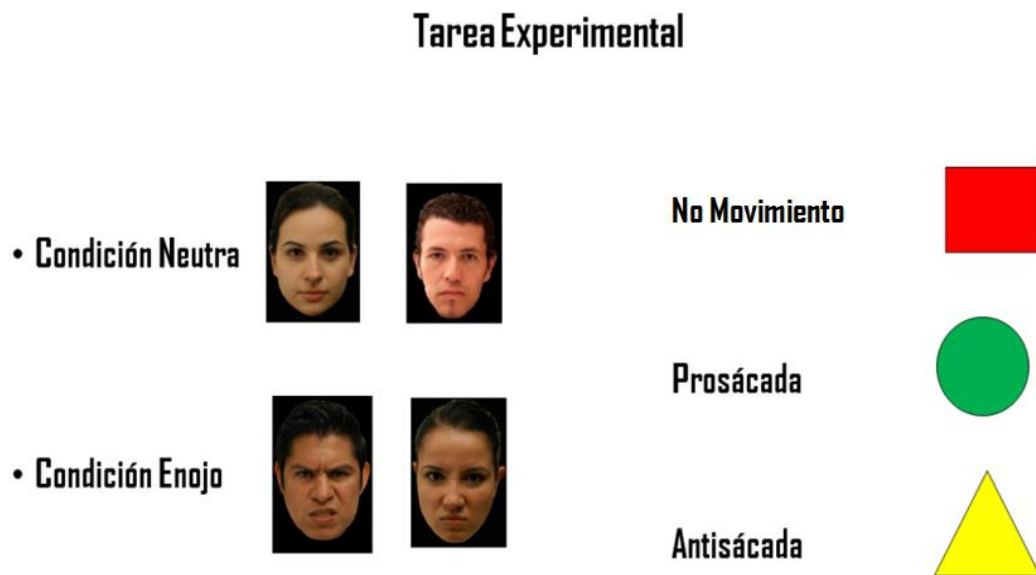
#### **Tarea experimental**

Se utilizó una tarea antisácada, la cual estuvo conformada por 120 estímulos (40 prosácada, 40 antisácada y 40 no movimiento). Los estímulos utilizados fueron rostros con expresión neutra y enojo. Las distintas variables

formaron una condición de registro particular, es decir se realizaron 2 tareas experimentales que constaron de 120 estímulos en cada condición.

Cada tarea tuvo tres tipos de ensayos en la misma proporción que estuvieron distribuidos de manera semialeatorizada. Cada tipo ensayo implica una instrucción distinta:

- Ensayos prosácada: dirigir la mirada al estímulo que aparezca en el vector izquierdo o derecho de la pantalla (40 ensayos).
- Ensayos antisácada: dirigir la mirada en el vector opuesto en el que aparezca el estímulo (40 ensayos).
- Ensayo de no movimiento: mantener la mirada en el punto central de fijación ignorando la aparición de estímulos en los vectores izquierdo y derecho (40 ensayos).



**Figura 4.** Panel izquierdo: estímulos para condición experimental. Panel derecho: clave para cada tipo de ensayo conductual.

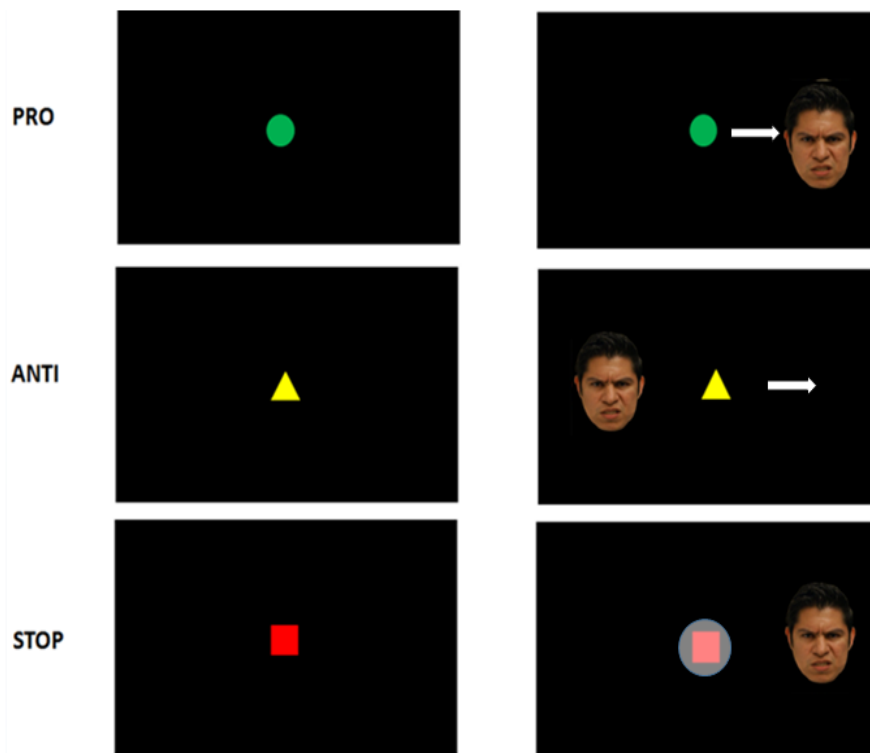
La instrucción dada a los participantes fue la siguiente:

Al centro de la pantalla aparecerán distintas marcas que indicarán el tipo de respuesta que debes realizar. Cuando aparezca un círculo verde deberás dirigir tu mirada hacia la dirección que aparezca la imagen, ya sea al costado izquierdo o



derecho. Cuando aparezca un triángulo amarillo, deberás dirigir tu mirada en la dirección opuesta a la que aparezca la imagen, es decir deberás evitar mirar en la misma dirección de la imagen. Cuando aparezca un cuadrado rojo deberás mantener tu mirada en el centro de la pantalla ignorando las imágenes que aparezcan a los lados. Trata de realizar el movimiento ocular lo más preciso posible.

## Tarea Experimental



**Figura 5.** Panel izquierdo: Muestra para ensayos prosácada (PRO), antisácada (ANTI) y no sácada (STOP). Panel derecho: Ejemplo de dirección de la mirada en cada uno de los ensayos.

El tren de estímulos constó de un punto de fijación al centro de la pantalla (cruz blanca 2°) con una duración de 500 ms, posteriormente se presentó la clave para responder (cuadrado rojo, círculo verde y triángulo amarillo 2°) con duración de 600 ms y finalmente, el estímulo (4.5° de ancho y 6.25° de alto) ubicado en el lado izquierdo o derecho (a una distancia de 10° del punto central de fijación) con

una duración de 400 ms. Los participantes se sentaron a una distancia de 60 cm de la pantalla.

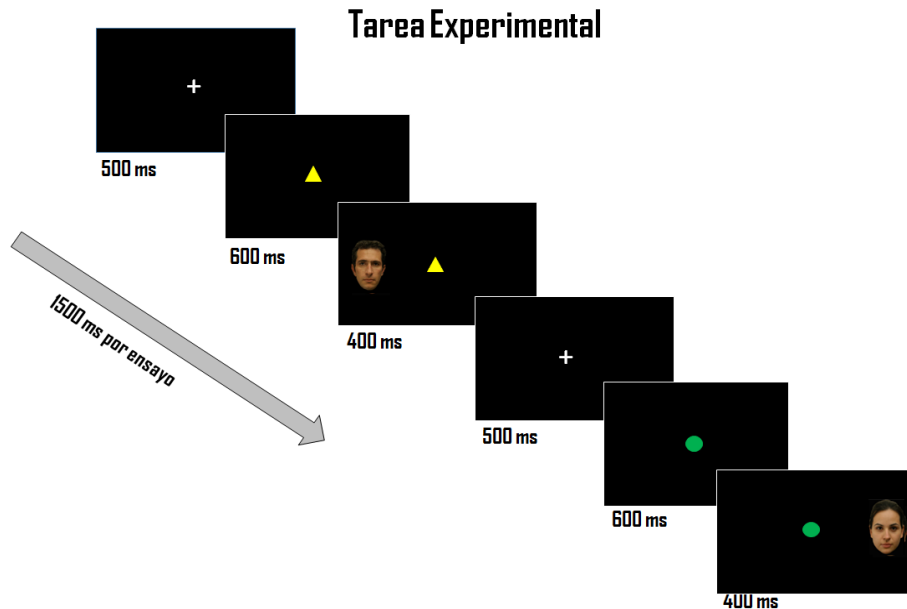


Figura 6. Segmento con tiempos en milisegundos de la secuencia de eventos en la tarea antisácada.

El experimento se llevó a cabo en dos etapas:

En la primera etapa se aplicó una historia clínica y escalas para mantener una muestra homogénea en medida de lo posible:

- Historia clínica
- Escala de inteligencia WAIS-III para estimación de CI (cubos y vocabulario)
- Prueba de Lateralidad de Annett

Para las participantes del sexo femenino, se establecieron las citas en función de la etapa del ciclo menstrual en la que se encontraban, de manera que los registros se distribuyeron uniformemente a lo largo del ciclo con el fin de que esta variable no afectara los resultados.

En la segunda etapa del experimento se realizó el registro del EEG mientras se respondió a una tarea de inhibición de la sácada refleja en una computadora.

La detección de los movimientos sacádicos se realizó a través del equipo “SMI” (Sensorimotoric Instruments).

El EEG se registró con un gorro con 64 electrodos principalmente en áreas de la región fronto-central bajo los criterios de distribución del sistema internacional 10-10.

Se utilizó una referencia cortocircuitada a las aurículas de las orejas. Se registró el EOG con electrodos libres en los cantos externos de los ojos para la detección de artefactos por parpadeo. La impedancia para cada electrodo fue menor a 5 KOhms. Se utilizó una frecuencia de muestreo de 500 Hz y se aplicó un filtro pasa altas de 0.1 Hz y un filtro pasa bajas de 50 Hz.

Una vez terminada la sesión de EEG se realizó la selección de segmentos de actividad eléctrica cerebral sincronizados con la sácada. Estos segmentos se encontraron libres de artefactos endógenos y exógenos para el posterior análisis de PREs. Se analizaron 250 ms previos a la sácada y hasta 50 ms posteriores a la misma.

### **Análisis Estadístico**

Se utilizó un ANOVA de diseño mixto de 2 factores grupos: (mujeres y hombres); condición: (neutra y enojo), para las medidas conductuales (prosácadas correctas, antisácadas correctas y no sácadas correctas).

Se utilizó un ANOVA de diseño mixto de 3 factores individual para los ensayos prosácada y antisácada; grupos (mujeres y hombres); condiciones: (neutra y enojo); regiones (F3, F4, AF3 y AF4) para las medidas electrofisiológicas.

## **8. RESULTADOS**

### **Sujetos**

La muestra final estuvo conformada por 30 participantes (15 hombres y 15 mujeres) con una edad entre los 24 y los 35 años 11 meses, todos cumplieron con

los criterios de inclusión. En la tabla 1 se describen las características de los participantes.

**Tabla 1. Características de la muestra.**

Grupo	n	Edad	WAIS-III CI (V + C)
Hombres	15	26.47(1.66)	121.26(9.71)
Mujeres	15	25.92(2.35)	118.53(.45)
<b>T Student</b>		p=.142	p=.702

Nota. CI= coeficiente intelectual breve; V=vocabulario; C=diseño con cubos.

## 8.1 Resultados Conductuales

En las tabla 2 se muestran los resultados de los análisis de varianza de las respuestas correctas para los ensayos prosácada, antisácada y no movimiento, respectivamente.

**Tabla 2. Resultados estadísticos de las respuestas correctas en los ensayos prosácada.**

Factor	gl	Respuestas Correctas Prosácada			Respuestas Antisácada			No sácada		
		F	p	$\eta^2$	F	p	$\eta^2$	F	p	$\eta^2$
A Sexo	1,1	.30	.58	.01	.464	.501	.016	.673	.419	.023
B Condición	1,1	2.21	.14	.073	1.19	.285	.041	2.181	.151	.072
A X B	1,1	.01	.91	.00	.041	.841	.001	3.303	<b>.080</b>	.106

## PORCENTAJE DE RESPUESTAS CORRECTAS

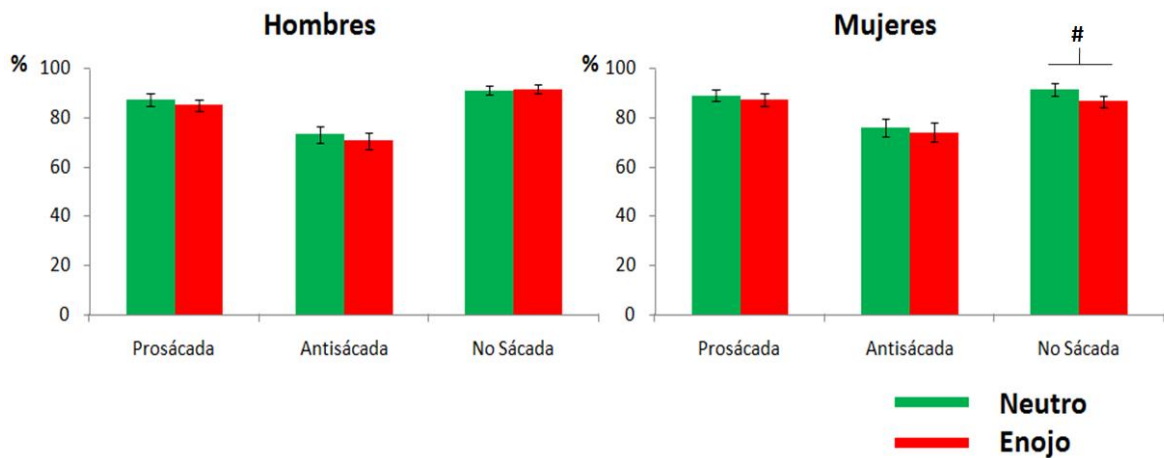


Figura 7. Porcentajes de respuestas correctas con barras de error en los grupos de hombres y mujeres ante los estímulos neutros y de enojo ( $p=.08$  #).

No se obtuvieron diferencias significativas entre hombres y mujeres en el número de respuestas correctas prosácada y antisácada.

Tampoco se observaron diferencias entre las condiciones neutra y enojo número de respuestas correctas prosácada, antisácada y no sácada. Sin embargo se registro una tendencia ( $p=.08$ ) en la interacción Sexo X Condición en los ensayos no sácada, que indica que las mujeres tuvieron un mayor número de errores en la condición de enojo vs la neutra. (Figura 7 y 8).

El número de respuestas correctas en los ensayos antisácada fue significativamente menor que en los ensayos prosácada ( $p<.001$ ) y no sácada ( $p<.001$ ).

## 8.2 Resultados Electrofisiológicos

Se evaluó la amplitud del componente presacádico (CPS) el cual aparece alrededor de 20 ms previo al inicio de la sácada. En nuestros resultados, dicho componente no presenta un pico claro en su morfología y presentó una mayor amplitud en los ensayos antisácada que los prosácada. Se identificó el inicio de la sácada en el promedio individual y se promediaron los valores de la amplitud de

50 ms de señal previa para obtener un valor de amplitud (Figura 9), por esta razón no fue posible analizar la señal eléctrica de los ensayos no sácada, sin embargo, los resultados obtenidos en la ejecución de estos se considera en conjunto con los hallazgos electrofisiológicos en la discusión.

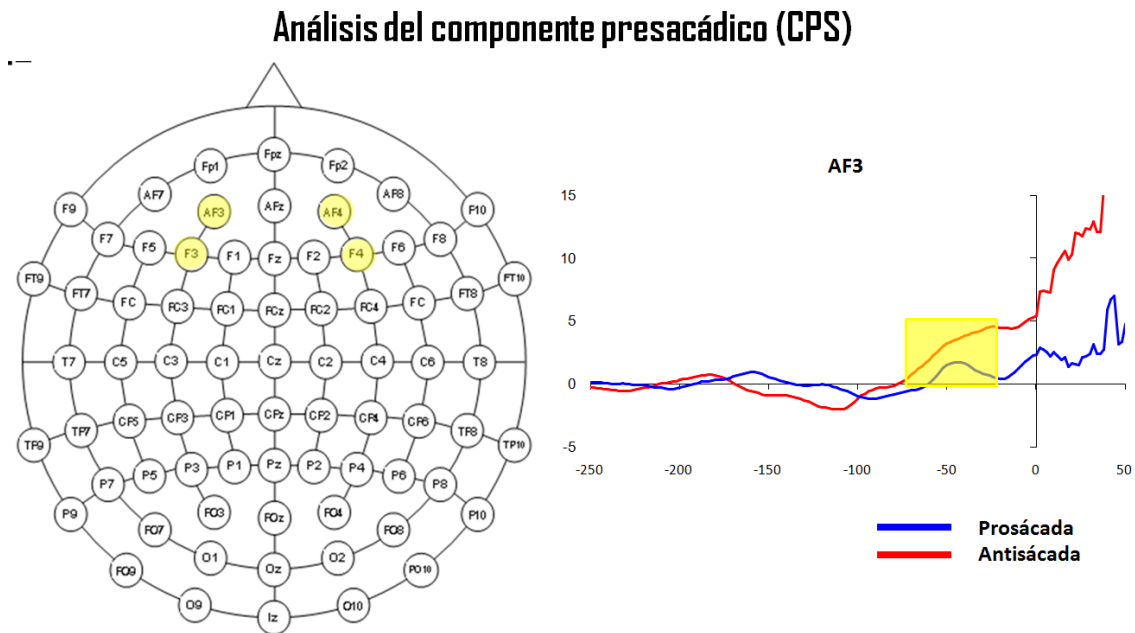


Figura 8. Panel izquierdo resalta en amarillo las regiones en las que se evaluó el CPS. Panel de la derecha ilustra el segmento de tiempo que se analizó para obtener la amplitud del CPS (El "0" en la línea de tiempo ilustra la sácada).

Las tablas 3 y 4 muestran los resultados del análisis de varianza de la amplitud del CPS en los ensayos prosácada y antisácada respectivamente.

**Tabla 3. Resultados estadísticos de la amplitud del CPS en los ensayos prosácada.**

Factor	gl	Componente Presacádico (CPS)		
		Prosácada		
		F	p	$\eta^2$
A Sexo	1,28	1.32	.26	.04
B Condición	1,1	3.56	.06	.11
C Región	3,1	2.27	.09	.07
A X B	1,1	1.48	.23	.05
A X C	3,1	1.87	.14	.06
B X C	3,1	.95	.41	.03
A X B X C	3,1	2.23	.09	.07

**Tabla 4. Resultados estadísticos de la amplitud del CPS en los ensayos antisácada.**

Factor	gl	Componente Presacádico (CPS)		
		Antisácada		
		F	p	$\eta^2$
A Sexo	1,28	.89	.35	.03
B Condición	1,1	.16	.68	.006
C Región	3,1	5.42	<b>.004</b>	.16
A X B	1,1	1.12	.29	.03
A X C	3,1	3.40	<b>.029</b>	.10
B X C	3,1	.06	.96	.002
A X B X C	3,1	4.73	<b>.008</b>	.14

### **Diferencias Sexuales y Condiciones**

No se observaron diferencias en el sexo como factor principal en la amplitud del CPS en las prosácadas ni en las antisácadas. Tampoco se observaron diferencias en la amplitud del CPS en las condiciones como factor principal .

Se observó una interacción significativa de sexo X condiciones X derivaciones en donde se observa que las mujeres tienen una mayor amplitud del CPS que los hombres en la condición de enojo en F3 ( $p=.002$ ) y en F4 ( $p=.02$ ) en los ensayos prosácada. Los hombres, por su parte, presentaron una mayor amplitud del CPS que las mujeres en la condición de enojo ( $p=.04$ ) en AF4 en los ensayos prosácada y antisácada ( $p=.01$ ) y; en la condición neutra en F3 ( $p=.03$ ) en los ensayos antisácada.

Las mujeres tuvieron una mayor amplitud del CPS en la condición de enojo en F3 ( $p=.004$ ) y F4 ( $p=.001$ ) versus la AF4 en los ensayos antisácada. Las mujeres tienen una mayor amplitud del CPS en F4 vs la AF4 ( $p=.02$ ) en los ensayos prosácada.

Las mujeres presentaron una mayor amplitud del CPS en la derivación F3 en la condición de enojo vs la neutra ( $p=.005$ ) en los ensayos prosácada.

Se observó una tendencia ( $p=.06$ ) a que las mujeres tuvieran una mayor amplitud del CPS en la región F3 en la condición de enojo vs la neutra en los ensayos antisácada. Además, las mujeres tuvieron una mayor amplitud del CPS en la condición neutra en la derivación AF4 que en la F4 ( $p=.01$ ) en los ensayos antisácada.

## **Regiones**

La derivación F4 tuvo una mayor amplitud del CPS que la AF4 ( $p=.006$ ) en los ensayos antisácada.

Las figuras 9 a la 12 muestran los potenciales relacionados a eventos del CPS ilustrando las diferencias entre los ensayos prosácada y antisácada en hombres y mujeres en las condiciones neutra y enojo.

Las figuras 13 a la 16 ilustran las diferencias en el CPS entre las condiciones neutra y enojo en hombres y mujeres en los ensayos prosácada y antisácada.

Las figuras 17 a la 20 se ilustran las diferencias sexuales de el CPS en las condiciones neutra y enojo para los ensayos prosácada y antisácada.



La figura 21 muestra las diferencias sexuales en la amplitud del CPS en la condición de enojo y neutra para prosácadadas y antisácadadas. La figura 22 muestra las diferencias entre condiciones de enojo y neutra para hombres y mujeres en prosácadadas y antisácadadas.

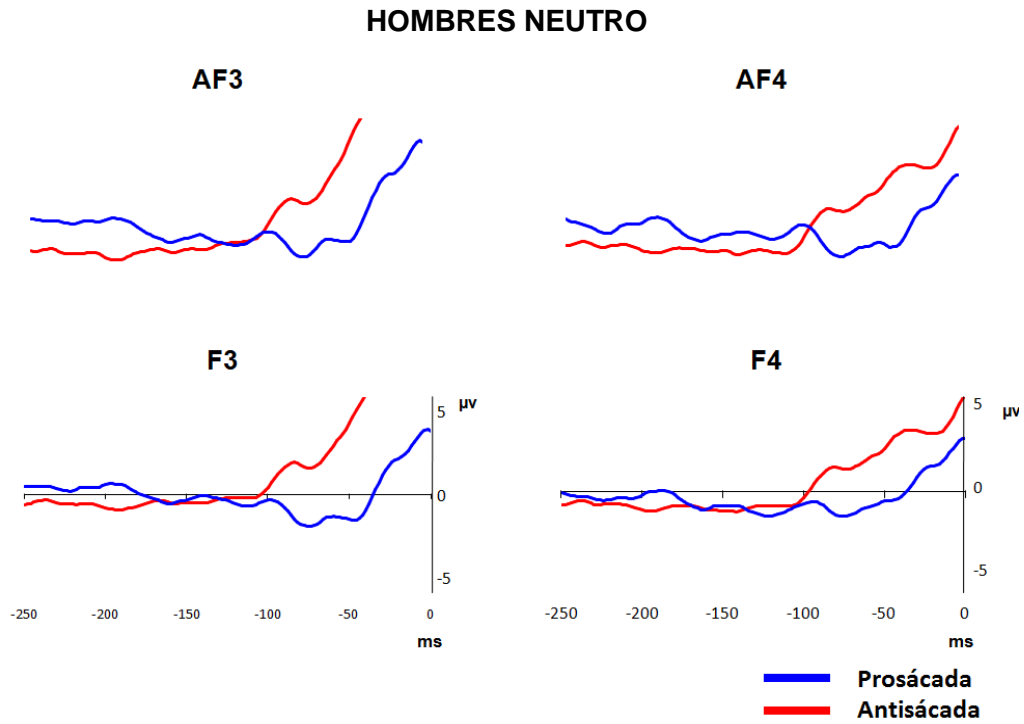


Figura 10. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición neutra en el grupo de hombres. El "0" en la línea de tiempo corresponde al inicio de la sácada. Tiempo expresado en milisegundos y voltaje en microvolts.

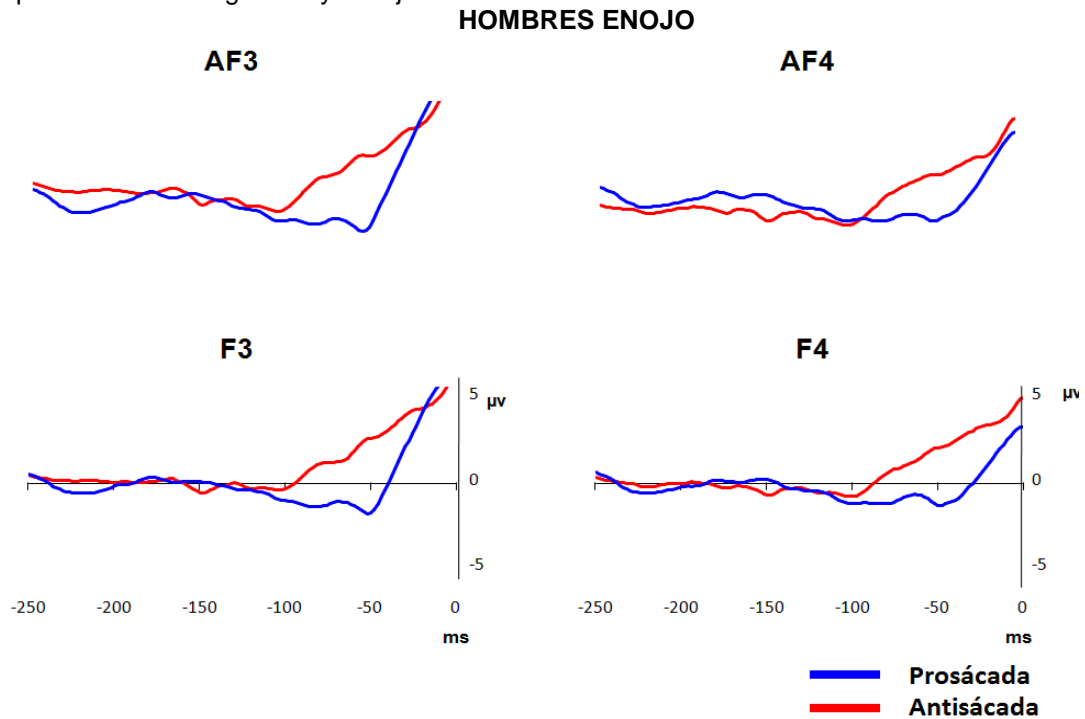


Figura 11. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición neutra en el grupo de hombres.

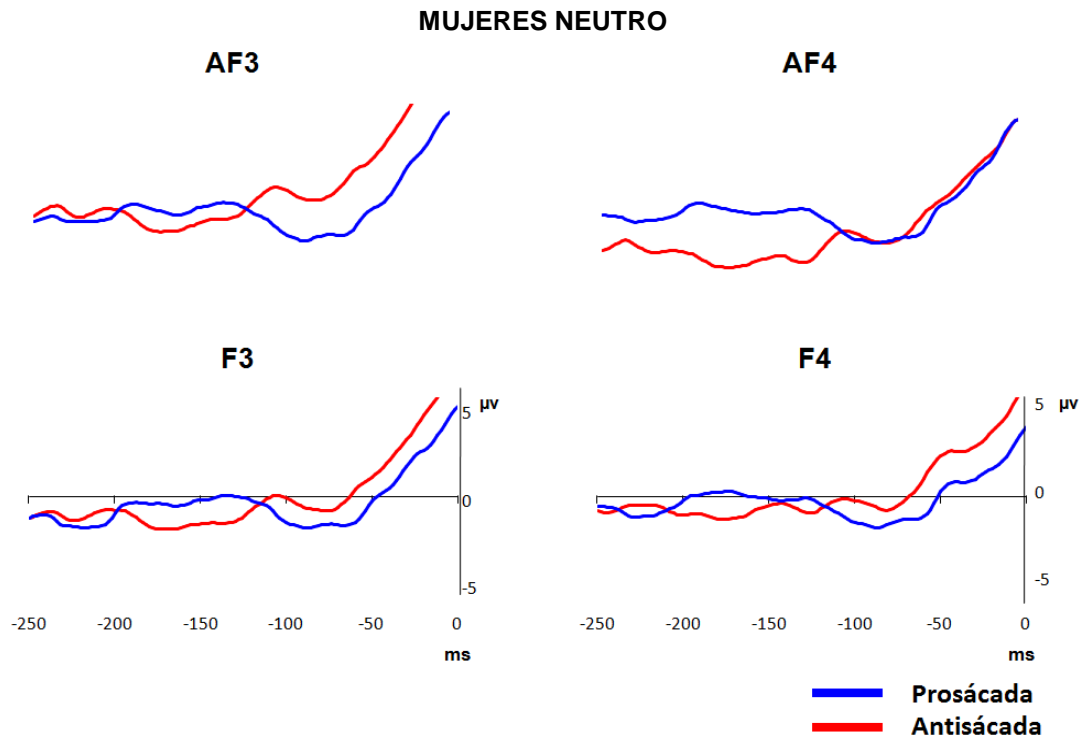


Figura 12. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición neutra en el grupo de mujeres.

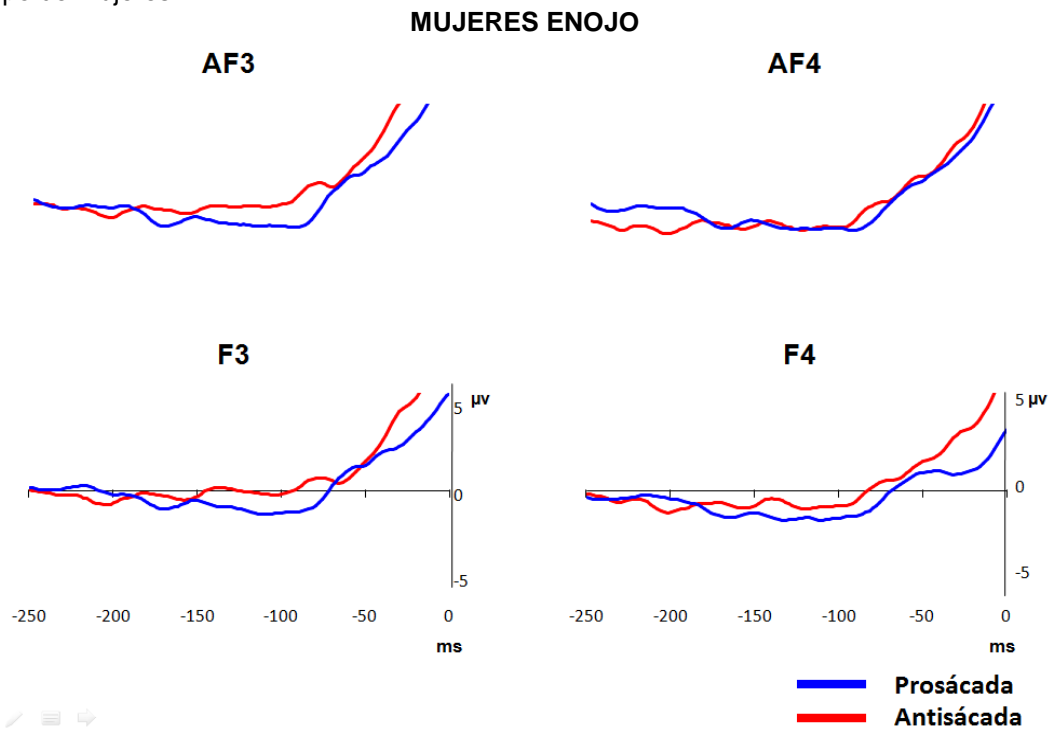


Figura 13. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición de enojo en el grupo de mujeres.

### HOMBRES PROSÁCADA

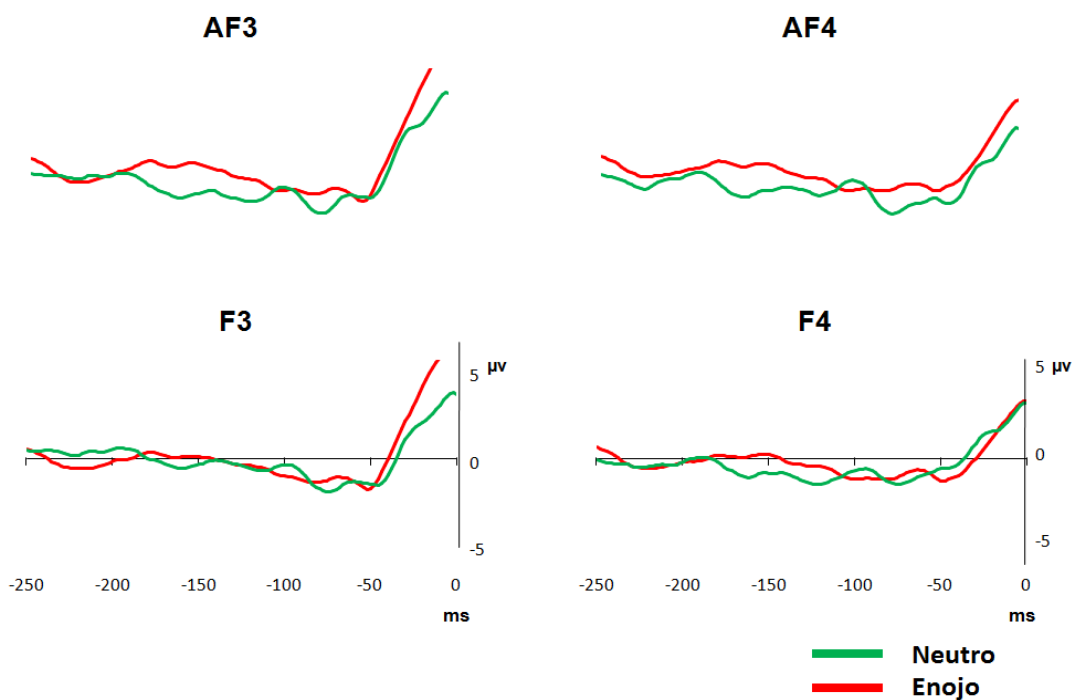


Figura 14. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en las 2 condiciones en el grupo de hombres en los ensayos prosácada.

### HOMBRES ANTISÁCADA

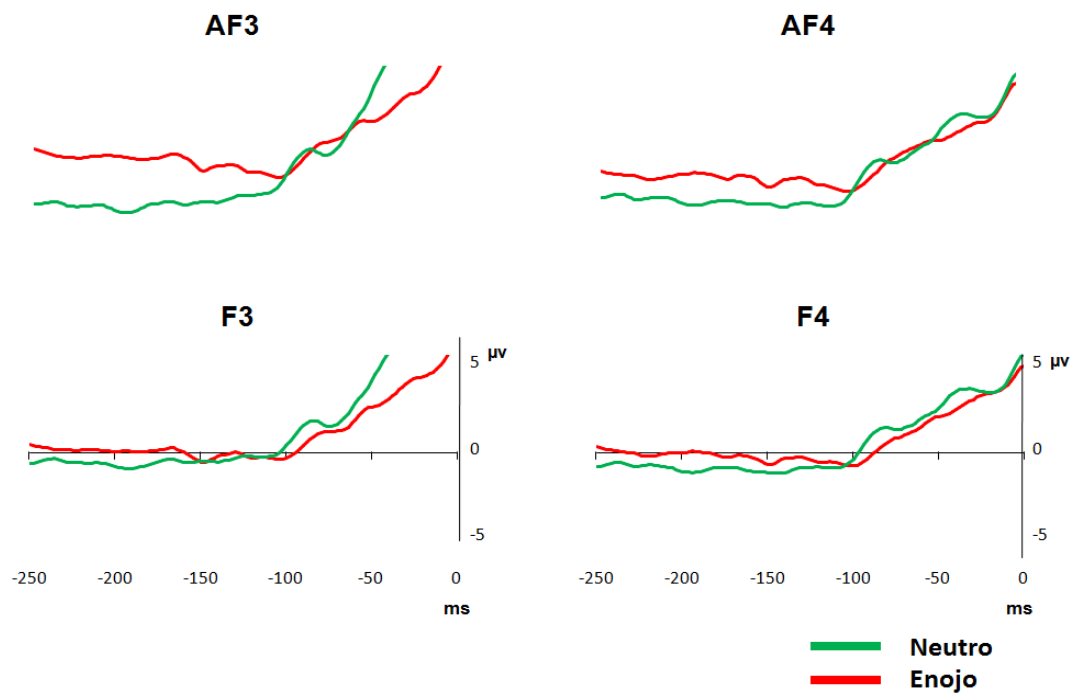


Figura 15. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en las 2 condiciones en el grupo de hombres en los ensayos antisácada.

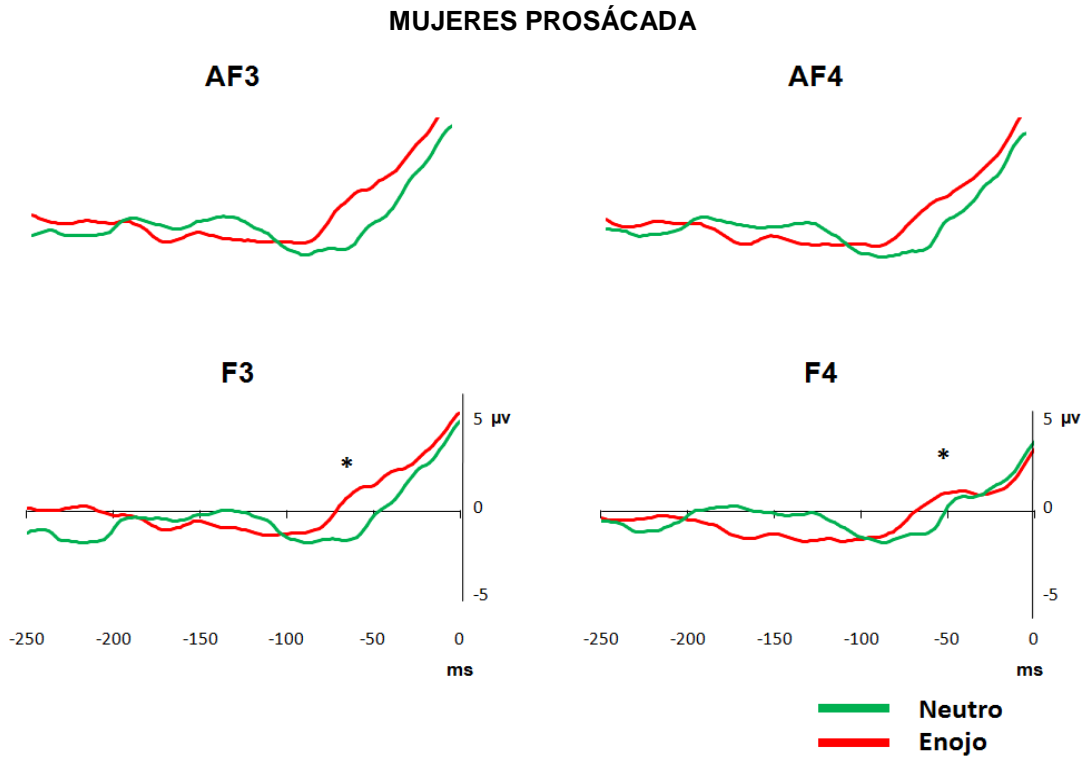


Figura 16. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en las 2 condiciones en el grupo de mujeres en los ensayos prosácada.  $p < .05^*$

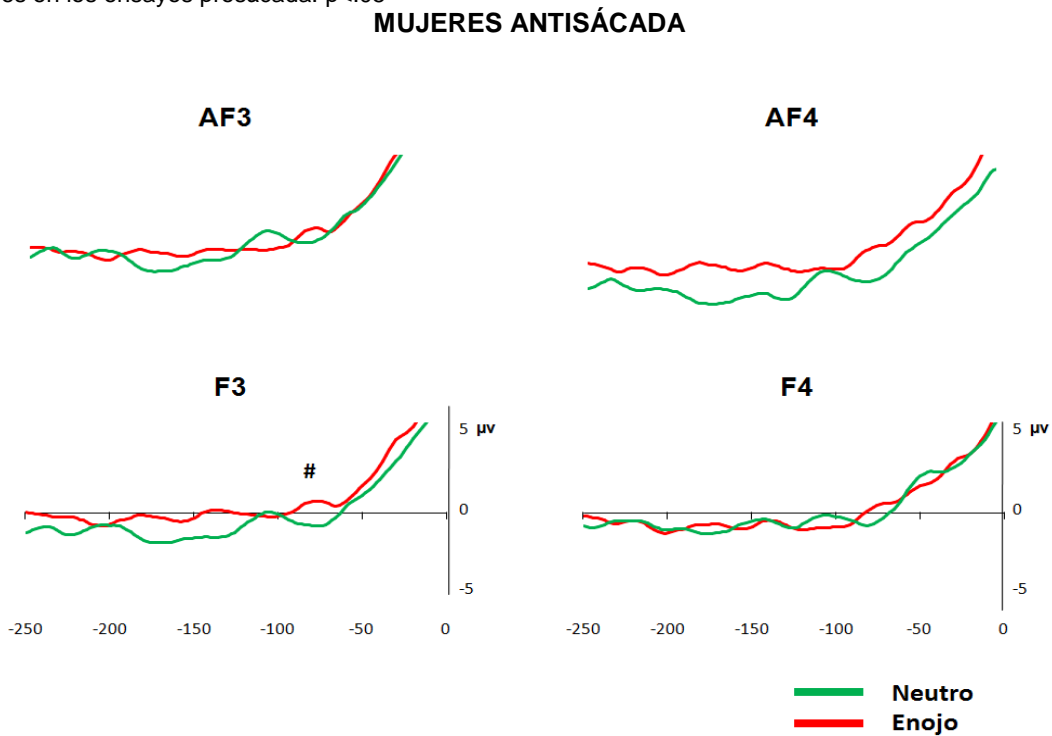


Figura 17. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en las 2 condiciones en el grupo de mujeres en los ensayos prosácada.  $p = .06 \#$

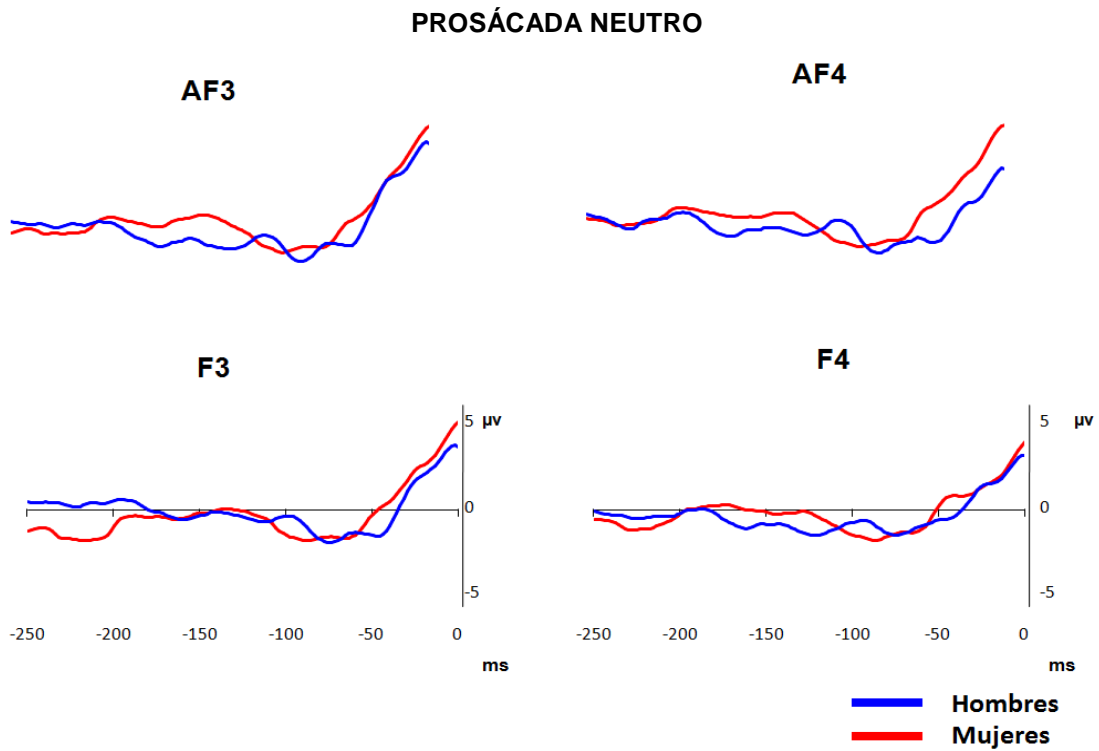


Figura 18. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición neutra en los ensayos prosácada.

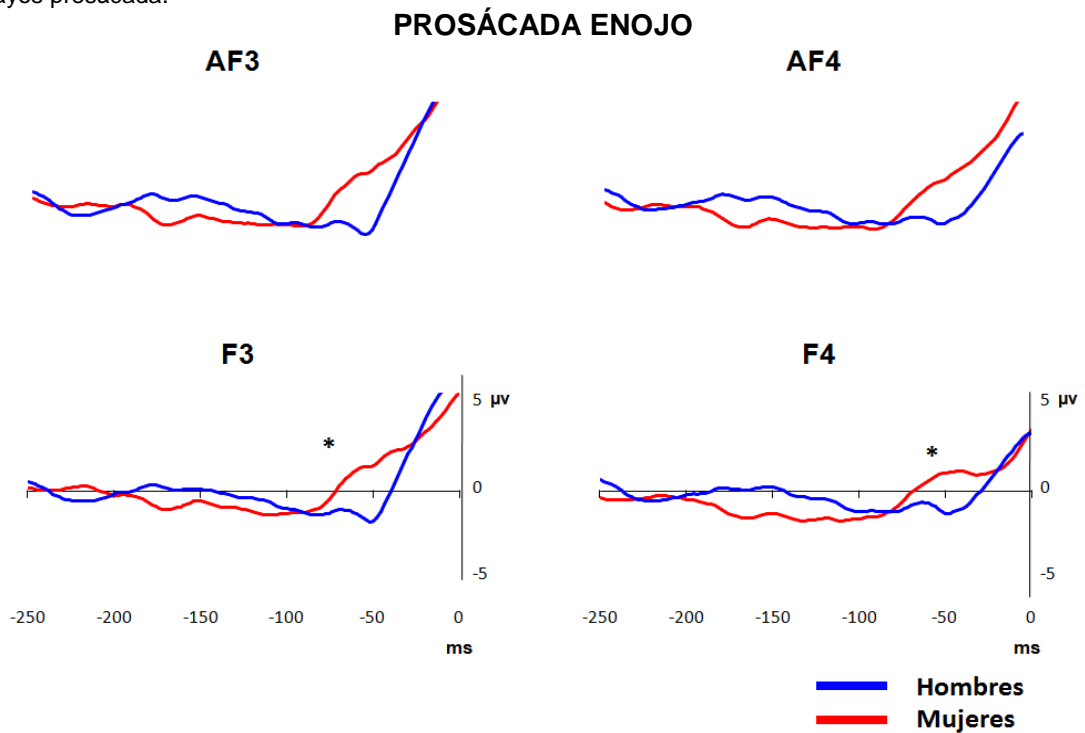


Figura 19. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición de enojo en los ensayos prosácada.  $p < .05$  \*.

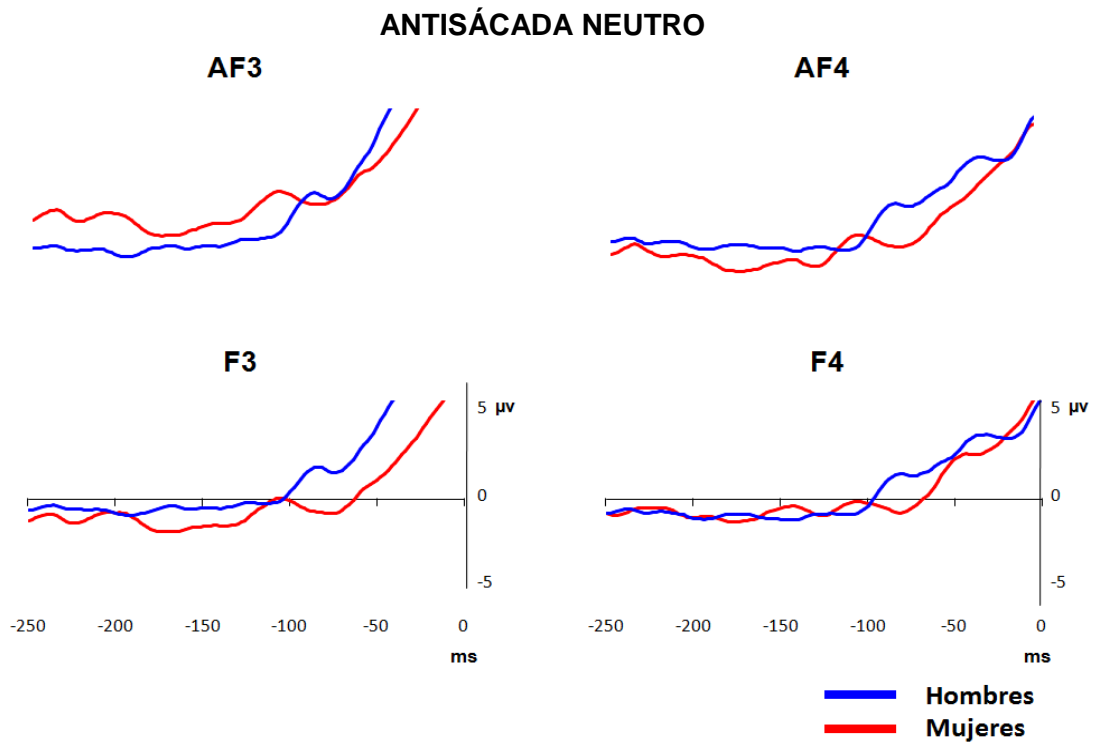


Figura 20. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición neutra en los ensayos antisácada.

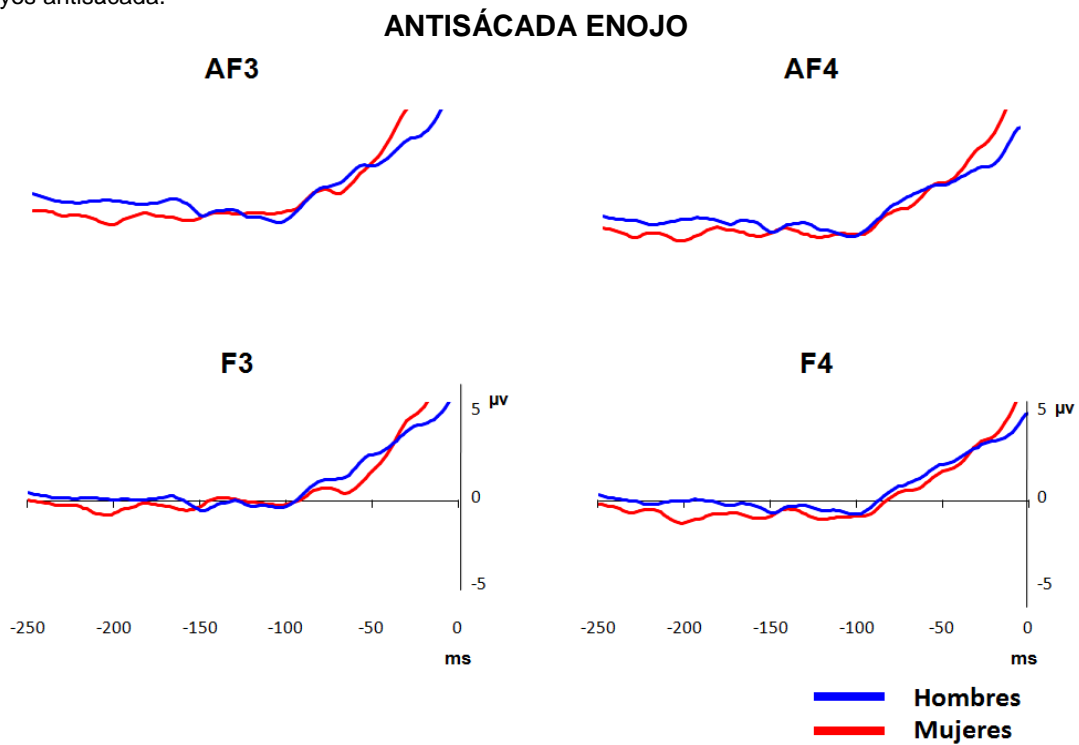


Figura 21. Grandes promedios de los potenciales relacionados a eventos en la condición de enojo en los ensayos antisácada.

## DIFERENCIAS SEXUALES

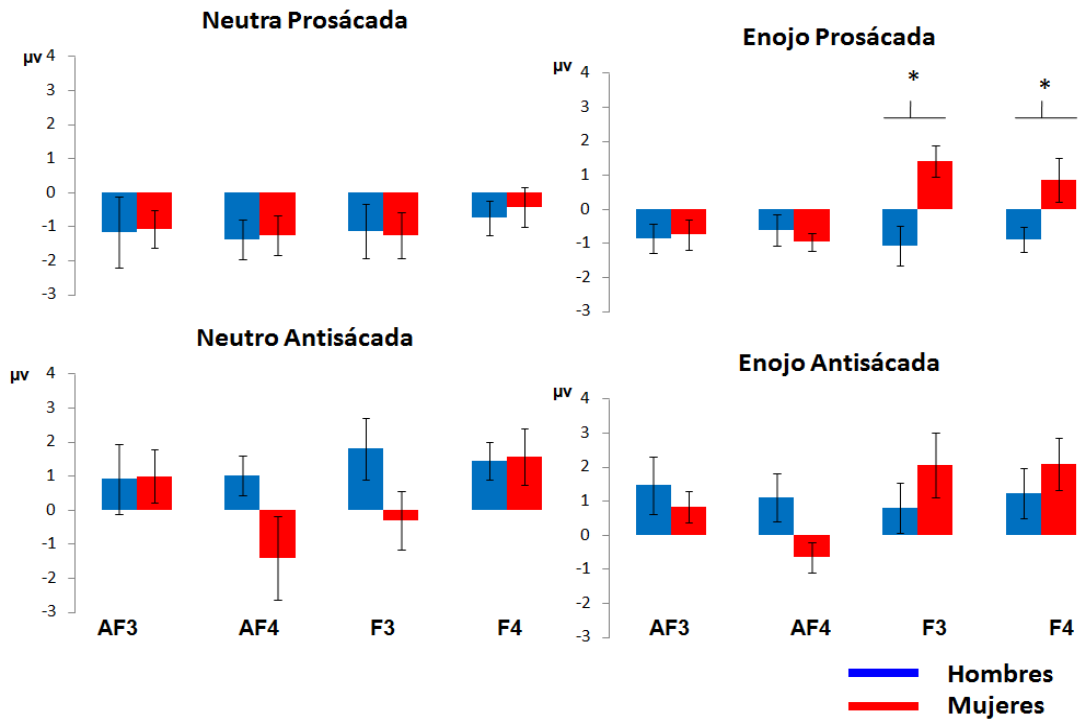


Figura 22. Medias y error estándar de la amplitud del componente presádico en los ensayos antisádica en las 2 condiciones en ambos grupos.  $p < .05^*$

## DIFERENCIAS ENTRE CONDICIONES

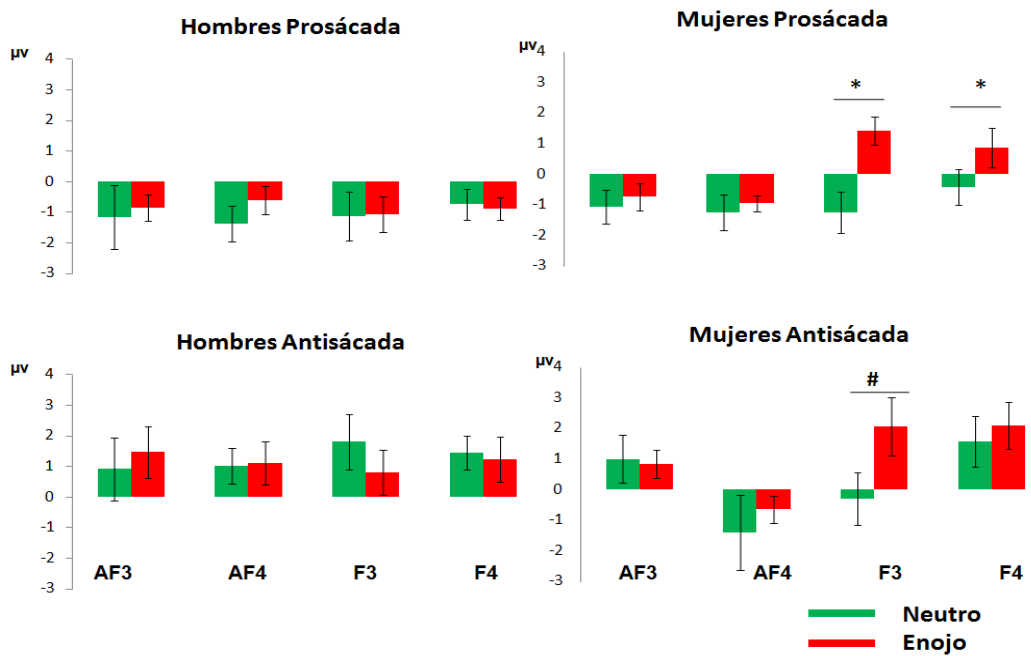


Figura 23. Medias y error estándar de la amplitud del componente presádico en las en hombres y mujeres en los ensayos prosádica y antisádica.  $p < .05^*$ ,  $p = .06 \#$ .



### **8.3 Resumen de resultados**

#### **Conductuales:**

En general se observa que las antisácadas (75%) tuvieron un mayor número de errores que los ensayos prosácada (85%) y no sácada (90%).

No hubo diferencias sexuales significativas en el porcentaje de respuestas correctas prosácada, antisácada y no sácada. Tampoco se observaron diferencias en el porcentaje de respuestas correctas prosácada, antisácada y no sácada en función de las condiciones neutra y enojo. Se observó una tendencia en la interacción sexo X condiciones en la que se observa que las mujeres tuvieron una mayor cantidad de errores en los ensayos no sácada en la condición enojo vs neutra.

#### **Electrofisiológicos:**

##### **Diferencias Sexuales y Condiciones**

Las mujeres tuvieron una mayor amplitud del CPS que los hombres en la condición de enojo en los ensayos prosácada en las derivaciones F3 y F4.

Se observó una tendencia en la que la condición de enojo tiene una mayor amplitud del CPS que la neutra en las prosácadas como factor principal, sin embargo, las mujeres sí presentaron una mayor amplitud del CPS en la condición de enojo vs la neutra en los ensayos prosácada, dicho efecto es mayor en la derivación F3.

Se registró otra tendencia en la que las mujeres tuvieron una mayor amplitud del CPS en la condición de enojo vs la neutra en los ensayos antisácada, de igual manera en la región F3.

Las mujeres tuvieron una mayor amplitud del CPS en la condición de enojo la región F3 y F4 que AF4 tanto en prosácadas como antisácadas.

#### **Regiones**

La derivación F4 tuvo una mayor amplitud del CPS que la derivación AF4 en los ensayos antisácada.

## 9. DISCUSIÓN

### Resultados Conductuales

Respecto a la ejecución conductual, los ensayos antisácada tuvieron un menor porcentaje de respuestas correctas (75%) con respecto a las condiciones prosácada (85%) y no sácada (90%). Dicho hallazgo confirma que la supresión y reprogramación de una respuesta automática como es la sácada refleja implica un grado mayor de dificultad. La habilidad de suprimir respuestas reflejas y generar voluntariamente comandos motores es crucial para adaptar la conducta, dado que libera al organismo de un comportamiento ocasionado por un estímulo y permite llevar a cabo procesos internos voluntarios (Everling & Fischer, 1998).

En una de nuestras hipótesis asumimos que hombres y mujeres tendrían un mayor número de errores en los ensayos antisácada en las condición de enojo, dado que se ha demostrado que estímulos con valencia emocional tienen una mayor capacidad de atraer la atención (Fox, Russo, Bowles, & Dutton, 2001; Lang, Greenwald, Bradley, & Hamm, 1993), en especial rostros con expresión de enojo (Calvo, Avero & Lundqvist, 2006; Fox et al., 2000). Además, cuando un estímulo aparece repentinamente en el campo visual periférico atrae la atención de manera automática. En nuestro experimento no observamos el efecto de la valencia emocional reflejado en el número de antisácadas correctas entre las distintas condiciones. Los estímulos emocionales tienen la capacidad de influir en el control flexible de la conducta y la toma de decisiones (Bechara, Damasio, Damasio & Lee, 1999; Cardinal et al., 2002; Stevens & Hamann, 2012) a través del llamado *circuito emocional* descrito por Damasio (1994) y LeDoux (1996) que incluyen la amígdala, el estriado ventral, el núcleo accumbens, la ínsula, la corteza cingulada anterior, corteza prefrontal medial y corteza prefrontal orbital. Estas estructuras participan en la identificación de la valencia y saliencia de un estímulo que llevan a darle un valor incentivo en función de tener la experiencia y regulación emocional. Por otra parte el circuito neural responsable del control cognitivo de la conducta incluye regiones como la CPFDL y la CCA-dorsal (Miller & Cohen 2001), dicho circuito incrementa su actividad con el mero esfuerzo cognitivo voluntario y atenúa

la respuesta emocional en el sistema límbico (amígdala) (Phan et al., 2004; Hariri et al., 2000; Taylor et al., 2003). Un buen desempeño en la tarea antisácada es precisamente un indicador de un buen control cognitivo (Munoz & Everling, 2004; Everling & Fischer 1998) dado que se emplea un control *top-down* en el esfuerzo de suprimir una respuesta automática (Buschman & Miller, 2007), una explicación plausible a nuestros resultados indicaría que a pesar de que los rostros de enojo atraen la atención con mayor facilidad que los rostros neutros, el empleo de un circuito *top-down* de control cognitivo que implica a la CPFDL se interpuso a las influencias del circuito emocional, en otras palabras, los participantes pudieron llevar a cabo las demandas de la supresión de la sácada refleja a pesar de tratarse de estímulos con una valencia emocional. Brown et al. (2012) propusieron la hipótesis aditiva en la que se postula que el procesamiento emocional y el inhibitorio se dan en paralelo en regiones prefrontales como el giro frontal inferior, lo que implica una modulación entre ambos procesos, y que hasta cierto punto podría explicar la ausencia de diferencias en el desempeño de tareas inhibitorias en función de valencias emocionales distintas, asumiendo que en participantes adultos sanos los mecanismos de control *top-down* se interponen a la interferencia emocional.

Una gran variedad de estudios demuestra que las mujeres en comparación con los hombres reclutan una mayor cantidad de recursos neurales en el procesamiento de estímulos emocionales (Lithari et al., 2010; Domes et al., 2010; Gard & Kring, 2007) lo cual se interpreta como un empleo mayor de recursos atencionales. Sin embargo, estudios de diferencias sexuales que emplean paradigmas inhibitorios con estímulos emocionales y sin ellos, no han observado diferencias entre hombres y mujeres en el desempeño de la tarea (Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Ángulo & González-Garrido en proceso; Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Hernández-Villalobos & González-Garrido en proceso; Garavan et al., 2006; Li et al., 2006).

Se ha propuesto que existe una distinta especialización hemisférica cerebral en hombres y mujeres con base al tipo de conexiones predominantes en cada sexo (Ingallhalikar et al., 2013), dicha especialización sería la responsable de

que por una parte los hombres tengan un mejor desempeño que las mujeres en tareas que impliquen problemas visoespaciales, mientras que las mujeres se desempeñan mejor que los hombres en aquellas tareas que impliquen procesamiento verbal-lingüístico (Clements et al., 2006; Kansaku & Kitazawa, 2001; Sommer, Aleman, Bouma & Khan, 2004; Voyer, Voyer & Bryden, 1995). El control inhibitorio es un proceso básico de alto orden y pieza angular en el funcionamiento ejecutivo y el hecho de que hombres y mujeres adultos no presenten diferencias en el desempeño de tareas de inhibición podría deberse a que ambos sexos tienen la misma necesidad de regular su conducta para adaptarse al medio circundante, así entonces, con base a estudios previos que apoyan esta hipótesis (Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Ángulo & González-Garrido en proceso; Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Hernández-Villalobos & González-Garrido en proceso; Garavan et al., 2006; Li et al., 2006), hipotetizamos que si bien hombres y mujeres no difieren en el desempeño observado en tareas de control inhibitorio, las diferencias emergen a nivel cerebral, es decir, cada sexo emplea recursos neurales distintos que podrían ser asociados a distintas estrategias para llegar al mismo resultado.

Nos parece relevante destacar la tendencia observada en los resultados conductuales para los ensayos no sácada, la cual es una interacción sexo x condición que sugiere que las mujeres tuvieron un mayor número de errores de inhibición ante las expresiones de enojo. En términos funcionales podemos argumentar que cada tipo de ensayo implica subprocesos distintos, las prosácadas implican la dirección de la mirada al estímulo que aparece en la periferia, por otra parte, las antisácadas implican la supresión de la respuesta automática y reprogramación del movimiento al lado opuesto de manera voluntaria lo cual implica un mecanismo de control (inhibición) y de flexibilidad cognitiva (shifting), mientras que las no sácadas implican únicamente la supresión de la sácada refleja (inhibición). Con base a lo anterior esta interacción sugiere que las mujeres tuvieron una mayor sensibilidad que los hombres hacia las caras de enojo, la posible explicación neural subyacente se discutirá con los hallazgos observados en el CPS.

## Resultados Electrofisiológicos

### Ensayos

En nuestro trabajo encontramos que los ensayos antisácada tuvieron una mayor amplitud del CPS que los ensayos prosácada.

Una gran cantidad de estudios que han empleado distintas técnicas de aproximación al fenómeno oculomotor han observado una mayor activación en los ensayos antisácada que en los prosácada en estructuras corticales relacionadas con la programación y generación del movimiento sácadico como son la CPFDL, los COF y los COS (Ford, Goltz, Brown & Everling, 2005; Schlag, Schalg-Rey & Pigarev, 1997; Everling, Krapphmann, Flohr, 1997; Evdokimidis, Liakopoulos, Constantinidis & Papageorgiou, 1996; Moster & Goldberg, 1990).

Buschman y Miller (2007) evaluaron el procesamiento oculomotor a través de implantar electrodos en monos en regiones corticales como son la CPFL, los COF y la CPI. Observaron que en las antisácadas primero se activan la CPFL, los COF y la CPI mientras que en las prosácadas el orden es inverso, primero se activa la CPI, los COF y finalmente, la CPFL. A partir de sus resultados proponen que los ensayos antisácada emplean un mecanismo de control *top-down* que implica la supresión de la sácada refleja hacia el estímulo presentado en la periferia y la reprogramación del movimiento hacia el vector opuesto, mientras que las prosácadas emplean mecanismos *bottom-up* dado que no se ejerce control alguno sobre la sácada automática hacia el estímulo en la periferia (Buschman y Miller, 2007). Schlag, Schalg-Rey y Pigarev (1997) observaron en registros celulares que los COS disparan una ráfaga de alta frecuencia previa a la generación de la antisácada, lo cual permite suprimir el movimiento reflejo, por lo tanto, proponen que esta región es la encargada de la programación sácadica. Everling, Krapphmann y Flohr (1997) evaluaron la actividad sácadica a través de PREs corticales encontrando una mayor negatividad presacádica en regiones fronto-centrales en los ensayos antisácada y sugieren que está diferencia es dada por la actividad de los COS. Otros autores que han evaluado la actividad presacádica con PREs, aunque su objetivo principal era evaluar el efecto de sácadas dirigidas hacia la izquierda o la derecha, también reportan una

negatividad presacádica mayor en los ensayos antisácada (Evdokimidis, Liakopoulos, Constantinidis & Papageorgiou, 1996; Moster & Goldberg, 1990).

Como puede observarse en nuestras figuras, nosotros no observamos un componente presacádico negativo claro. El componente presacádico que evaluamos, se obtuvo tras promediar 50 ms previos al inicio de la pendiente asociada con la generación de la sácada, y este resultó con un valor positivo en los grandes promedios. Además, este componente mostró una mayor amplitud en los ensayos antisácada, lo cual nos lleva a sugerir que este resultado es congruente con los estudios que reportan mayor activación presacádica en las antisácadas que las prosácadas (Ford, Goltz, Brown & Everling, 2005; Schlag, Schalg-Rey & Pigarev, 1997; Everling, Krapphmann Flohr, 1997; Evdokimidis, Liakopoulos, Constantinidis & Papageorgiou, 1996; Moster & Goldberg, 1990). El hecho que no hayamos observado la negatividad presacádica característica con mayor amplitud en los ensayos antisácada puede deberse a cuestiones del diseño experimental como la duración de los estímulos, los intervalos de tiempo utilizados o las características de nuestros estímulos, los cuales son rostros masculinos y femeninos a color que implican un procesamiento más complejo que las figuras geométricas simples utilizadas en los estudios de Everling, Krapphmann y Flohr (1997), Evdokimidis, Liakopoulos, Constantinidis Papageorgiou (1996) y Moster y Goldberg (1990).

La mayor amplitud del CPS en los ensayos antisácada y el hecho de que preferentemente, los efectos principales se dan en las derivaciones F3, F4 podrían estar reflejando una mayor actividad en la CPFDL, los COF, y los COS áreas que participan en la generación y programación de la respuesta oculomotora y particularmente, en la supresión de la sácada refleja para orientarla al vector opuesto ejerciendo un control voluntario de tipo *top-down* fundamental para adaptar la conducta de manera adaptativa.

## **Regiones**

La amplitud del CPS fue mayor en la región F4 en los ensayos antisácada en ambos grupos. Estos resultados sugieren que la distribución del CPS en

nuestro estudio ocurrió preferentemente, en regiones frontales derechas. Uno de los principales cuestionamientos podría ser que se dio esa lateralización por una posible evaluación de segmentos de señal que coincidieron con un mayor número de ensayos que presentaron la sácada hacía la región contralateral. Sin embargo, varios estudios con técnicas funcionales distintas evaluaron el efecto de sácadas dirigidas hacia la izquierda o la derecha y observaron que no hay un efecto de lateralización, lo cual sugiere que el control sácadico voluntario se da de manera bilateral en la corteza (Matsuda et al., 2004; Evdokimidis, Liakopoulos, Constantinidis & Papageorgiou, 1996; Rämä et al., 1995; Pierrot-Deseilligny et al., 1995; Malamed & Larsen, 1978; Fox et al., 1985).

Pensamos que una posible explicación a esta lateralización derecha en nuestro estudio estaría dada por el tipo de estímulos empleados, dado que se ha reportado que existe una especialización derecha en el procesamiento temprano, la creación y comparación de representaciones faciales (Levine, Banich, Koch-Weser 1988; Rhodes 1985).

## **Diferencias Sexuales y Condiciones**

Estudios que han evaluado diferencias sexuales en el control inhibitorio no han reportado diferencias sexuales en términos de activación lateralizada a un hemisferio específico (Ramos-Loyo, Llamas-Alonso, Ángulo y González-Garrido, en proceso; Garavan et al., 2006; Li et al., 2006). Nuestros hallazgos no muestran un patrón de lateralización claro en función del sexo, lo cual va de acuerdo a los reportes previos con resultados mixtos.

Una de las preguntas de investigación fue cual sería la influencia de la valencia emocional de rostros de expresiones emocionales en la amplitud del CPS, e hipotetizamos que la amplitud del CPS sería mayor para ambos grupos en la condición de enojo versus la neutra. Observamos una tendencia ( $p=.06$ ) en la que la amplitud del CPS es mayor en la condición de enojo vs la neutra en ambos grupos y ambos tipos de ensayo, dicha diferencia fue significativa únicamente en las mujeres. Este dato apoya la postura de que las expresiones faciales

emocionales, a pesar de encontrarse en el campo visual periférico y no ser enfocadas por la fovea tuvieron un efecto en la amplitud del CPS lo cual es congruente por lo reportado en otros estudios (Rigoulout, D'Hondt, Honoré & Sequeira, 2012; Calvo & Lang, 2005; Calvo & Esteves, 2005; Hartikainen, Ogawa & Knight 2000; Pratto & John, 1991) que demuestran que estímulos con valencia emocional y rostros con expresiones faciales pueden ser detectados más fácilmente que aquellos con valencia neutra, es decir que el procesamiento parafoveal no sólo se limita a la discriminación de características visuales físicas formales si no que pueden procesar expresiones emocionales debido a la alta especialización de los sistemas afectivos dada su relevancia evolutiva.

Hallazgos de PREs y de iRMF reportan que las mujeres presentan mayor activación que los hombres ante el procesamiento pasivo de estímulos emocionales (Gardener, Carr, McGregor & Felmingham, 2013; Lithari et al., 2010; Domes et al., 2010; Gard & Kring, 2007) y particularmente aquellos con valencia negativa (Lithari et al., 2010; Mak et al., 2009; Domes et al., 2010; Gard & Kring, 2007). Padilla y Ramos-Loyo (2011) evaluaron el efecto de la edad y el sexo en la dirección de la atención hacia expresiones faciales emocionales en niños en edad escolar a través de datos obtenidos con el rastreador ocular. En sus resultados se observó que a medida que los niños crecen las expresiones de enojo atraen en mayor medida la atención automática, mientras que disminuye el tiempo de observación a las mismas, además las niñas tuvieron tiempos mayores de observación que los niños hacia las expresiones de enojo. Con base a estos reportes predijimos que el efecto de una mayor amplitud del CPS ante estímulos de enojo vs los neutros sería más grande en las mujeres. En nuestros resultados las mujeres presentaron una mayor amplitud del CPS tanto en prosácadadas como antisácadadas en la condición de enojo vs la neutra en la derivación F3 apoyando nuestra hipótesis.

Anteriormente, ya hemos señalado que estímulos emocionales y particularmente, rostros con expresiones faciales tienen una mayor capacidad de atraer la atención que estímulos neutros, además varios estudios señalan que las expresiones de enojo son detectadas más fácilmente que las de alegría y las



neutras (Reinholdt-Dunne et al., 2012; Calvo, Avero & Lundqvist, 2006; Fox et al., 2000). No podemos negar la relevancia evolutiva que tiene la detección rápida y eficiente de estímulos que potencialmente puedan ser amenazantes o dañinos. En nuestro estudio confirmamos que los rostros con expresión de enojo generaron una mayor amplitud del CPS versus los rostros neutros en las mujeres lo cual sugiere que al ser un estímulo altamente relevante se emplea una mayor cantidad de recursos neurales para su procesamiento. Evidencia en este sentido sugiere que la mayor amplitud del CPS ante los rostros de enojo estaría dado por influencia de estructuras límbicas implicadas en el procesamiento emocional, específicamente se ha demostrado que la amígdala tiene conexiones estrechas con la CPF e influye en la toma de decisiones (Bechara, Damasio, Damasio & Lee, 1999; Cardinal et al., 2002; Stevens & Hamann, 2012). Sin embargo, una de las cuestiones más importantes a discutir es que las diferencias dadas en la amplitud del CPS ocurren en las mujeres. La tendencia conductual observada en la interacción sexo x condición en los ensayos no sácada sugiere que los estímulos de enojo atrajeron en mayor medida la atención de las mujeres reflejado en un mayor número de errores en esta condición comparada con las expresiones neutras, lo cual indicaría mayores influencias *bottom-up* del circuito emocional. Estudios que han evaluado diferencias sexuales en el procesamiento y regulación de las emociones con técnicas de neuroimagen sugieren que los estímulos con valencia negativa tienen un mayor impacto en las mujeres y que su tiempo de procesamiento es más largo (Domes et al., 2010; Gard & Kring 2007), que las mujeres son menos efectivas regulando emociones negativas que los hombres (Mak et al., 2009) y que en reportes conductuales se sugiere que el tipo de estrategias que utilizan las mujeres en la resolución de problemas son más de carácter emocional que racionales ante situaciones estresantes (Nurullah, 2010; Matud et al., 2004). Estos hallazgos van de acuerdo a nuestros resultados, si bien las mujeres no difirieron de los hombres en el desempeño en la tarea antisácada, la mayor amplitud del CPS y la tendencia en la interacción sexo x condición ante los ensayos no sácada, sugieren que las mujeres tuvieron que emplear una mayor cantidad de recursos neurales para ejercer el control efectivo de su conducta. En

sintonía con esta interpretación en estudios que evaluaron diferencias sexuales en la capacidad de regular las emociones reportan que los hombres emplean en mayor medida un sistema *top-down* que involucra regiones como la CPFDL, CPFO y la CCA que las mujeres (Domes et al., 2010; Mak et al., 2009). McRae et al., 2008 evaluaron las diferencias sexuales en la regulación emocional a través reevaluación cognitiva con la técnica de iRMF, en sus resultados observaron mayores decrementos de la actividad en amígdala en los hombres que las mujeres y sugieren que una posible explicación es que los hombres utilizan un menor esfuerzo al regular sus emociones lo cual puede ser entendido como un control *top-down* más efectivo sobre las influencias emocionales *bottom-up*, es decir, les es más sencillo desprenderse de estas situaciones emocionales en orden de completar la tarea en curso.

## 10. CONCLUSIÓN

Podemos concluir con base a la tendencia conductual en la interacción sexo x condición en los ensayos no sácada y en la amplitud del componente presacádico que existen diferencias sexuales en la interacción de los sistemas de control cognitivo y emocional, dado que, las mujeres tendieron a tener un mayor número de errores de inhibición en los ensayos no sácada y además tuvieron una mayor amplitud del CPS ante expresiones emocionales de enojo.

El hecho de que hombres y mujeres no hayan diferido en la ejecución de los ensayos prosácada y antisácada, podría sugerir que a pesar de que las mujeres tuvieron un mayor impacto del circuito emocional de tipo *bottom-up* que los hombres evocado por las expresiones faciales enojo, ambos sexos lograron ejercer un control *top-down* efectivo que les permite controlar su conducta de manera flexible y voluntaria.

En el futuro sería interesante analizar la actividad presacádica ante ensayos prosácada y antisácada con otro tipo de técnicas que permitan observar patrones de activación distintos como conectividad funcional a través de la correlación o coherencia del EEG, dichas técnicas podrían complementar los hallazgos

encontrados en términos de evidenciar un posible procesamiento inter o intrahemisférico característico en cada sexo además de mostrar una influencia de la valencia emocional en los valores de conectividad que permitan una interpretación más completa de este fenómeno.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *The Journal of Neuroscience*, 20(7): 2683:26690.
- Albert, J., López-Martín, S., & Carretié, L. (2010) Emotional context modulates response inhibition: Neural and behavioral data. *Neuroimage*, 49(1):914-21.
- Aron, A. R., & Poldrack, R. A. (2006) Cortical and subcortical contributions to Stop signal response inhibition: role of the subthalamic nucleus. *Journal of Neuroscience*, 26(9):2424-2433.
- Aron, A. R. (2007). The neural basis of inhibition in cognitive control. *The Neuroscientist*, 13(3):2, 14-28.
- Bari, A., & Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 108:44-79.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing an unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1):65-94.
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., & van IJzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and non anxious individuals: a meta-analytic study. *Psychological Bulletin*, 133(1): 1-24.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19(13): 547-581.
- Brown, M. R., Lebel, R. M., Dolcos, F., Wilman, A. H., Silverstone, P. H., Pazderka, H., Fujiwara, E., Wild, T. C., Carroll, A. M., Hodelvsky, O., Zedkova, L., Zwaigenbaum, L., Thompson, A. H., Greenshaw, A. J., & Dursun, S. M. (2012). Effects of emotional context on impulse control. *Neuroimage*, 15;63(1): 434-446.

- Bruce, V. & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3):305-327.
- Buschman, T. J., & Miller, E. K. (2007). Top-down versus bottom-up control of attention in prefrontal and posterior cortices. *Science*, 315(5820): 1860-1862.
- Callerino, A., Borghetti, D., & Sartucci, F. (2004). Sex differences in face gender recognition in humans. *Brain research bulletin*, 15;63(6):443-449.
- Calvo, M. G., & Lang, P. J. (2005). Parafoveal semantic processing of emotional visual scenes. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 31(3);502-519.
- Campbell, A., & Muncer, S., (2009). Can "risky" impulsivity explain sex differences in aggression? *Personality and individual differences*, 47 (5), 402-206.
- Cardinal, R. N. Parkinson, J. A., Hall, J., & Everitt, B. J. (2002). Emotion and motivation: the role of the amygdala, ventral striatum, and prefrontal cortex. *Neuroscience and behavioral reviews*, 26(3): 321-352.
- Corsi-Cabrera, M., del Rio Portilla, Y., & Muñoz-Torres, Z. (2007). Sex-Steroid dimorphic effects on functional brain organization: differences in cognition, emotion and anxiety. In M. T. Czerbska, *Psychoneuroendocrinology Research Trends* (pp.7-72). New York, Nova Science Publishers, Inc.
- Clements, A.M., Rimrodt, S.L., Abel, J.R., Blankner, J.G., Mostofsky, S.H., Pekar, J.J., Denckla, M.B., & Cutting, L.E. (2006). Sex differences in cerebral laterality of language and visuospatial processing. *Brain and language*, 98(2): 150-158.
- Damasio AR (1994): *Descartes' Error*. New York: Avon Books.
- Davidson, R. J., Schwartz, G. E., Pugash, E., & Bromfield, E. (1976). Sex differences in in patterns of EEG asymmetry. *Biological psychology*, 4(2): 119-138.
- Dillon, D. G., & Pizagalli, D. A. (2007). Inhibition of action, thought, and emotion: a selective neurobiological review. *Applied and Preventive Psychology*, 12(3):99-114.

- Derekshan, N., Ansari, T. L., Hansard, M., Shorker, L., & Eysenck, M. W. (2009). Anxiety, inhibition, efficiency, and effectiveness. An investigation using antisaccade task. *Experimental Psychology*, 56(1): 48-55.
- Derekshan, N., Salt, M., & Koster, E. H. (2009). Attentional control in dysphoria: an investigation using the antisaccade task. *Biological psychology*, 80(2): 251-255.
- Desimone, R., Albright, T. D., Gross, C. G., & Bruce, C. (1984). Stimulus-selective properties of inferior temporal neurons in the macaque. *Journal of Neuroscience*, 4:2051-2062.
- Domes, G., Schulze, L., Böttger, M., Grossman, A., Hauenstein, K., Wirtz, P. H., Heinrichs, M., & Herpertz, S. (2010). The neural correlates of sex differences in emotional reactivity and emotion regulation. *Human brain mapping*, 31(5): 758-769.
- Ellis, C. R., Lindstrom, K. L., Villani, T. M., Singh, N. N., Best, A. L., Winton, S. W., Axtell, P. K., Oswald, D. P., & Leung, J. P. (1997). Recognition of facial expressions of emotion by children with emotional and behavioral disorders. *Journal of Child and Family Studies*, 6(4): 453-470.
- Engel, A. K., Fries, P., & Singer, W. (2001). Dynamic predictions: oscillations and synchrony in top-down processing. *Nature Reviews. Neuroscience*, 2(10):704-716.
- Everling, S., & Fischer, B. (1998). The antisaccade: a review of basic research and clinical studies. *Neuropsychologia*, 36(9): 885-899.
- Everling, S., Krappmann, P., & Flohr, H. (1997). Cortical potentials preceding pro- and antisaccades in man. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 102(4): 356-362.
- Ford, K.A., Goltz, H.C., Brown, M.R., & Everling, S. (2005). Neural processes associated with antisaccade task performance investigated with event-related fMRI. *Journal of Neurophysiology*, 94(1): 429-440.
- Fox, E., Russo, R., Bowles, R., & Dutton, K. (2001). Do threatening stimuli draw or hold visual attention in subclinical anxiety. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 681-700.

- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1): 101-135.
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex--an update: time is of the essence. *Neuron*, 30(2):319-333.
- Gard, M. G., & Kring, A. M. (2007). Sex differences in the time course of emotion. *Emotion*, 7(2):429-437.
- Gardener, E. K., Carr, A. R., Macgregor, A., & Felmingham, K. L. (2013). Sex differences and emotion regulation: an event-related potential study. *PLoS One*, 8(10): e73475.
- Garcia-Segura, L. M., & Melcangi, R. C. (2006). Steroids and glial cell function. *Glia*, 54, 485-498.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience*, 3:191-197.
- Gross, J. J., & Thompson, R. A. (2007). Emotion regulation: Conceptual foundations. In J. J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation* (pp. 3–24). New York, NY: Guilford.
- González-Garrido, A.A., Gómez-Velázquez, F.R. y Ramos-Loyo, J. (2013). Exploring the effect of verbal emotional words through event-related brain potentials, In: Francesco Signorelli and Domenico Chirchiglia, *Functional Brain Mapping and the Endeavor to Understand the Working Brain*, pp 109-131.
- González-Garrido A.A., Gómez-Velázquez F.R., Sequeira H, Ramos-Loyo J, & López-Franco A. (2013). Gender Differences in visuospatial working memory. Does emotion matters? *International Journal of Psychological Studies*, 5(1), 11-21. ISSN: 1918-7211.
- Hariri, A. R., Bookheimer, S.Y., Mazziotta, J. C. (2000). Modulating emotional responses: Effects of a neocortical network on the limbic system. *Neuroreport* 11:43– 48.

- Hare, T.A., Tottenham, N., Davidson, M.C., Glover, G.H., & Casey, B.J. (2005). Contributions of Amygdala and Striatal Activity in Emotion Regulation. *Biology Psychiatry*, 57(6):624-32.
- Hare, T.A., Tottenham, N., Galvan, A., Voss, H.U., Glover, G.H., & Casey, B.J. (2008a). Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task. *Biology Psychiatry*, 15;63(10):927-34.
- Hare, T. A., Tottenham, N., Galvan, A., Voss, H. U., Glover, G. H., & Casey, B. J. (2008b). Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task. *Biology Psychiatry*, 63(10), 927-934.
- Harmony, T., Marosi, E., Díaz de León, A. E., Becker, J., & Fernández, T. (1991). Factores de riesgo biológicos y socioculturales que afectan la maduración del EEG en el niño. *Ontogenía Neural*. México. Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas.
- Hartikainen, K., Ogawa, K. H., & Knight, R. T. (2000). Transient interference of right hemispheric function due to automatic emotional processing. *Neuropsychologia*, 38(12): 1576-1580.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Science*, 4(6):223-233.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M.I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 1;51(1):59-67.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. M., & Jesell, T. M. (2012). *Principles of Neural Science*, 5th edition, McGraw-Hill, New York.
- Kansaku, K., & Kitasawa, S. (2001). Imaging studies on sex differences in the lateralization of language. *Neuroscience Research*, 41, 333-337.
- Kret, M. E., & De Gelder, B. (2012). A review on sex differences in processing emotional signals. *Neuropsychologia*, 50(7):1211-1221.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. In P. J. Lang, R. F. Simmons, & M. T. Balabana (Eds.),



- Attention and orienting: *Sensory and motivational processes* (pp.97-135). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- LeDoux JE (1996): *The Emotional Brain*. New York: Touchstone.
- Leon-Carrion, J., García-Orza, J., & Perez-Santamarina, F. J. (2004). Development of inhibitory component of the executive functions in children and adolescent. *International Journal of Neuroscience*, 114(10): 1291-1311.
- Lewin, C. & Herlitz, A. (2002). Sex differences in face recognition--women's face make the difference. *Brain and Cognition*, 50(1):121-128.
- Lithari, C., Frantzidis, C. A., Papadelis, C., Vivas, A. B., Klados, M. A., Kourtidou-Papadeli, C., Pappas, C., Ioannides, A. A., & Bamidis, P. D. (2010). Are females more responsive to emotional stimuli? A neurophysiological study across arousal and valence dimensions. *Brain Topography*, 23(1):27-40.
- Liu, T., Zubieta, J. K., & Heitzeg, M. (2012). Sex differences in anterior cingulate cortex activation during impulse inhibition and behavioral correlates. *Psychiatry Research*, 201(1):54-62.
- Llamas-Alonso, L. A., Ramos-Loyo, J., Angúlo, A., & González-Garrido, A. A. (en proceso). Emotional contexts exert a differential effect on inhibition of a prepotent response in males and females.
- Ramos-Loyo, J., Llamas-Alonso, L. A., Hernández-Villalobos, J., & González-Garrido, A. A., (en proceso). Emotional contexts exert a differential effect on the inhibition of a prepotent response in adolescents men and women that refer high and low behavioral regulation.
- MacLeod, C. M., & MacDonald, P. A. (2000). Interdimensional interference in the Stroop effect: uncovering the cognitive and neural anatomy of attention. *Trends in Cognitive Science*, 4(10):383-391.
- MacRae, K., Ochsner, K. N., Mauss, I. B., Gabrieli, J. J. D., & Gross, J. J. (2008). Gender differences in emotion regulation: An fMRI study of cognitive reappraisal. *Social Psychology*, 11(2): 143-162.
- Mak, A. K., Hu, Z. G., Zhang, J. X., Xiao, Z., & Lee, T. M. (2009). Sex-related differences in neural activity during emotion regulation. *Neuropsychologia*, 47(13): 2900-2908.

- Matsuda, T., Matsuura, M., Ohkubo, T., Ohkubo, H., Matsushima, E., Inoue, K., Taira, M., & Kojima, T. (2004). Functional MRI mapping of brain activation during visually guided saccades and antisaccades: cortical and subcortical networks. *Psychiatry Research*, 131(2): 147-155.
- McClure, E. B. (2000). A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing and their development in infants, children, and adolescents. *Psychological Bulletin*, 126(3):424-453.
- McDowell, J. E., Kissler, J. M., Berq, P., Dyckman, K. A., Gao, Y. Rockstroh, B., & Clementz, B. A. (2005). Electroencephalography/magnetoencephalography study of cortical activities preceding prosaccades and antisaccades. *Neuroreport*, 16(7): 663-668.
- Miller, D. I., & Halpern, D. F. (2014). The new science of cognitive sex differences. *Trends in Cognitive Science*, 18(1):37-45.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24:167–202.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2010). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1):49-100.
- Montagne, B., Kessels, R. P., Frigerio, E., de Haan, E. H., & Perrett, D. I. (2005). Sex differences in the perception of affective facial expressions: do men really lack emotional sensitivity?. *Cognitive Processing*, 6(2):136-141.
- Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B. E., Banich, M. T., & O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Science*, 15(10):453-459.
- Munoz, D. P., & Everling, S. (2004). Look away: the anti-saccade task and the voluntary control of eye movement. *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(3): 218-228.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2): 220-246.

- Nolen-Hoeksema, S. (2001). Gender differences in depression. *Current Directions in Psychological Science*, 10, 173-176.
- Nurullah, A. S. (2010). Gender differences in distress: The mediating influence of life stressors and psychological resources. *Asian Social Science*, 6(5): 27-35.
- Mak, A. K., Hu, Z. G., Zhang, J. X., Xiao, Z., & Lee, T. M. (2009). Sex-related differences in neural activity during emotion regulation. *Neuropsychologia*, 47(13):2900-2908.
- Matud, M. P. (2004). Gender differences in stress and coping styles. *Personality and Individual Differences*, 37, 1401-1415.
- Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control?.. *Trends in Cognitive Science*, (4):160-6.
- Pessoa, L., McKenna, M., Gutierrez, E., & Ungerleider, L. G. (2002). Neural processing of emotional faces requires attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Peper, J. S., van den Heuvel, M. P., Mandl, R. C., Hulshoff Pol, H. E., & van Honk, J. (2011). Sex steroids and connectivity in the human brain: a review of neuroimaging studies. *Psychoneuroendocrinology*, 36(8): 1101-1113.
- Phillips, M.L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, 54(5):504-514.
- Phan, K. L., Fitzgerald, D. A., Nathan, P. J., Moore, G. J., Uhde, T. W., & Tancer, M. E. (2005). Neural substrates for voluntary suppression of negative affect: a functional magnetic resonance imaging study. *Biological psychiatry*, 57(3): 210-219.
- Phoenix, C. H., Goy, R. W., Gerall, A. A., & Young, W. C. Organization of prenatally administered testosterone propionate on the tissues mediating mating behavior in the female guinea pig. *Endocrinology*, 65: 369-382.
- Pourtois, G., Sander, D., Andres, M., Grandjean, D., Reveret, L., Olivier, E., & Vuilleumier, P. (2004). Dissociable roles of the human somatosensory and superior temporal cortices for processing social face signals. *European Journal of Neuroscience*, 20(12): 3507-3515.

- Pratto, F., & John, O. P. (1991). Automatic vigilance: the attention-grabbing power of negative social information. *Journal of personality and social psychology*, 61(3): 380-391.
- Ramos-Loyo, J., González-Garrido, A., García-Aguilar, G., & Del Rio-Portilla, Y. (2013). The emotional content of faces interferes with inhibitory processing: An event related potential study. *International Journal of Psychological Studies*, 5(2), 52-65.
- Raznahan, A., Lee, Y., Stidd, R., Long, R., Greenstein, D., Clasen, L., Addington, A., Gogtay, N., Rapoport, J. L., & Giedd, J. N. (2010). Longitudinally mapping the influence of sex and androgen signaling on the dynamics of human cortical maturation in adolescence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (39), 16988-16993.
- Rhodes, G. (1985). Lateralized processes in face recognition. *Brain Journal of Psychology*, (Pt 2): 249-271.
- Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, 5(1):11:29.
- Rubia, K., Hyde, Z., Giampietro, V., & Smith, A. (2010). Effects of age and sex on developmental neural networks of visual-spatial attention allocation. *Neuroimage*, 51(2), 817-827.
- Shafritz, K. M., Collins, S. H., & Blumberg, H. P. (2006). The interaction of emotional and cognitive neural systems in emotionally guided response inhibition. *Neuroimage*, 31(1), 468-475.
- Schlag-Rey, M., Amador, N., Sánchez, H., & Schlag, J. (1997). Antisaccade performance predicted by neuronal activity in the supplementary eye field. *Nature*, 27;390 (6658): 398-401.
- Schlag, J., Schlag-Rey, M., & Pigarev, I. (1992). Supplementary eye field: influence of eye position on neural signals of fixation. *Experimental brain research*, 90(2): 302-306.
- Schulz, K. M., Molenda-Figueira, H. A., & Sisk, C. L. (2009). Back to the future: The organizational-activational hypothesis adapted to puberty and adolescence. *Hormones and Behavior*, 55(5): 597-604.

- Simmonds, D. J., Pekar, J. J., & Mostofsky, S. H. (2009). Meta-analysis of Go/No-go tasks demonstrating that fMRI activaci3n associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia*, 46(1): 224-232.
- Sol3s-Ort3z, S., Ramos, J., Arce, C., Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (1994). EEG oscillations during menstrual cycle. *International Journal of Neuroscience*, 76(3-4):279-292.
- Sommer, I.E., Aleman, A., Bouma, A., & Kahn, R.S. (2004). Do women really have more bilateral language representations than men? A meta-analysis of functional imaging studies. *Brain*, 127, 1845-1852.
- Stroop, J. R. (1935) Studies of interference in serial reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 121, 15-23.
- Taylor SF, Phan KL, Decker LR, Liberzon I (2003): Subjective rating of emotionally salient stimuli modulates neural activity. *Neuroimage*, 18:650–659.
- Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in Cognitive Science*, 12(11):418-424.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M.P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117, 250-270..
- Whittle. S., Y3cel, M., Yap, M. B. H., & Allen, N. B. (2011). Sex differences in the neural correlates of emotion: Evidence from neuroimaging. *Biological Psychology*, 87,319-333.
- Wieser, M. J., Pauli, P., & M3hlberger, A. (2009). Probing the attentional control theory in social anxiety: an emotional saccade task. *Cognitive, affective & behavioral Neuroscience*, 9(3): 314-22.
- Weiss, E., Siedentopf, C. M., Hofer, A., Deisenhammer, E. A., Hoptman, M. J., Kremser, C., Golaszewski, S., Felber, S., Fleischhacker, W. W., Delazer, M. Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 3;344(3): 169-172

12. ANEXOS



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN

Diferencias sexuales en la inhibición de la sácada refleja ante rostros con  
expresiones emocionales. Estudio electrofisiológico

CON NÚMERO DE REGISTRO ET112014-187

RESPONSABLE Julieta Ramos Loyo

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS:

\_\_\_\_\_

RECHAZADO DEBIDO A: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

En caso de haber sido evaluado con sugerencias, se requiere someter a re-evaluación el proyecto de investigación al Comité de Ética en un lapso máximo de 2 semanas a partir de esta fecha.

Se emite el presente DICTAMEN el día 8 de Diciembre

de 2014, firmando los integrantes del Comité de Ética

del Instituto de Neurociencias.

Presidente


  
Dr. Alfredo Feria Velasco

Secretaria


  
Dra. Marisela Hernández González

Vocales:

  
Dr. Jacinto Bañuelos Pineda

  
Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez

  
Dr. Andrés A. González Garrido

  
Dr. Jorge Juárez González

Ccp. Archivo

**Tabla 5. Promedio de respuestas correctas y desviación estándar de hombres y mujeres expresados en porcentajes para los ensayos prosácada, antisácada y no sácadas en las condiciones neutra y enojo.**

	<b>Prosácada Correctas</b>	<b>Antisácadas Correctas</b>	<b>No Sácadas Correctas</b>
<b>HOMBRES</b>			
NEUTRA	87.5% (10.22)	73.33% (13.08)	91.16% (6.60)
ENOJO	85.16% (9.42)	70.66 % ( 13.14)	91.66% (7.42)
<b>MUJERES</b>			
NEUTRA	89.16% (9.85)	76% (13.45)	91.66% (9.71)
ENOJO	87.16% (10.21)	74.16 (14.74)	86.83% (8.98)

**Tabla 6. Promedio y desviación estándar de la amplitud del CPS de hombres y mujeres en las derivaciones F3, F4, AF4 y AF4 en los ensayos prosácada y antisácada en las condiciones neutra y enojo.**

<b>Amplitud CPS</b>				
	<b>Prosácadas</b>		<b>Antisácadas</b>	
<b>Hombres</b>	<b>NEU</b>	<b>ENO</b>	<b>NEU</b>	<b>ENO</b>
F3	-1.13(3.0)	-1.07(2.2)	2.76(4.3)	0.78(2.8)
F4	-0.75(1.9)	-0.89(1.4)	1.43(2.1)	1.22(2.9)
AF3	-1.16(4.0)	-0.86(1.7)	0.91(3.9)	1.45(3.2)
AF4	-1.38(2.2)	-0.61(1.8)	1.00(2.2)	1.09(2.7)
<b>Amplitud CPS</b>				
	<b>Prosácadas</b>		<b>Antisácadas</b>	
<b>Mujeres</b>	<b>NEU</b>	<b>ENO</b>	<b>NEU</b>	<b>ENO</b>
F3	-1.25(2.5)	1.40(1.7)	-0.31(3.3)	2.05(3.6)
F4	-0.43(2.2)	0.84(2.5)	1.56(3.2)	2.08(2.9)
AF3	-1.07(2.1)	-0.74(1.7)	0.98(3.0)	0.83(1.7)
AF4	-1.26(2.2)	-0.96(0.9)	-1.41(4.7)	-0.65(1.70)