



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO  
EN PSICOLOGIA

NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA

ATENCION EN DEPORTISTAS DE ARTES MARCIALES EXPERTOS *VERSUS*  
NOVATOS. ESTUDIO DE POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTOR EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:  
JAVIER SÁNCHEZ LÓPEZ

TUTORA PRINCIPAL: DRA. THALIA FERNÁNDEZ HARMONY  
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGIA, UNAM JURQUILLA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

DR. JUAN FELIPE SILVA PEREYRA  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE IZTACALA, UNAM

DR. JUAN ANTONIO MARTINEZ MESA  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA

MÉXICO, D. F., ENERO, 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mi madre y a mi hermana  
que siempre me han apoyado en esta  
aventura que me ha llevado por muchos caminos.*

## **Agradecimientos**

A las autoridades del Programa de Maestría y Doctorado en Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México y del Instituto de Neurobiología, UNAM *Campus* Juriquilla.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca número 34079 para mis estudios de doctorado y las Becas Mixtas número 70147 y 99486 para la realización de estancias de investigación en la University of California San Diego y la Università degli Studi di Roma “Foro Italico”, respectivamente.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica IN205212 por su apoyo económico para la realización de esta tesis.

Muy especial y afectuosamente a mis tutores la Dra. Thalía Fernández Harmony (*Thalita*), el Dr. Juan Silva Pereyra (*Juan*) y el Dr. Juan Antonio Martínez Mesa (*Tony*) por ser mis maestros, colegas y amigos, quienes trabajaron de manera paciente e incondicional a mi lado durante estos 4 años.

A mis compañeros y amigos del Laboratorio de Psicofisiología B06 del Instituto de Neurobiología de la UNAM, Campus Juriquilla, quienes por cuatro años fueron mi familia: Haydée, Milene, Minerva, Judith, Maricarmen, Berta, Susy, Jimena, Enrique, Sergio, Marisol, Sonia, Caty y Alejandro.

A todos los miembros de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo "Dr. Augusto Fernández Guardiola", del Instituto de Neurobiología de la UNAM, Campus Juriquilla, pero muy especialmente a la Dra. Thalía Harmony Baillet por sus enseñanzas, apoyo y paciencia, y por formar parte de mi comité de titulación.

A los profesores del Laboratorio de Neurometría de la FES-Iztacala Dr. Jorge Bernal y Dr. Mario Arturo Rodríguez por sus aportaciones y disposición para colaborar en este proyecto y formar parte de mi comité de titulación.

A los miembros del *ERPLab* de la *University of California San Diego*: Isa, Jenny, Antígona, Chiara, Lavanya, Ani, Soren, Wenfeng, Wayne y muy especialmente al Dr. Steven A. Hillyard por ser mi maestro y amigo y por formar parte de mi comité de titulación.

A los miembros del *Laboratorio di Psicofisiologia del Dipartimento di Scienze della Formazione per le Attività Motorie e lo Sport della Università degli Studi di Roma "ForoItalo"* que me hicieron sentir como en casa: Dott.ssa Donatella Spinelli, Dott.ssa Marika Berchicci, Rinaldo Perri y muy especialmente al Dott. Francesco Di Russo gran maestro y colega.

A Leonor Casanova, Lourdes Lara, Hector Belmont, Teresa Álvarez y Teresa Medina por su apoyo técnico y administrativo.

A mis compañeros y alumnos de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Yucatán, especialmente a la Mtra. Rossana Cuevas, al Dr. Elías Gongora y a la Mtra. Lorena Gamboa.

A los deportistas de artes marciales de Querétaro por su valiosa participación y sin los cuales no hubiera sido posible esta investigación y muy especialmente a la Asociación Queretana de Judo, en particular a los maestros Mario Paez y Justino López por todo su apoyo.

A mis compañeros de doctorado que han vivido conmigo esta aventura: Mónica, Claudia, Melissa, Caro, Luisa, Roberto, María, Javier, Jorge y Miriam.

A los amigos que vinieron como parte del doctorado: Vicenta, Eva, Lily, Isa y Alma.

## Resumen

Los procesos de atención son esenciales para el óptimo desempeño deportivo, particularmente en deportes de combate. Estudios previos utilizando Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) en deportistas, han reportado diferencias en la amplitud y latencia de los componentes entre deportistas expertos y novatos. El objetivo del presente estudio fue identificar las diferencias en el desempeño y los PREs entre deportistas de artes marciales expertos y novatos durante tareas de atención sostenida, transitoria e inhibición motora. Se obtuvieron los PREs de 21 deportistas de artes marciales mientras realizaban una *Continuous Performance Task* (CPT), una *cued Continuous Performance Task* (c-CPT) y una tarea *Stop*. Dos aproximaciones estadísticas fueron utilizadas para realizar el análisis: permutaciones y ANOVA. En la CPT, los expertos mostraron mayores amplitudes en P100 y P200 y menor amplitud en N200, en la condición blanco, que los novatos. Un efecto opuesto fue observado en c-CPT, en la cual los novatos mostraron mayores amplitudes en P100, P200, P300 y positividad tardía, y menores amplitudes en el componente de Variación Contingente Negativa (CNV). En la tarea *Stop* no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. Se propone que mayor amplitud durante la CPT en expertos, podría estar relacionada con una más temprana identificación, evaluación y percepción del estímulo. Menor amplitud en los componentes positivos y mayor en la CNV, durante la c-CPT, podría indicar una mayor facilitación de la señal en los expertos, permitiendo una respuesta más “automática” con menos recursos de atención. En conclusión, una mayor experiencia deportiva permite un mejor control en tareas de atención sostenida y mayor eficiencia cuando la tarea demanda un procesamiento más automático.

Palabras clave: atención sostenida, atención transitoria, deportistas, potenciales relacionados con eventos

## ***Abstract***

*Attention processes are essential for optimal athletic performance, particularly in combat sports. Previous studies of task-related event-related potentials (ERPs) in athletes have reported differences in amplitudes and latencies when expert athletes were compared with less expert or non-athletes. The aim of the present study was to identify differences in performance and ERPs between skilled and novice martial arts athletes during sustained attention, transient attention and motor inhibition tasks. ERPs from 21 martial arts athletes were obtained while they performed a Continuous Performance Task (CPT), a cued Continuous Performance Task (c-CPT) and Stop task. In the CPT task, skilled athletes showed larger amplitudes in the P100 and P200 components and smaller amplitudes in the N200 component in response to targets, than novices. The opposite effects were observed in the c-CPT task, in which novices showed larger amplitudes in the P100, P200, P300 and late positive components on the “go trials” than skilled athletes and smaller amplitudes in contingent negative variation (CNV). We propose that larger amplitudes in skilled athletes during CPT are likely related to earlier identification, evaluation and perception of the stimulus in skilled athletes compared with novices. Smaller amplitudes in positive components and larger amplitude in CNV, in skilled athletes during c-CPT could indicate that the cue stimulus produced greater facilitation in this group, thereby allowing the skilled athletes to respond automatically using fewer attention resources. In conclusion, sport expertise enhances control during sustained attention task and improves efficiency in automatic processing tasks.*

*Keywords: sustained attention, transient attention, athletes, event-related potentials*

Contenido	Página
<b>Introducción</b>	1
<b>Marco Teórico</b>	3
<b>Deportes de Artes Marciales</b>	3
<b>Atención</b>	4
<b>Atención y Deporte</b>	12
<b>Evaluación de la atención</b>	17
<b>Psicométricos</b>	18
<b>Experimentales</b>	18
<b>Neurocientíficos</b>	21
<i>Electroencefalografía</i>	21
<i>Potenciales Relacionados con Eventos (PREs)</i>	23
<i>P200</i>	27
<i>N200</i>	28
<i>P300</i>	31
<i>Variación Contingente Negativa (CNV)</i>	35
<b>Tareas de Atención</b>	36
<i>Continuos Performance Tasks (CPTs).</i>	36
<i>Tareas Stop.</i>	39
<b>Antecedentes</b>	42
<b>Potenciales Relacionados con Eventos y Deportes.</b>	42
<b>Justificación</b>	50
<b>Problema de Investigación</b>	52
<b>Preguntas de Investigación</b>	53
<b>Hipótesis General</b>	53
<b>Objetivo</b>	53
<b>Experimento 1</b>	54
<b>Método</b>	54
<b>Participantes.</b>	54
<b>Criterios de Inclusión.</b>	55
<b>Estímulo</b>	56
<i>Continuous Performance Task (CPT).</i>	56
<b>Procedimiento</b>	57
<b>Registro.</b>	57
<b>Edición.</b>	57
<b>Análisis de Datos.</b>	58
<b>Resultados</b>	60
<b>Conductuales</b>	60
<b>Electrofisiológicos: Permutaciones</b>	60
<b>Blanco vs no-Blanco Expertos.</b>	61
<b>Blanco vs no-Blanco Novatos.</b>	62
<b>Expertos vs Novatos.</b>	62
<b>Electrofisiológicos ANOVA.</b>	65
<b>Ventana de los 100 a los 120 ms: P100.</b>	65



<b>Ventana de los 190 a los 210 ms: P200.</b>	66
<b>Ventana de los 250-300 ms: N200.</b>	67
<b>Discusión</b>	68
<b>Experimento 2</b>	74
<b>Método</b>	75
<b>Participantes</b>	75
<b>Estímulo</b>	75
<i>Cued Continuous Performance Task (c-CPT).</i>	75
<b>Procedimiento</b>	76
<b>Resultados</b>	76
<b>Conductuales</b>	76
<b>Electrofisiológicos: Permutaciones</b>	77
<b>Blanco vs no-Blanco Expertos.</b>	78
<b>Blanco vs no-Blanco Novatos.</b>	78
<b>Blanco Expertos vs Novatos.</b>	80
<b>Falsa Señal, Blanco y no-Blanco Expertos.</b>	81
<b>Falsa Señal, Blanco y no-Blanco Novatos.</b>	81
<b>Falsa Señal - no-Blanco Expertos vs Novatos.</b>	83
<b>Variación Contingente Negativa</b>	87
<i>Blanco vs no Blanco Expertos.</i>	87
<i>Blanco vs no Blanco Novatos.</i>	88
<b>Electrofisiológicos: ANOVA</b>	89
<b>Blanco/no-Blanco.</b>	90
<i>Ventana de los 100 a los 120 ms (P100).</i>	90
<i>Ventana de los 186 a los 206 ms (P200).</i>	91
<i>Ventana de los 310 a los 410 ms (P300).</i>	91
<i>Ventana de los 600 a los 800 ms (positividad tardía).</i>	91
<b>Falsa Señal/ no-Blanco.</b>	93
<i>Ventana de los 600 a los 800 ms (positividad tardía).</i>	93
<b>Variación Contingente Negativa.</b>	93
<i>Ventana de los 0 a -250 ms.</i>	93
<i>Ventana de los -250 a -500 ms.</i>	94
<i>Ventana de los -500 a -750 ms.</i>	94
<b>Discusión</b>	94
<b>Experimento 3</b>	98
<b>Método</b>	98
<b>Participantes</b>	98
<b>Estímulo</b>	99
<b>Tarea Stop.</b>	99
<b>Procedimiento</b>	99
<b>Resultados</b>	100
<b>Conductuales</b>	100
<b>Electrofisiológicos: Permutaciones</b>	101
<i>Stop vs. go Expertos.</i>	102
<i>Stop fallido vs. go Expertos.</i>	102

<i>Stop vs. Stop fallido Expertos.</i>	102
<i>Stop vs. Go Novatos.</i>	104
<i>Stop fallido vs. Go Novatos.</i>	105
<i>Stop vs. Stop fallido Novatos.</i>	105
<b>Electrofisiológicos: ANOVA.</b>	105
<b>Discusión</b>	107
<b>Discusión General</b>	112
<b>Conclusión</b>	114
<b>Referencias</b>	115

## Índice de Figuras

Figura 1. Grandes promedios de los PREs en ambas tareas: (A) faltas y (B) número de jugadores (Tomado de Hack, Memmert y Rupp, 2006).....	44
Figura 2. Medias de las latencias para el componente P300 (Tomado de Hack, Memmert y Rupp, 2006).....	45
Figura 3. Grandes promedios del componente P300 en las derivaciones Pz, Cz y Fz para curva adentro y curva afuera (Taliep, St Clair, Gray et al., 2008).....	47
Figura 4. Flechas estímulo utilizadas durante las tareas CPT, c-CPT y Stop.....	56
Figura 5. Resultados conductuales de la tarea CPT. Se grafican el porcentaje de aciertos, porcentaje de errores y tiempos de reacción para ambos grupos donde no se encontraron diferencias significativas entre grupos.....	61
Figura 6. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones y grupos para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea CPT. <b>A:</b> Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P100, P200 y P300 en los electrodos O1, CP4 y Pz respectivamente, en el grupo de deportistas expertos. <b>B:</b> Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes N200 y P300 en los electrodos T3 y Pz respectivamente, en el grupo de deportistas novatos. <b>C:</b> Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la amplitud media de las ondas diferencia (blanco-no blanco) entre condiciones para el rango de los componentes P100, P200 y P300 en los electrodos O1, CP4 y T3 respectivamente, entre los grupos de deportistas expertos (en color negro) y novatos (en color gris).....	63
Figura 7. Grandes Promedios para ambos grupos (Expertos línea negra y Novatos línea gris) durante la tarea CPT en ambas condiciones (Blanco línea continua y no-Blanco línea discontinua) en derivaciones posteriores. Se muestran los componentes P100, P200 y N200 dónde fueron encontradas diferencias significativas entre los grupos.....	64
Figura 8. Electrodo seleccionado para cada uno de los modelos del Análisis de Varianza. a) Diseño para el análisis de los electrodos en cada hemisferio 12 izquierdos y 12 derechos; y b) diseño para el análisis de los electrodos de la línea media, en total siete electrodos.....	66
Figura 9. Mapas de amplitud para los componentes P100, P200 y N200 durante la tarea CPT para ambos grupos. En la figura se muestra la amplitud media de cada uno de los componentes para las condiciones Blanco, No blanco y Onda Diferencias en ambos grupos.....	68

Figura 10. Resultados conductuales de la tarea c-CPT. Se grafican el porcentaje de aciertos, porcentaje de errores y tiempos de reacción para ambos grupos donde no se encontraron diferencias significativas entre grupos..... 77

Figura 11. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones y grupos para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea c-CPT para las condiciones Blanco y no-Blanco. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y no blanco en color blanco) para el rango del componente P300 en el electrodo Cz, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P100, P200, P300 y Positividad Tardía en los electrodos Oz, Pz, Cz y Pz respectivamente, en el grupo de deportistas novatos. **C:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la amplitud media de las ondas diferencia (blanco-no blanco) entre condiciones para el rango de los componentes P100, P300 y Positividad Tardía en los electrodos Oz, Cz y Pz respectivamente, entre los grupos de deportistas expertos (en color negro) y novatos (en color gris)..... 80

Figura 12. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones y grupos para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea c-CPT para las condiciones Falsa Señal y no-Blanco. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (falsa señal en líneas negras y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P200, P300 y Positividad Tardía en el electrodo Pz, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (falsa señal en líneas grises y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P100, P200, P300 y Positividad Tardía en los electrodos P4 y Pz, en el grupo de deportistas novatos. **C:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la amplitud media de las ondas diferencia (falsa señal-no blanco) entre condiciones para el rango de los componentes P100 y P200 en los electrodos P4 y Pz respectivamente, entre los grupos de deportistas expertos (en líneas negras) y novatos (en líneas grises)..... 83

Figura 13. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (Blanco y Falsa Señal) durante la tarea c-CPT mediante el análisis por permutaciones. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y falsa señal en líneas negras) para el rango del componente P300 en el electrodo P4, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y falsa señal en líneas grises) para el rango del componente P300 en el electrodo P4, en el grupo de deportistas novatos..... 84

Figura 14. Grandes promedios de las condiciones Blanco y no-Blanco para ambos grupos durante la tarea c-CPT. La negatividad está indicada hacia arriba. Las líneas negras representan a los deportistas expertos y las líneas grises a los deportistas novatos. Los componentes donde fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas están indicados con sombreado gris..... 85

Figura 15. Grandes promedios de las condiciones Falsa Señal y no-Blanco para ambos grupos durante la tarea c-CPT. La negatividad está indicada hacia arriba. Las líneas negras representan a los deportistas expertos y las líneas grises a los deportistas novatos. Los componentes donde fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas están indicados con sombreado gris.....	86
Figura 17. Grandes Promedios de la CNV en las condiciones Blanco (líneas continuas) y no-Blanco (línea discontinua) en los electrodos F3 y F4. La negatividad está indicada hacia arriba. Las líneas en color negro representan a los expertos y las líneas en gris representan a los novatos. Se indican en sombreado gris las ventanas de tiempo en las cuales se encontraron diferencias significativas.....	88
Figura 18. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (Blanco y no Blanco) durante la tarea c-CPT para el análisis de la Variación Contingente Negativa, mediante el análisis por permutaciones. <b>A:</b> Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y no blanco en color blanco) para el rango del componente CNV en el electrodo FC3, en el grupo de deportistas expertos. <b>B:</b> Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y no blanco en color blanco) para el rango del componente CNV en el electrodo FC3, en el grupo de deportistas novatos La negatividad está indicada hacia arriba.....	89
Figura 19. Mapas de amplitud de la tarea c-CPT donde se muestran las respuestas de amplitud de los componentes analizados para las condiciones de Blanco y No-Blanco, y la onda diferencia es estos. Los deportistas expertos se encuentran en el lado izquierdo y los novatos en el derecho. Los mapas muestran mayor respuesta de amplitud en los deportistas expertos que en los novatos para todos los componentes....	92
Figura 20. Resultados conductuales de la tarea Stop. Se grafican el porcentaje de aciertos, porcentaje de errores de las condiciones stop y go, y los tiempos de reacción de la condición go para ambos grupos. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos.....	101
Figura 21. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (Stop, Stop fallido y Go) para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea Stop en el grupo de deportistas expertos. <b>A:</b> Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (stop en color negro y go en color blanco) para el rango de los componentes N100 y P300 en los electrodos T3 y Cz, respectivamente. <b>B:</b> Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (stop fallido en líneas negras y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes N100 y N200 en los electrodos T3 y FC4, respectivamente; la negatividad está indicada hacia arriba. <b>C:</b> Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (stop en color negro y stop fallido en líneas negras) para el rango de los componentes N200 y P300 en los electrodos FC4 y Pz, respectivamente.....	104

Figura 22. Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (Stop, Stop fallido y Go) para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea Stop en el grupo de deportistas novatos. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (stop en color gris y go en color blanco) para el rango de los componentes N100 y N200 en los electrodos T3 y FCz, respectivamente. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (stop fallido en líneas grises y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes N100 y N200 en los electrodos T3 y FC4, respectivamente. **C:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (stop en color gris y stop fallido en líneas grises) para el rango de los componentes N100 y P300 en los electrodos Pz y P3, respectivamente..... 107

Figura 23. Grandes Promedios de las condiciones Stop (línea negra), Stop fallido (línea gris) y Go (línea discontinua) de la tarea Stop para ambos grupos (expertos arriba y novatos abajo). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Los componentes identificados mediante permutaciones son indicados..... 108

## Índice de Tablas

Tabla 1. Resumen de las características de los componentes endógenos.....	36
Tabla 2. Características de los participantes por grupo.....	55
Tabla 3. Estímulos con su respectiva clasificación y probabilidad presentados durante la tarea CPT.....	56
Tabla 4. Resultados de los análisis obtenidos mediante Permutaciones de la tarea CPT para cada grupo y la comparación intergrupos.....	62
Tabla 5. Estímulos, con su respectiva secuencia y probabilidad, presentados durante la tarea c-CPT. Las áreas marcadas en gris indican el estímulo seleccionado para las ventanas de análisis de los PREs.....	76
Tabla 6. Comparación de condición Blanco vs no-Blanco de la tarea c-CPT para cada grupo, mediante análisis por permutaciones.....	79
Tabla 7. Comparación de las condiciones Falsa Señal y no-Blanco de la tarea c-CPT para cada grupo y la comparación entre grupos mediante análisis por permutaciones...	82
Tabla 8. Comparación de las condiciones Blanco y Falsa Señal de la tarea c-CPT para cada grupo no hubo diferencias en la comparación de las ondas diferencia entre los grupos mediante análisis por permutaciones.....	84
Tabla 9. Comparación de las condiciones Blanco y no Blanco de la tarea c-CPT para analizar el componente CNV en cada grupo.....	87
Tabla 10. Presentación de los estímulos para la tarea Stop.....	100
Tabla 11. Resultados de los análisis obtenidos mediante permutaciones de la tarea CPT para el grupo de expertos.....	103
Tabla 12. Resultados de los análisis obtenidos mediante permutaciones de la tarea CPT para el grupo de novatos.....	106

## Introducción

*Los deportes se juegan con  
los brazos, las piernas y la espalda,  
pero fundamentalmente, del cuello para arriba  
-Knut Rockne*

La maestría deportiva se define como aquel desempeño deportivo superior y consistente por un largo periodo de tiempo (Starkes, 1993). Harre (1987) propone que el desarrollo de la maestría deportiva depende de diferentes componentes y la vinculación armónica de estos componentes es lo que caracteriza el estado óptimo de entrenamiento. Para obtener la maestría deportiva, los practicantes deben destacar en cuatro dominios: fisiológico, técnico, cognitivo y emocional. En particular, las habilidades cognitivas se refieren a la capacidad para identificar y adquirir información del entorno e integrarla con el conocimiento previo para seleccionar y ejecutar la respuesta apropiada (Marteniuck, 1976). Por tanto, los deportistas de alto rendimiento deben estar listos para identificar la información más importante de entre todos los estímulos, dirigir su atención apropiadamente y extraer el significado de estas áreas de manera eficiente (Williams, Davids, & Williams, 1999).

Tanto atletas como psicólogos, consideran que los procesos de atención, necesarios para una concentración efectiva, son esenciales para el óptimo rendimiento deportivo (Lavalley, Kremer, Moran, & Williams, 2004). La competencia en los deportes de combate de élite requiere de altos niveles de atención y autocontrol. Las situaciones de combate en judo, taekwondo, boxeo, esgrima y luchas pueden cambiar en cortos periodos de tiempo; en consecuencia el competidor debe percibir los estímulos rápidamente, focalizar su atención, planear la estrategia, tomar decisiones, ser flexible en los movimientos tácticos y persistir en la lucha por el objetivo. La preparación psicológica para los deportes de combate debería



derivarse de estas necesidades, de acuerdo con el perfil psicológico no sólo del competidor sino también del deporte en general (Blumenstaein, Bar-Eli, & Tenenbaum, 2002).

El estudio de los procesos cognitivos, específicamente la atención, ha constituido una importante línea de investigación en poblaciones deportivas, por lo cual, se han llevado a cabo diversos estudios (del Monte, 2005; Del Percio et al., 2009; Fontani & Lodi, 2002; Fontani, Lodi, Felici, Migliorini, & Corradeschi, 2006; Fontani, Maffei, Cameli, & Polidori, 1999; Hack, Memmert, & Rupp, 2009; Hamon & Seri, 1989; Hung, Spalding, Santa María, & Hatfield, 2004; Radlo, Janelle, Barba, & Frehlich, 2001; Taliep et al., 2008) que han ido desde evaluaciones a través de pruebas psicológicas de papel y lápiz, hasta estudios de la respuesta cerebral con técnicas de neuroimagen y principalmente con el estudio de la actividad electrofisiológica cerebral mediante Potenciales Relacionados con Eventos (PREs). Estos últimos se han enfocado en el estudio de la respuesta electrofisiológica cerebral para la identificación y caracterización de los PREs, buscando diferencias entre deportistas expertos, novatos y no deportistas en diversos procesos cognitivos como la atención, la toma de decisiones, la percepción, entre otros.; a este respecto se han identificado importantes hallazgos que sugieren un efecto de la práctica deportiva sobre la cognición, el comportamiento y su correlato cerebral. Sin embargo dichos hallazgos no llegan a un consenso sobre la forma en que estos efectos se expresan en la respuesta cerebral.

De acuerdo con los antecedentes, en el presente estudio se propuso identificar las diferencias en el desempeño y en los Potenciales Relacionados con Eventos entre deportistas de artes marciales expertos y deportistas de artes marciales novatos durante la realización de diferentes tareas de atención.

## Marco Teórico

### Deportes de Artes Marciales

Las disciplinas de combate se refieren al conjunto de deportes que tienen como finalidad la de batirse dos adversarios, uno contra otro. Las artes marciales forman parte de este grupo denominado deportes de combate cuyo sentido en Oriente implica algo más que los simples fenómenos físicos y mecánicos, pues supone una estrecha relación mente-cuerpo enfatizando la importancia de la autorregulación. Las técnicas propias de cada movimiento gestual contienen un significado real y simbólico, que recogen su pensamiento en relación con los conceptos religiosos y filosóficos (Rodríguez, 2003). La formación del carácter inherente a las artes marciales tradicionales enseña a una persona a ser más consciente de sí misma y a proseguir activamente el desarrollo del carácter a través de la constante evaluación de los pensamientos y acciones para mejorar (Lakes y Hoyt, 2004)

En Occidente, las artes marciales han originado tres tendencias diferentes: la tradicional, que busca la unidad y coordinación de los practicantes entre los elementos internos (espirituales, mentales) y los elementos externos (físicos); la utilitaria, la cual coloca el énfasis en la efectividad y la aplicación de las diferentes técnicas a una pelea; es decir por razones de defensa personal. Y finalmente la tendencia deportiva, la cual considera las artes marciales como un deporte más, con efectos positivos sobre el físico, la mente y la sociabilidad de sus practicantes (Rodríguez, 2003).

Actualmente, las artes marciales se han hecho populares en todo el mundo, entre ellas destacan el judo, el taekwondo y el kung-fu: El judo se incluye entre los deportes olímpicos desde 1960, y fue la primera arte marcial en entrar en esta categoría. El judo es una modificación y adaptación de las técnicas del *jujutsu* realizada por Jigoro Kano en la segunda mitad del siglo XIX y considera tres principios fundamentales: el principio del *ju*,

o ceder; el de la postura natural o *shizentai*, y el principio del *kusushi* o romper el equilibrio del contrario (Rodríguez, 2003). Por su parte, el Taekwondo es un arte marcial coreano que se practica solamente con el uso de pies y manos, sin utilizar ningún tipo de armas. Es un arte de combate que ha evolucionado por más de 2000 años, siendo el resultado de la combinación de distintas artes marciales asiáticas entremezcladas con técnicas tradicionales coreanas. En 1955 se propuso el nombre de Taekwondo para designar este arte marcial. El general coreano Choi Hong Hi fue considerado el fundador oficial del Taekwondo. En 1973 se fundó la WTF (Federación Mundial de Taekwondo) que rige las competencias olímpicas desde que el Taekwondo se consideró como deporte oficial en las Olimpiadas de Sidney 2000 (Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte, 2008). Kung-fu es el nombre occidental de la disciplina que en China se conoce como *wushu*, cuyo significado literal es artes marciales. Esta disciplina es una de las demostraciones típicas de la cultura tradicional china y es un deporte que implica tanto el uso de los músculos como del cerebro. La teoría del kung-fu se basa en la filosofía clásica china, mientras que las habilidades técnico-tácticas consisten en varias formas de lucha: lucha a puño, lucha armada y otras rutinas de lucha (incluyendo actos defensivos y ofensivos como patear, golpear, arrojar, sostener, cortar y estocar) y combates sin armas. El kung-fu no es solamente un ejercicio deportivo, sino una forma artística. Es utilizado para el tratamiento de algunas enfermedades y como defensa personal; también se considera una forma que comprende el culto al cuerpo humano (Bin, Xingdong y Gongbao, 2004).

### **Atención**

William James definía a la atención como “la toma de posesión de la mente de una forma clara y vívida de entre varios objetos o trenes de pensamiento simultáneos” (James,

1890, pp. 403-404). Posteriormente, aparecen otras propuestas ligadas a los modelos del procesamiento de la información como la de Broadbent en 1958 quien propone, a través de su Teoría del Filtro, que la atención es un elemento que participa en las primeras etapas del procesamiento, siendo su función la de seleccionar la información relevante para el individuo sobre la base de un análisis preliminar de sus atributos físicos; de este modo evita que los sistemas de procesamiento más avanzados, cuya capacidad es limitada, sean saturados de información sensorial (Meneses, 2001). Siguiendo las ideas de Broadbent, en 1969 Treisman propone que la atención no necesariamente es un elemento selector del mensaje, sino que es más bien un atenuador; es decir, el mecanismo central de atención limitada distribuye su capacidad entre todos los mensajes, sin embargo, el mensaje relevante recibe un tratamiento especial en el filtro, ya que traspasa éste con la máxima intensidad, mientras que el resto de los mensajes son atenuados para no sobrecargar el mecanismo central de procesamiento (de Vega, 1984).

Desde el punto de vista de la neuropsicología se sugiere que la atención puede ser concebida como una forma de conciencia que ha sido modelada por el aprendizaje y la experiencia, y es dependiente de estructuras filogenéticamente antiguas del cerebro, así como de la participación de estructuras límbicas y corticales (de la Torre, 2002). Los hallazgos actuales en el estudio de la atención, de acuerdo con Posner (1990), establecen tres criterios: primero, los sistemas de la atención a nivel cerebral constituyen un proceso separado de otros procesos, por lo que puede decirse que es una función en sí misma como otros sistemas cognitivos, sensoriales y motores; interactúa con otras regiones cerebrales pero mantiene su propia identidad. Segundo, la atención se lleva a cabo por una red de áreas anatómicas, de tal manera que no existe un centro único funcional, sino más bien un funcionamiento general del cerebro como un todo. En tercer lugar, las áreas involucradas

en la atención llevan a cabo funciones diferentes, las cuales pueden ser específicas en términos cognitivos.

De acuerdo con de la Torre (2002), muchos autores actuales consideran que la atención no es un constructo unitario, por lo tanto, varias de las teorías actuales sobre atención dividen ésta en múltiples componentes, lo que refleja su inherente complejidad. Es por ello que en el área de la atención se han propuesto varias clasificaciones.

Mirsky y colaboradores (1991) proponen cinco diferentes componentes de la atención (sostenida, focalización/ejecución, codificación, cambio o alternancia y estabilidad) que pueden estar localizados en diferentes regiones cerebrales, las cuales se han especializado y organizado dentro de un sistema coordinado. El elemento de atención sostenida está localizado en el *tectum* y regiones mesopontinas de la formación reticular, las cuales son esenciales para el mantenimiento de la conciencia y la regulación del *nivel de alertamiento*. Las regiones parietales inferiores, temporales superiores y el estriado juegan un papel decisivo en la función de focalización y ejecución; esta función implica, por lo tanto, la selección adecuada del material relevante para ofrecer una respuesta al estímulo presentado. Para el elemento de codificación, se sugiere que el hipocampo es el elemento implicado; un adecuado funcionamiento de este factor implica habilidad para representar y operar internamente una información. La corteza prefrontal juega un papel importante en la habilidad para generar reglas y cambiar de una regla de ejecución a otra nueva o diferente, esta región constituye el elemento de alternancia/cambio, este elemento se relaciona con el proceso de control cognitivo en el que se requiere lograr un balance entre los objetivos de competencia del sujeto en ambientes altamente cambiantes; este proceso de control requiere que la persona ajuste sus estrategias de respuesta de acuerdo con las demandas del contexto. La estabilidad hace referencia a la consistencia en el esfuerzo en la atención a lo

largo del tiempo, los autores proponen que este elemento puede ser dependiente de regiones talámicas y del tallo cerebral.

Según Meneses (2001), una primera distinción de los elementos que constituyen a la atención sería entre los procesos de alertamiento y atención selectiva. El alertamiento se refiere al estado transitorio que presenta el organismo en un momento particular, el cual determina la capacidad de respuesta a los estímulos ambientales, mientras que la atención selectiva hace alusión a los procesos relacionados con la selección y procesamiento de los estímulos relevantes. Las estructuras cerebrales y mecanismos neuronales que posibilitan cada uno de estos subprocesos son diferentes, siendo que el alertamiento depende principalmente de sistemas neuronales ubicados en el tallo cerebral y núcleos específicos del tálamo con proyecciones a diversas áreas corticales y subcorticales, mientras que la atención selectiva depende de mecanismos ubicados en los núcleos de relevo talámicos y en diversas estructuras corticales. El nivel de alertamiento varía en un continuo que, en estados no patológicos, se manifiesta en la alternancia del sueño y la vigilia. Por el lado de la atención selectiva se ha propuesto una división entre los procesos de atención automática o involuntaria y atención controlada o voluntaria. En el primer caso el procesamiento de los estímulos requiere poco esfuerzo consciente, se da de manera rápida y se caracteriza por no emplear gran cantidad de recursos de procesamiento; en el caso de la atención controlada se requiere un esfuerzo consciente para dirigir la atención hacia los elementos del ambiente que son importantes para la tarea que se realiza; este último nivel de atención puede dividirse, a su vez, en diversos procesos, entre los que destacan: detección, discriminación y orientación. Los diversos estudios en neurofisiología de la atención apoyan la idea de que los distintos subprocesos están sustentados en diferentes circuitos neuronales específicos, los cuales guardan entre sí una estrecha relación.

De acuerdo con Lavallee, Kremer, Moran y Williams (2004) el concepto de atención, se refiere a tres diferentes procesos cognitivos: selectividad perceptual (atención selectiva), la habilidad para coordinar dos o más acciones al mismo tiempo (atención dividida) y concentración o esfuerzo consciente.

Posturas más actuales proponen que la atención es una característica central de todas las operaciones perceptivas y cognitivas. De tal manera que los mecanismos de la atención seleccionan, modulan, y mantienen el foco en la información más relevante para la conducta. Sin embargo, dado que la atención es tan omnipresente se han propuesto diversas taxonomías para su definición y estudio; una de ellas es la basada en el tipo de información sobre la que la atención actúa. Esta taxonomía distingue entre la atención externa y la atención interna. La atención externa se refiere a la selección y la modulación de la información sensorial; de esta manera se seleccionan ubicaciones en el espacio, puntos en el tiempo, o cualquier modalidad de estímulo específico que entra en el sistema y sus respectivas características. Por su parte, la atención interna se refiere a la selección, la modulación y el mantenimiento de la información generada internamente, como las instrucciones de una tarea, selección y ejecución de respuestas, memoria a largo plazo o memoria de trabajo. La memoria de trabajo, en particular, se encuentra más cercana a la intersección entre la atención externa e interna (Chun, Golomb y Turk-Browne, 2011).

Posner, Sheese, Odludas y Tang (2006) proponen que la atención involucra redes especializadas para llevar a cabo funciones tales como el estado de alertamiento, el cual se encarga de la adquisición y el mantenimiento de los estados de alertamiento, la orientación a eventos sensoriales, el control ejecutivo encaminado a la resolución de conflictos y el control de los pensamientos y las emociones; así mismo sugiere que estos mecanismos son producidos por sistemas atencionales separados aunque relacionados entre sí. Por lo tanto,

la atención es un sistema modular compuesto por tres redes: la Red Atencional Posterior o de Orientación, la Red de Vigilancia o Alerta y la Red Anterior o de Control Ejecutivo, cada una de las cuales se encarga de funciones atencionales distintas y a su vez está asociada a áreas cerebrales diferenciadas.

La Red Atencional Posterior es la de orientación de la atención hacia un lugar en el espacio donde aparece un estímulo potencialmente relevante, bien porque posee propiedades únicas, porque es novedoso, o porque aparece de manera abrupta en la escena visual (Funes y Lupiañes, 2003). Estudios de neuroimagen con adultos (Posner, Petersen, Fox y Raichle, 1988; Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy y Shulman, 2000) muestran que las áreas cerebrales implicadas en esta función de orientación son el córtex parietal posterior, los núcleos pulvinar y reticular del tálamo y los colículos superiores (Posner, Sheese, Odludas y Tang, 2006). En un estudio realizado con electroencefalograma durante la realización del *Attention Network Test* se encontró actividad gamma asociada con la orientación de la atención 200 ms después de la señal (Posner y Dehaene, 1994; Fan et al., 2005; Posner, Sheese, Odludas y Tang, 2006).

La Red Atencional de Vigilancia y Alertamiento se encarga de mantener un estado preparatorio o de *arousal* generalizado, necesario para la detección rápida del estímulo esperado. Aunque hay estudios que enfatizan la función tónica o duradera del estado de alertamiento en tareas de vigilancia, también se atribuye a esta red la función de alerta fásica o de corta duración producida por la presentación de señales de aviso que anuncian la inminente llegada de un estímulo (Funes y Lupiañes, 2003). Se suele encontrar que aunque estas señales inespecíficas no informan del lugar o identidad del estímulo blanco, la respuesta es más rápida a éste ante señales de alerta que en ausencia de ellas. Sin embargo, la mayor velocidad en la respuesta se ve acompañada por una menor precisión. Estudios



anatómicos con PET y estudios de lesiones en humanos y en monos han indicado que las áreas corticales asociadas a esta función están lateralizadas al hemisferio derecho, en los lóbulos frontales y parietales, que reciben proyecciones noradrenérgicas del *Locus Coeruleus* (Fan et al., 2005, Posner, Sheese, Odludas y Tang, 2006).

La Red Atencional Anterior es la encargada de ejercer el control voluntario sobre el procesamiento ante situaciones que requieren algún tipo de planificación, desarrollo de estrategias, resolución de conflicto, o situaciones que impliquen la generación de una respuesta novedosa; se considera que existe una relación muy estrecha entre esta red y los procesos de detección consciente de los estímulos (Funes y Lupiañez, 2003). Estudios con neuroimagen parecen converger en que las estructuras cerebrales implicadas en estas funciones de resolución de conflicto, así como en otras funciones de control, son el cíngulo anterior y otras áreas prefrontales relacionadas, como el área dorsolateral prefrontal izquierda. Sin embargo, modelos más recientes proponen la necesidad de distinguir entre al menos dos subsistemas anatómicamente diferentes que se repartirían las funciones ejecutivas. Según el modelo de Corbetta y Shulman (2002) habría un subsistema que incluiría el córtex temporoparietal y el córtex frontal inferior lateralizado al hemisferio derecho, encargado de detectar novedad y estimulación sobresaliente e inesperada. Por otro lado, existiría un sistema formado por el córtex intraparietal y el córtex frontal superior, que sería el responsable de funciones de desarrollo de expectativas (Posner y Dehaene, 1994; Fan et al., 2005; Posner, Sheese, Odludas y Tang, 2006).

Otra aproximación a una taxonomía de la atención y sus respectivos correlatos neuroanatómicos es el modelo de Corbetta y Shulman (2002), quienes proponen que dos sistemas funcionalmente distintos y potencialmente contrarios, han sido identificados como redes cerebrales y pueden ser ampliamente diferenciados por su contrastante rol en la

atención al mundo externo *versus* procesos internos directamente relacionados con la memoria a largo plazo. Los núcleos de estas dos redes son el sistema dorsal de la atención y el sistema ventral o hipocampal-cortical de la memoria.

El primer sistema, el dorsal de la atención, está asociado con procesos cognitivos ante estímulos externos que incluyen cambios de atención relacionados al espacio, movimientos de ojos, y coordinación ojo-mano; este envuelve la orientación voluntaria (*top down*) y muestra incremento de la actividad después de la presentación de pistas indicando dónde, cuándo o a qué el sujeto debe dirigir su atención. Este sistema es bilateral e incluye regiones en las porciones orbitofrontales, corteza ventral premotora, lóbulo parietal superior, surco intraparietal y el área temporal media. Este sistema funciona ante tareas que implican la búsqueda y detección. Especialmente, la actividad en este sistema se incrementa en escenarios de búsqueda en el espacio, mantenimiento de la actividad mientras se espera un objetivo y su mayor incremento ocurre cuando el objetivo ha sido detectado (Corbetta y Shulman, 2002; Fox, Corbetta, Snyder, Vincent y Raichle, 2006; He, Snyder, Vincent, Epstein, Shulman y Corbetta, 2007).

El sistema ventral o hipocampal-cortical de memoria conforma una red de regiones que están activas durante estados mentales “pasivos” y que están relacionados directamente con cognición interna incluyendo recuperación de recuerdos pasados y pensamientos sobre el futuro (Buckner, Andrews-Hanna y Schacter, 2008; Raichle et al., 2001); también se ha propuesto que la activación de este sistema ocurre ante la detección de objetivos sobresalientes que aparecen en lugares inesperados. Este sistema cerebral tiene una lateralización derecha e incluye regiones en la corteza prefrontal ventro-medial, el lóbulo parietal postero-inferior, la corteza retrosplenial, la corteza cingulada y el lóbulo temporal lateral (Fox, Corbetta, Snyder, Vincent y Raichle, 2006; He et al., 2007).

Vincent et al. (2008), a través de estudios de neuroimagen, han propuesto un tercer sistema, denominado sistema de control frontoparietal, el cual se encuentra interpuesto entre los dos sistemas definidos previamente. El sistema de control frontoparietal incluye muchas regiones identificadas como de control cognitivo y procesos de toma de decisiones: corteza prefrontal lateral, corteza cingulada anterior y el lóbulo parietal inferior. De acuerdo con estos autores, el sistema de control frontoparietal se encuentra anatómicamente posicionado para integrar la información de estos dos sistemas cerebrales opuestos. Este sistema responde particularmente a tareas que demandan la integración de los resultados de múltiples operaciones cognitivas en la búsqueda de objetivos conductuales elevados. Sridharan et al. (2008) proponen que existe un sistema equivalente a éste; sus estudios, con técnicas de neuroimagen, sugieren que las redes de la corteza frontoinsular derecha y la corteza cingulada anterior juegan un importante papel en el cambio generado entre la red del ejecutivo central del cerebro y una red *default*; sus descubrimientos sugieren que esta vía es una red unificadora de los mecanismos entre control cognitivo exógeno y endógeno.

En resumen, la atención puede ser entendida como el proceso, independiente de otros procesos cognitivos, que permite al sujeto percibir los estímulos del medio, seleccionar los objetos relevantes y planear y ejecutar una respuesta; y que a su vez posee una estructura neuroanatómica constituida por distintas redes que se interconectan para llevar a cabo los diferentes subprocesos de la atención.

### **Atención y Deporte**

Mahlo (1985) señala que dentro de los factores psicológicos que influyen de manera importante en el rendimiento deportivo, están la motivación, la voluntad, los factores emocionales, el espíritu colectivo y la concentración de la atención, abordándola como un

fenómeno ligado a las percepciones, al pensamiento y, más aún, a las actividades prácticas del hombre. Ese autor señala que la concentración de la atención tiene que ver con el desarrollo de la primera fase de los procesos psicomotores de cualquier acción táctica (percepción y análisis de la situación de encuentro), fase que interviene de manera importante en las restantes fases de la acción táctica (la solución mental de la tarea táctica especial y la solución motora de la tarea táctica).

Para el caso particular de las artes marciales, consideradas como deportes de combate, y de acuerdo con Anshel y Payne (2006), conceptos como preparación psicológica, concentración de la atención, anticipación, flujo, control emocional, autocontrol, confianza y competitividad son esenciales en éstas. Desde el punto de vista de la aplicación de la psicología del deporte, resulta necesario examinar las condiciones deseables de los combatientes para poder explicar o predecir sucesos y de esta manera poder establecer estrategias que le permitan el máximo desarrollo deportivo. La competencia en artes marciales requiere de breves periodos de alta intensidad en la concentración de la atención y energía física. Abordándolo desde una perspectiva del procesamiento de la información, los competidores en artes marciales deben ser capaces de anticipar las acciones y estrategias de su oponente, percibir los estímulos rápidamente, planear estrategias y tomar decisiones con rapidez, y responder de forma “automática”.

En un estudio realizado por del Monte (2005) para determinar la relación entre el rendimiento deportivo en 28 atletas pertenecientes a la Selección Nacional Femenina de Judo de Cuba y el nivel de atención, se utilizó la Prueba de los Anillos de Landorf, en la que los sujetos deben tachar en un tiempo determinado un tipo de estímulo cada vez que lo identifique de entre otros tipos de estímulos diferentes. El análisis estadístico mostró una fuerte correlación entre el nivel de atención y el rendimiento deportivo; la autora propone

que un componente importante del rendimiento de las judokas depende de su nivel de atención.

Reafirmando esta idea, Anshel y Payne (2006) proponen que una habilidad importante para el deportista de combate durante la competencia es la atención focalizada, como estrategia cognitiva puede ayudar a mejorar el rendimiento de acuerdo a la situación; ésta se refiere a la capacidad de mantener un enfoque interno para mejorar o mantener pensamientos y emociones deseables, o un enfoque externo para ignorar los pensamientos desagradables, eliminar la autocrítica negativa o simplemente para centrarse en el oponente e incrementar la activación. En el caso de los luchadores algunas de las estrategias necesarias a desarrollar para el combate son: mantener constantemente el foco de atención en su propio desempeño y en el de su oponente, mantener la atención para la preparación de movimientos de ataque y distracción como estrategia para maximizar su velocidad y fuerza, preparación para movilizar todos los recursos necesarios desde el inicio del combate, entre otras (Rushall, 2006).

Por su parte Williams, Davids y Williams (1999) proponen que los deportistas de alto rendimiento deben estar listos para identificar la información más importante de entre todos los estímulos, dirigir su atención apropiadamente y extraer el significado de estas áreas de manera eficiente.

Diversos estudios han hecho énfasis, no sólo en la importancia que la atención tiene en la práctica deportiva, sino que se han enfocado al desarrollo de las habilidades cognitivas como consecuencia del ejercicio físico realizado. Estos estudios han encontrado que la actividad física se encuentra asociada con un mejor desempeño en las respuestas conductuales asociadas al funcionamiento cognitivo a lo largo de la vida. Por lo cual, se ha encontrado que ejercicio físico beneficia la velocidad de respuesta y la cantidad de aciertos

en tareas que requieren de control ejecutivo. Estos descubrimientos, junto con descubrimientos previos reportados en adultos mayores, sugieren que la activación física puede beneficiar la cognición a lo largo de la vida humana y puede proteger del deterioro en edades avanzadas (Hillman et al., 2006).

Se ha encontrado que por efecto del entrenamiento físico se pueden producir cambios corticales; algunos estudios con modelos animales muestran que, particularmente, el entrenamiento aeróbico incrementa la vascularización capilar cortical, el número de conexiones sinápticas, y el desarrollo de nuevas neuronas (Neeper, Gomez-Pinilla, Choi y Cotman, 1995; Churchill, Galvez, Colcombe, Swain, Kramer, y Greenough, 2002; Lu y Chow, 1999; van Praag, Christie, Sejnowski, y Gage, 1999). El resultado final es un cerebro que es más eficiente, plástico, y adaptado, que se traduce en un mejor rendimiento en los animales durante el envejecimiento. En tres estudios realizados por Colcombe y colaboradores (Colcombe et al., 2003; Colcombe & Kramer, 2003; S. J. Colcombe et al., 2003) se encontró que el incremento en la capacidad cardiovascular resulta en un incremento del funcionamiento de las redes atencionales del cerebro durante tareas cognitivamente desafiantes. Específicamente, personas en forma o en entrenamiento aeróbico muestran mayor actividad cerebral relacionada con la tarea en regiones de la corteza prefrontal y parietal, asociadas con la selección espacial e inhibición respectivamente, cuando se comparan con grupos control. Adicionalmente, en ambos estudios se encontraron diferencias en la activación de la corteza cingulada anterior la cual se ha relacionado con el monitoreo del conflicto en el sistema de atención. Estos datos sugieren que el incremento de la forma física y sus efectos en la función cardiovascular puede mejorar la plasticidad de cerebro humano y, como una consecuencia, puede servir para reducir el deterioro biológico y cognitivo relacionado con la edad.

En un estudio realizado por Hillman, Weiss, Hagberg y Hatfield (2002), en donde evaluaron los Potenciales Relacionados con Eventos y relacionaron los componentes P300 y CNV, con la edad y el nivel de forma física, concluyeron que la actividad física está asociada con atenuación del deterioro cognitivo en adultos mayores y mayor economía de la preparación motora en jóvenes y adultos.

Al margen de la práctica deportiva, pero relacionada con el entrenamiento mental, la meditación, entendida como un estado de gran concentración y elevada conciencia, y cuyos objetivos son el rechazo de eventos distractores y recuerdos que interfieren con la tarea y la ausencia de pensamientos (Dunn, Hartigan y Mikulas, 1999), ha sido estudiada con técnicas de neuroimagen para determinar las diferencias en la activación de distintas estructuras cerebrales en meditadores comparados con no meditadores; los principales hallazgos han sido una mayor activación de la corteza prefrontal y la corteza cingulada anterior en los primeros (Baerentsen, Hartvig, Stokilde-Jorgensen y Mammen, 2001; Barinaga, 2003; Brefczynski-Lewis, Lutz, Schaefer, Levinson y Davidson, 2007; Bush, Luu y Posner, 2000; Cerf-Ducastel, Ven de Moortele, MacLeod, Le Bihan y Faurion, 2001; Gusnard, Akbudak, Shulman y Raichle, 2001), la corteza cingulada anterior generalmente se relaciona con la detección de conflictos que emergen por la incompatibilidad al procesar la información, por lo cual su activación contribuye al mantenimiento de la atención por el alertamiento de estos sistemas directamente relacionados con la regulación *top-down* para resolver el conflicto (van Veen y Carter, 2002).

En un estudio realizado por Holzel et al. (2009) en el que compararon a meditadores y no meditadores durante tareas de meditación y cálculo matemático, los autores encontraron mayor activación en la corteza cingulada rostral anterior en los

meditadores, lo que podría reflejar sensaciones de bienestar y felicidad y una alta capacidad para procesar los estímulos distractores. También se encontraron diferencias en la activación de la corteza prefrontal medial, lo que podría indicar, en los meditadores, un mejor manejo del procesamiento emocional.

De manera general, en el deporte competitivo se ha dado gran importancia a la atención como un factor importante en el rendimiento deportivo. De manera particular, se ha destacado este funcionamiento en los deportes de combate. Asimismo, diversos estudios han asociado el nivel de forma física con un mejor rendimiento cognitivo, particularmente en tareas de atención, aludiendo a una mejor vascularización, plasticidad y adaptación cerebral (Colcombe y Kramer, 2003; Hillman, Buck, Themanson, Pontifex y Castelli, 2009; Themanson & Hillman, 2006; Themanson, Hillman, & Curtin, 2006; Hillman, Kramer, Belopolsky y Smith, 2006; Hillman, Erickson y Kramer, 2008; Hillman, Weiss, Hagberg y Hatfield, 2002; Colcombe et al., 2003). Por lo anterior es de especial interés para esta investigación el análisis de este fenómeno en deportes de combate, específicamente en las artes marciales.

### **Evaluación de la atención**

La evaluación de los procesos de atención no es fácil, no sólo en el sentido de separar estos procesos del resto de los procesos cognitivos, sino también de la dificultad a la hora de diferenciar sus elementos constituyentes. De acuerdo con Lavallo, Kremer, Moran y Williams (2004) son tres las aproximaciones para la medición y evaluación de los procesos de atención. Estas aproximaciones son la psicométrica, experimental y neurocientífica.



### **Psicométricos.**

La aproximación psicométrica para la medición de la atención basa sus supuestos en la idea de que la gente puede proporcionar un autorreporte que evidencie sus propios hábitos de focalización, habilidades y preferencias. Bajo este esquema la medición de las habilidades para la atención se realiza utilizando pruebas de papel y lápiz. Uno de los inventarios más utilizados en el trabajo de los psicólogos es el *Test of Attentional and Interpersonal Style (TAIS)* elaborado por Nideffer (1976), el cual está constituido por 144 reactivos organizados en 17 subescalas, este inventario busca medir los procesos de atención de las personas en situaciones cotidianas (Lavalle, Kremer, Moran y Williams, 2004). En el área particular del deporte se han desarrollado algunos instrumentos específicos para la evaluación de la atención, basados en estos modelos psicométricos, un ejemplo de ello es el desarrollado por Hatzigeorgiadis y Biddle (2002), conformado por 17 reactivos, el cual se denomina *Thought Occurrence Questionnaire for Sport (TOQS)* y evalúa en qué medida los pensamientos de distracción interfieren con el desempeño del deportista durante la competencia. Esta prueba consta de tres subescalas: preocupaciones relacionadas con la tarea, pensamientos irrelevantes y pensamientos de escape. Aunque la fiabilidad de cada una de las subescalas es muy buena, la validez de constructo de la *TOQS* no se ha establecido totalmente hasta la fecha (Lavalle, Kremer, Moran y Williams, 2004).

### **Experimentales.**

Basada en las propuestas de la psicología experimental, los modelos experimentales proponen que la atención puede ser definida en términos operacionales y medida en función del desempeño del sujeto cuando es sometido a una tarea que le implique demanda de recursos de atención.

Un ejemplo de este tipo es el modelo de “tarea-dual”, en el cual se da la realización de una tarea primaria con interferencia de una tarea secundaria; generalmente la aplicación consiste en que el sujeto debe realizar la tarea en tres condiciones. En la primera condición, la persona tiene que realizar solamente la tarea primaria. En la segunda condición, el sujeto debe realizar solamente la tarea secundaria. En la tercera condición, las tareas se ejecutan simultáneamente (Lavalle, Kremer, Moran y Williams, 2004).

Otra aproximación a este paradigma en relación con los modelos neuropsicológicos ha sido el *Attentional Networks Test* (ANT), el cual fue desarrollado para examinar las diferencias individuales en la eficiencia de las redes cerebrales de alertamiento, orientación y control ejecutivo. El ANT utiliza las diferencias en los tiempos de reacción (TR) entre las condiciones para medir la eficacia de cada red. Cada ensayo aparece con una señal (o un intervalo en blanco en caso de la condición sin-señal) que le informa al participante sobre la pronta aparición del estímulo blanco o cuando este no podría ocurrir, o ambos. El objetivo blanco siempre ocurre ya sea por encima o por debajo del punto de fijación y consiste en una flecha central, acompañada por otras flechas que pueden apuntar en la misma dirección (congruente) o en dirección opuesta (incongruente). La sustracción de los tiempos de TR para ensayos congruentes e incongruentes proporciona una medición de la resolución del conflicto y una medición de la eficacia de la red de control ejecutivo. La sustracción de los TR obtenidos en la doble condición de señal de los TR en la condición sin señal proporciona una medida de la respuesta de alertamiento a la presencia de una señal de aviso. La sustracción de los TR a los blancos en el lugar de referencia de los ensayos usando una señal central brinda una medida de la orientación (Posner, Sheese, Odludas y Tang, 2006).

Entre otros instrumentos se encuentran el *Test Of Variables of Attention* (T.O.V.A) el cual consiste en una prueba computarizada de atención que tiene una duración de 21.6 minutos, utilizando un formato de “juego computarizado” que mide las respuestas del sujeto ante estímulos visuales y auditivos. La prueba utiliza un estímulo geométrico que minimiza los efectos de diferencias culturales y problemas de aprendizaje; la prueba se desarrolla en dos condiciones: un blanco infrecuente y un blanco frecuente. En la primera mitad de la prueba (la mitad del blanco infrecuente), la relación blanco-no blanco es de 1:3.5; en esta primera mitad, la cual es similar a otras tareas de desempeño continuo, la tarea es aburrida y fatigante, y el sujeto debe prestar mucha atención para responder correctamente. Cuando un sujeto no responde al estímulo blanco, esto se denomina error de omisión y es una medida de inatención (Leark, Greenberg, Kindschi, Dupuy y Hughes, 2007).

En la segunda mitad de la prueba (la mitad del blanco frecuente) la relación blanco-no blanco es de 3.5:1. En esta mitad de la prueba, el sujeto espera para responder la mayoría de las veces, pero ocasionalmente debe inhibir la tendencia a responder. Cuando el sujeto responde a un estímulo no blanco esto se denomina error de comisión y es una medida de impulsividad. La habilidad para prestar atención a tareas aburridas y repetitivas es mejor medida en la primera mitad de la prueba, mientras que la habilidad para inhibir es mejor medida en la segunda mitad (Leark, Greenberg, Kindschi, Dupuy y Hughes, 2007).

El intervalo interestímulo es de 2 segundos y la presentación del estímulo dura 100 ms. La respuesta se realiza presionando un *microswitch*. Las variables medidas por la prueba T.O.V.A. incluyen variabilidad en el tiempo de respuesta (consistencia), tiempo de respuesta, errores de comisión (impulsividad), errores de omisión (inatención), tiempo de respuesta post-comisión, respuesta múltiple y anticipatoria,  $d'$  y un puntaje para trastorno

de Déficit de Atención con Hiperactividad, el cual es comparable con un grupo específico en edad y género con el mismo trastorno (Leark, Greenberg, Kindschi, Dupuy y Hughes, 2007).

Algunos ejemplos de este tipo de pruebas y que tienen un especial uso en el deporte son las pruebas Tolouse Pieron y los Anillos de Landorf, que permiten medir el volumen de atención, la capacidad de concentrarse y la calidad de trabajo, las pruebas consisten en unas plantillas con figuras de distintos tipos en las que los sujetos deben tachar en un tiempo determinado un tipo de figura de entre otros tipos de figuras diferentes. El evaluado debe realizar el trabajo buscando y marcando de izquierda a derecha de la hoja. Las pruebas tienen una duración de 10 minutos aproximadamente y se evalúa el desempeño del sujeto en un rango de tiempo determinado.

### **Neurocientíficos.**

La medición de la atención en este campo consiste en la búsqueda de sustratos psicofisiológicos y/o neurales de los procesos atencionales. Entre los índices más populares de la atención que se han estudiado en este sentido están la frecuencia cardíaca (Brefczynski-Lewis, Lutz, Schaefer, Levinson, & Davidson, 2007), medidas electroencefalográficas (EEG) y Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) (Lavalle, Kremer, Moran y Williams, 2004), los cuales son de particular interés para el presente estudio; por ello se tratarán sus características con mayor detalle.

### ***Electroencefalografía.***

Una forma de aproximarse al estudio temporal de las conexiones entre áreas cerebrales es a través de señales eléctricas o magnéticas, lo que proporciona una alta resolución temporal. El uso de métodos electroencefalográficos, a través de la colocación

de electrodos en el cuero cabelludo, permite la recolección de datos sobre la actividad neuronal (Posner, Sheese, Odludas y Tang, 2006).

Las células nerviosas generan volúmenes de corriente extracelular mediante los cambios en el potencial de membrana de sus dendritas y sus somas celulares. Los potenciales postsinápticos generan cambios positivos (excitatorios) y negativos (inhibitorios) en la concentración extracelular de iones. La suma de dicho flujo resulta en potenciales de conducción de volumen que pueden registrarse en el cuero cabelludo a través del registro electroencefalográfico (EEG) (Perianez y Barcelo, 2004); dichos cambios en esta función eléctrica ocurren a la par que la conducta y los procesos mentales en el funcionamiento global del sujeto (Carlson, 2006).

El EEG es el registro a través del cuero cabelludo de la actividad eléctrica cerebral espontánea, sin intervención invasiva; y se representa por una gráfica del voltaje en función del tiempo; el EEG es sumamente sensible a cambios en la edad y en el estado funcional del cerebro. El EEG, como un continuo de la actividad cerebral, contiene un amplio espectro de frecuencias que puede ir desde frecuencias muy bajas hasta muy altas. En un adulto normal pueden ser identificados rangos lentos (0.3-7 Hz) y rangos muy rápidos (por encima de los 30 Hz); los rangos medios (8-13 Hz) y rápidos (14-30 Hz) son predominantes. Del mismo modo el trazado del EEG muestra cambios de voltaje a lo largo de tiempo (Niedemeyer y Lopes da Silva, 2004). Dada la naturaleza oscilatoria del EEG, la frecuencia es su principal descriptor; por ello el análisis cuantitativo que se hace del EEG es generalmente un análisis de frecuencias, usando comúnmente el análisis de Fourier para transformar la señal que está en el dominio del tiempo a una señal en el dominio de las frecuencias conocida como espectro de potencias. Para determinar si la mayor o menor

potencia en un determinado rango de frecuencias constituye una anomalía, es necesario contar con una base de datos normativa (Thatcher, 1999).

Las neuronas más frecuentemente implicadas en la generación, sincronización, desincronización, y activación de los ritmos cerebrales se encuentran localizadas en la corteza cerebral, el tálamo y varios moduladores localizados en los sistemas básicos del tallo cerebral, hipotálamo posterior y la región basal del cerebro anterior (Niedemeyer y Lopes Da Silva, 2004). El EEG registrado en condición de vigilia en reposo o durante el sueño tiene gran utilidad clínica; sin embargo, para fines de evaluación de la actividad cognitiva, el EEG se registra mientras el sujeto realiza una tarea, en forma similar a lo que se hace para la obtención de los PREs.

#### ***Potenciales Relacionados con Eventos (PREs).***

El registro de la actividad eléctrica cerebral provocada es una de las técnicas electrofisiológicas más importantes en la comprensión de las bases fisiológicas de los procesos cognoscitivos. El uso extendido de esta técnica reside en que tiene la mayor resolución temporal respecto de todas las demás actualmente utilizadas, si bien su resolución espacial es pobre (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2008).

El término de Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) designa la clase general de potenciales eléctricos cerebrales que tienen relaciones temporales estables para los tipos específicos de eventos que los provocan (Vaughan, 1969). Posteriormente Hillyard y Picton (1987) proponen una definición para los PREs, entendiéndolos como los cambios en los patrones de voltaje del EEG en curso, que están ligados en el tiempo a eventos sensoriales, motores o cognoscitivos. Rodríguez, Prieto y Bernal (2008) coinciden con las definiciones anteriores de que los PREs reflejan cambios en la actividad eléctrica

cerebral relacionados temporalmente con un estímulo que los dispara y que están ligados a un proceso sensorial, perceptivo, motor o cognoscitivo.

Una de las ventajas del método es que permite la evaluación de la relación dinámica entre la actividad cerebral y el proceso cognoscitivo que se está estudiando; así, proporciona información sobre la temporalidad y la secuencia de los procesos cognoscitivos con una gran resolución temporal.

Los PREs se obtienen de presentaciones repetidas de estímulos, partiendo de la idea de que la respuesta cerebral a cada estímulo será esencialmente la misma. Al obtener el promedio sincronizado temporalmente con la presentación de los estímulos, se tendrá la actividad eléctrica “más representativa” respecto del estímulo empleado, en tanto que aquella actividad no relacionada con el procesamiento de éste tenderá a desaparecer por ser aleatoria. Para promediar la actividad electroencefalográfica relacionada con los eventos que se presentan, ya se trate de estímulos o respuestas, es necesario saber exactamente el momento en que se presentan dichos estímulos o respuestas en el registro continuo. De esta forma es posible separar la actividad electroencefalográfica asociada antes y después al evento de interés del registro continuo de EEG. Estos trazos de EEG constituyen las épocas de registro, que habitualmente se componen de un intervalo de tiempo antes del evento y otro que se mide a partir de que comienza el evento en cuestión. Una vez seleccionadas las épocas de registro que se consideran útiles, se procede a hacer la promediación punto por punto y electrodo por electrodo. El promedio se hace con base en la suma algebraica de cada punto dividido por el número de épocas, lo que da como resultado final el PRE. Se enfatiza la importancia de obtener PREs con un número suficiente de épocas; otro aspecto importante es que en un experimento, las diferentes categorías del estímulo sean promediadas con un número igual o muy semejante de segmentos, ya que si difieren en

esto, será más probable que los PREs obtenidos tengan diferente relación señal-ruido, lo que afectaría seriamente las comparaciones *intra* o *inter* grupos que habitualmente se hacen en los estudios cognoscitivos con PREs (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2008).

Los PREs, propiamente dichos, consisten de una serie de cambios de voltaje que se visualizan como picos positivos o negativos y se presentan en tiempos sucesivos a partir de la presentación del estímulo; a estos picos de voltaje se les suele llamar componentes de los PREs. En general, los componentes que se presentan antes de los 100 ms se llaman componentes exógenos, determinados principalmente por las características físicas de los estímulos que los generan (como pueden ser: intensidad, frecuencia, color, tamaño, etcétera); estos componentes son tan consistentes entre las poblaciones de sujetos, que cualquier ligera desviación en su morfología puede indicar confiablemente una disfunción sensorial o neurológica.

En contraste, los componentes que típicamente aparecen después de los 100 ms son bastante sensibles a los cambios en el estado psicológico del sujeto, al significado de los estímulos o a las demandas en el procesamiento de información requeridas por una tarea, así como a las estrategias, decisiones o expectativas del sujeto. Estos son los componentes endógenos que son los más útiles para estudiar las bases fisiológicas de los procesos cognoscitivos; los componentes endógenos, sin embargo, presentan una gran variabilidad entre los sujetos (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2008). Los componentes, en general, son denominados con las letras P o N que se refieren a su polaridad, positiva o negativa respectivamente, y son sucedidos por un número que corresponde a su latencia (Luck, 2005).

De acuerdo con Rodríguez, Prieto y Bernal (2008) los parámetros que se miden más comúnmente en los PRE son: amplitud, latencia y distribución topográfica. La amplitud es



el voltaje de las ondas que puede ser positiva o negativa respecto a la línea de base y es medida en microvoltios ( $\mu\text{V}$ ). Una mejor aproximación para la medición de la amplitud de los componentes de los PREs es la amplitud promedio del intervalo de tiempo seleccionado, que como su nombre lo indica es el promedio de las amplitudes de los puntos del intervalo; esta es la técnica más empleada en la literatura y se usa con algunas variantes, una de las cuales puede consistir en encontrar un pico y definir el intervalo de tiempo con igual cantidad de puntos a la izquierda y a la derecha del punto de mayor amplitud. Luck (2005) propone que una de las maneras más apropiadas para eliminar el efecto de la variabilidad en el tiempo en que el pico de amplitud de los componentes aparece es medir el área bajo la curva, ya que se considera que el promedio de las áreas bajo la curva de un número de ensayos es equivalente al área bajo la curva del PRE obtenido de esos mismos ensayos, independientemente del momento en el cual el pico máximo aparece del componente en cada ensayo.

La latencia es el tiempo que transcurre entre la presentación del estímulo y la aparición del pico máximo de un componente de los PREs y se mide en milisegundos (ms); generalmente, la forma de calcular la latencia es anotar el tiempo en que aparece el punto de mayor amplitud en un intervalo de tiempo seleccionado o más confiablemente –como ya se mencionó– anotar la latencia del pico local. Este último procedimiento es el más empleado y está sujeto a las mismas limitaciones que las medidas de amplitud. No obstante, como sucede con la amplitud, la estimación de la latencia basada en la medida del área bajo la curva parece tener ventajas. Este método consiste en calcular el punto en el tiempo que divide el área en dos mitades iguales, que constituiría la latencia del componente (Bernal, Rodríguez, Prieto y Romero, 2008). Finalmente, la distribución topográfica es el lugar del cuero cabelludo en el que se observa el componente.

Para la presente investigación, son de particular interés aquellos componentes definidos como endógenos, los cuales se presentan a una latencia posterior a los 100 ms y se encuentran relacionados con el procesamiento cognitivo, por ello a continuación se describen algunos de estos componentes con la finalidad de profundizar en sus características.

#### *P200 o P2.*

La P200 es un pico positivo alrededor de los 200 ms posterior a la presentación del estímulo y presenta una topografía fronto-central (Luck, 2005). Aunque no se ha precisado con exactitud el proceso cognoscitivo con el que se relaciona, se propone una vinculación con la detección y evaluación del estímulo y con la demanda atencional (Johnson, 1989; Luck y Hillyard, 1994). Johnson (1989) encontró que la amplitud de la P200 se modifica con la demanda de atención de la tarea que se está ejecutando, y Stauder, Molenaar y van der Molen (1993), Taylor y Smith (1995) y Taylor y Kahn (2000) mencionan que la latencia y amplitud de la P200 disminuyen con la edad.

Este componente tiene mayor amplitud ante estímulos que tienen como característica ser blancos durante la tarea y el efecto es aún mayor cuando los blancos son relativamente poco frecuentes. En este mismo sentido, la P200 anterior ocurre cuando el blanco es definido como un estímulo simple. Se ha demostrado que la P200 se presenta particularmente durante la detección de las características de orientación, tamaño y color; puede ocurrir únicamente cuando uno de varios objetos presentados simultáneamente posee la característica relevante (Luck y Hillyard, 1994). En relación a la P200 posterior, no se conoce mucho (Luck, 2005).

*N200 o N2.*

A los 200 ms, después de la presentación de un estímulo visual o auditivo, se presenta un componente negativo denominado N200 (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2008). La N200 se refiere al segundo pico negativo en los PREs, y es denominada así porque sigue a un prominente pico negativo frontocentral que ocurre alrededor de los 100 ms en la modalidad auditiva o un prominente pico negativo temporo-occipital alrededor de los 180 ms en la modalidad visual. También se ha establecido cierta relación entre los componentes N200 y P300, refiriéndose a ellos como el complejo N200-P300 (Squires, Wickens, Squires y Donchin, 1976; Squires, Petuchowsky, Wickens y Donchin, 1977), sin embargo en años recientes se ha observado que el componente N200 posee algunas características que lo hacen funcionalmente distinto de la P300 (Folstein y Van Petten, 2008).

La aparición de este componente requiere que el estímulo se desvíe en alguna forma del contexto precedente (Simson, Vaughan y Ritter, 1977). Dos modalidades de tarea *oddball* generan la N2” aquellas en las que se muestra un estímulo infrecuente e irrelevante que no requiere respuesta del sujeto y aquellas en las que se muestra un estímulo infrecuente pero relevante para la tarea, requiriendo algún tipo de respuesta del sujeto (Folstein y Van Petten, 2008). Si el estímulo auditivo diferente es un tono no relevante para la tarea se generara una N2a, cuya etiqueta ha sido reemplazada por *mismatch negativity* sólo para la modalidad auditiva (Pritchard, Shapell y Brandt, 1991). El componente N2 anterior es producido principalmente por ensayos durante tareas *oddball* sin respuesta, de tal manera que se sugiere que el componente N2 con distribución anterior es sensible a estímulos novedosos o desviados del contexto que no requieren ningún tipo de respuesta (Folstein y Van Petten, 2008); pero si el estímulo es relevante para la tarea se observará un componente N2 más tardío, llamado N2b.

Los estímulos diferentes, tanto visuales como auditivos, se acompañan de una N2b más grande sobre sitios centrales (Simson, Vaughan y Ritter, 1977), este componente es mayor para estímulos no blancos que para estímulos blancos, pero es generado por ambos, tiene una distribución central para ambas modalidades auditiva y visual y covaría con P3a (Naaanen y Gaillard, 1983). Folstein y Van Petten (2008), sugieren que la N2 generada por estímulos visuales puede ser dividida en por lo menos tres subcomponentes: un componente frontocentral o anterior el cual está relacionado a la detección de la novedad o variación del contexto; un segundo componente frontocentral que se encuentra relacionado al control cognitivo (inhibición de la respuesta, respuesta ante conflictos y monitoreo del error); y uno o dos componentes relacionados a aspectos de atención visual. El componente N2 anterior relacionado al control cognitivo (inhibición de la respuesta, respuesta ante conflictos y monitoreo del error) se describe a partir de los descubrimientos utilizando diversas tareas; en los estudios donde han utilizado tareas *go/no-go* se ha generado la hipótesis de que la N2 relacionada al estímulo *no-go* es generada por inhibición de una respuesta planeada (Bruin y Wijers, 2002; Pfefferbaum, Ford, Weller y Kopell, 1985) cuya amplitud incrementa como consecuencia de la presión para responder rápidamente (Jodo y Kayama, 1992). En tareas con señal *stop*, en las cuales el participante se encuentra desempeñando una tarea de tiempo de reacción y debe inhibir su respuesta ante una señal que va seguida al estímulo (De Jong, Coles, Logan y Gratton, 1990; Logan, Cowan y Davis, 1984) se ha identificado una N2 frontocentral generada por esta señal de *stop*, la cual es mayor cuando las instrucciones enfatizan la importancia de una rápida respuesta que cuando las instrucciones requieren un balance entre la velocidad y la respuesta correcta (Band, Ridderinkhof y van der Molen, 2003). Se ha encontrado evidencia de que la N2

generada por tareas de *stop* es mayor en participantes que son inhibidores eficientes que en aquellos que no lo son (van Boxtel, van der Molen, Jennings y Brunia, 2001).

La N2a presenta una distribución cortical anterior ante un estímulo desviado del contexto (Näätänen, 1990); la N2b es una negatividad con topografía central, que se observa sólo durante la atención consciente de los estímulos; refleja un procesamiento voluntario y es provocada cuando los sujetos atienden selectivamente a estímulos desviados en modelos *oddball* (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2008). Basados en los estudios con tareas *oddball* de modalidad visual, se ha propuesto que un tercer tipo de componente N2, es el N2c que acompaña a la P3b (Ritter, Simson, Vaughan y Friedman, 1979; Ritter, Simson, Vaughan y Match, 1982), su latencia covaría con el tiempo de reacción y es mayor para los estímulos blanco que para los no blanco y su distribución topográfica depende de la modalidad de la estimulación, siendo posterior para estímulos visuales y frontocentral para estímulos auditivos; se ha pensado que este componente está relacionado principalmente con subprocesos de clasificación de estímulos. En los estímulos relevantes a la tarea, presentados en tareas de búsqueda visual con lateralidad específica, se puede observar una N2pc como reflejo de un cambio atencional; este componente tiene una distribución occipito-temporal en la corteza contralateral (Luck, Girelli, Mcdermott, Ford, 1997). El componente N2pc no es sensible a la probabilidad y refleja el enfoque de la atención espacial en la localización del blanco (Luck, 2005)

Algunos de estos subcomponentes, particularmente aquellos que presentan una distribución posterior, están relacionados de manera específica con estímulos de modalidad visual y reflejan el grado de atención requerido para procesar el estímulo en la corteza visual (Suwazono, Machado y Knight, 2000).

Pritchard, Shappell y Brandt (1991), han establecido las propiedades de los componentes N2a, N2b y N2c en sus modalidades auditivas y visuales; las principales diferencias entre los componentes fueron que tanto la N2b como la N2c requieren de atención sobre el estímulo para ser generadas y acompañan a los componentes de la P300.

#### *P300 o P3.*

Es el componente más estudiado de los PREs por su fácil producción y gran amplitud (de 5 a 20  $\mu$ V). El modelo estándar para provocarlo consiste en una serie de estímulos de dos clases, frecuentes e infrecuentes, denominado paradigma *oddball* (Donchin, Ritter y McCallum; Pritchard, 1981). Se requiere que el sujeto responda de alguna manera a los estímulos infrecuentes; la discriminación de este estímulo infrecuente sobre los estímulos frecuentes produce una P300 robusta que incrementa su amplitud conforme disminuye la probabilidad de aparición del estímulo blanco (Duncan-Johnson y Donchin, 1977, 1982; Johnson y Donchin, 1982; Squires, Wickens, Squires y Donchin, 1976). Este componente es una onda positiva que se presenta predominantemente en regiones centro-parietales; puede variar en latencia, dada la facilidad con la que el estímulo pueda ser categorizado de entre 300 a 900 ms, y en amplitud, debido a su sensibilidad a la probabilidad del blanco y el esfuerzo cognitivo (Rodríguez, Prieto y Bernal, 2008).

La amplitud del componente P300 es sensible a la cantidad de recursos comprometidos durante el desempeño de la tarea; es decir, cuando la dificultad de la tarea es incrementada, la amplitud de la P300 decrementa (Isreal, Chesney, Wickens y Donchin, 1980; Kramer, Wickens y Donchin, 1985; Wickens, Kramer, Vanasse y Donchin, 1983). Cuando las condiciones de la tarea son poco demandantes se tiene la hipótesis de que se economizan recursos, de tal manera que la amplitud de la P300 es mayor y la latencia es relativamente corta. Por lo tanto, y aludiendo a lo anterior, para tareas que requieren grandes

cantidades de recursos de atención, la amplitud de la P300 es menor y la latencia es más prolongada debido a la cantidad de recursos utilizados por las exigencias de la tarea (Kok, 2001, Polich, 1987).

También se ha propuesto que el procesamiento pasivo de estímulos produce una amplitud de la P300 más pequeña que la que se produce en tareas activas, porque los estímulos y los eventos de no-respuesta emplean recursos de atención que reducen la amplitud. Además, el nivel de alertamiento afecta la disponibilidad de los procesos de atención, modulando la amplitud de la P300 (Kok, 2001; Polich y Kok, 1995); bajos niveles de *alertamiento* se han relacionado con una menor amplitud de la P300 en comparación con altos niveles de *alertamiento*, los cuales se han relacionado con una mayor amplitud del componente (Brocke, 2004; Brocke, Tasche, Beauducel, 1997; de Pascalis, 2004; Stenberg, 1992).

Fitzgerald y Picton (1984) encontraron un efecto sobre la amplitud de la P300 determinado por el tiempo interestímulo; intervalos interestímulo cortos producen una P300 de menor amplitud que los intervalos largos. Otro aspecto que aporta a la amplitud del componente P300 es la memoria de procesamiento; diversos estudios (Karis, Druckman, Lissak y Donchin 1984; Fabiani, Karis y Donchin 1986, 1990) sugieren que tareas de atención que requieren fundamentalmente memoria de procesamiento afectan la amplitud de la P300 (Donchin, 1981) de manera que un incremento en el uso de recursos de memoria reduce el tamaño del componente porque el procesamiento cognitivo de la tarea incrementa (Kok, 2001; Wijers, Otten, Feenstra, Mulder y Mulder, 1989).

En lo que respecta a la latencia del componente P300, ésta se relaciona con la velocidad para la clasificación del estímulo, es decir, el tiempo requerido para detectar y evaluar un estímulo blanco (Kutas, McCarthy y Donchin, 1977; Magliero, Bashore, Coles y

Donchin, 1984). La latencia del componente cambia a lo largo del cuero cabelludo, es más corta sobre las regiones frontales y más larga sobre regiones parietales (Mertens y Polich, 1997a; Polich et al., 1997). Diferencias individuales en la latencia del componente P300 han sido correlacionadas con la velocidad del funcionamiento mental, de tal manera que cortas latencias están relacionadas con un funcionamiento cognitivo superior (Emmerson, Dustman, Shearer y Turner., 1989; Johnson, Pfefferbaum y Kopell, 1985; Pelosi, Holly, Slade, Hayward, Barrett y Blumhardt, 1992; Polich, Howard y Starr, 1983). La latencia de la P300 decrementa con el desarrollo durante la infancia (Polich y Howard, 1985) e incrementa con el envejecimiento normal (Fjell y Walhovd, 2001; Polich, 1996). En resumen, el pico de latencia de la P300 es proporcional al tiempo de evaluación del estímulo, sensible a las demandas de procesamiento de la tarea y varía con las diferencias individuales y la capacidad cognitiva.

Squires, Squires y Hillyard (1975) distinguieron entre dos tipos de P300, identificando un componente máximo en regiones frontales denominado P300a y otro componente máximo en regiones parietales denominado P300b. El componente denominado como P3a es generado por un estímulo distractor infrecuente insertado de manera aleatoria dentro de una secuencia de estímulos blancos/estándar; la repetida presentación del estímulo produce un decremento en la amplitud del componente, lo que podría estar directamente relacionado a la respuesta de orientación (Knight, 1984; Kok, 2001; Riggins y Polich, 2002; Rushby, Barry y Doherty et al., 2005); el componente P3b ha sido distinguido en tareas donde el estímulo infrecuente es relevante y requiere de algún tipo de respuesta por parte del sujeto (Snyder y Hillyard, 1976; Squires, Wickens, Squires y Donchin, 1975). Diversos estudios han identificado que la generación de la P3a ocurre si se crea un foco de atención; mientras que la P3b aparece cuando, aunado al procesamiento



atencional, se promueve la activación de la memoria de trabajo en regiones temporo-parietales (Brázdil, Rektor, Daniel, Dufek y Jurak, 2001; Brazdil, Roman, Daniel y Rektor, 2003; Knight, 1996; Squire y Kandel, 1999). En cuanto a la neurofarmacología asociada al componente P300, se ha sugerido que la P3a se encuentra relacionada a un funcionamiento en regiones frontales de atención focalizada mediada por actividad dopaminérgica, mientras que la P3b en regiones parieto-temporales ha sido relacionada con la norepinefrina (Braver y Cohen, 2002; Nieuwenhuis, Aston-Jones y Cohen, 2005; Pineda, 1995; Pineda, Foote y Neville, 1989; Polich y Criado, 2006).

Aunque no ha sido completamente definido el origen neuronal del componente P300, se han hecho significativos avances. Se ha destacado la importancia que la integridad del lóbulo frontal tiene para la generación de la P3a (Knight, 1984; Knight, Grabowecy, Scabini, 1995) ya que se ha identificado que pacientes con lesiones focales en el hipocampo muestran una menor amplitud de la P3a pero una P3b normal. Se ha sugerido que en el caso del componente P3b, éste se genera en el lóbulo temporal medio (Halgren et al., 1980; McCarthy, Wood, Williamson y Spencer, 1989). Sin embargo otras posturas proponen que la amplitud de la P300 y de sus subcomponentes P3a y P3b está dada por la integración de un circuito fronto-parieto-temporal (Knight, 1990; Polich, 2003; Soltani y Knight, 2000).

Aunque se conocen con gran detalle los efectos de varias manipulaciones sobre la amplitud y latencia del componente P300 aún no queda completamente claro a qué proceso neuronal o cognitivo está asociado; sin embargo ha sido asociada con procesos de atención, memoria de trabajo y actualización del contexto (Luck, 2005). También se ha propuesto una hipótesis, en la que se sugiere que la naturaleza de la P300 es producto de un proceso de inhibición, la explicación a esta hipótesis está dada porque la P300 y sus respectivos subprocesos podrían reflejar una rápida inhibición neuronal que facilita la transmisión de

la información relacionada al estímulo y la tarea de regiones frontales (P3a) y regiones parieto-temporales (P3b) (Knight, 1997; Soltani y Knight, 2000).

*Variación Contingente Negativa (CNV).*

Consiste en una deflexión negativa muy lenta entre un estímulo señal y un estímulo blanco (Walter, Cooper, Aldridge, McCallum y Winter, 1964) que termina abruptamente con la presentación del estímulo blanco; ha sido relacionada parcialmente con la preparación motora. El experimento realizado por Walter consistió en la presentación de pares de estímulos separados por un intervalo de tiempo y estableció entre ellos una contingencia. En el experimento original el primer estímulo era un *click* (estímulo señal o *warning*) y el segundo una luz titilante (estímulo blanco); se requería que el sujeto oprimiera un botón al estímulo blanco. El intervalo entre el estímulo de advertencia y el blanco era de un segundo. Durante el intervalo entre ambos tipos de estímulos se presentaba una onda negativa lenta, con máxima amplitud en regiones fronto-centrales. La morfología de la CNV es como de rampa y tiende a alcanzar su máxima negatividad al tiempo en que se presenta el segundo estímulo (Coles y Rugg, 1995). Cuando el periodo de tiempo entre el estímulo de advertencia y el estímulo blanco se aumenta a varios segundos, es posible observar que la CNV realmente consiste en una negatividad que sigue al estímulo de advertencia, un retorno a la línea base y luego una negatividad que precede al estímulo blanco. La primera negatividad parece reflejar el procesamiento del estímulo de advertencia y fue llamada onda *O*, debido a que relacionaban esta respuesta a un signo de orientación. La segunda negatividad refleja el potencial de preparación que se presenta cuando el sujeto se prepara para responder al estímulo blanco, denominada onda *E* (Loveless y Sanford, 1974). En la Tabla 1 se presentan un resumen de los componentes de los PREs principalmente asociados con la atención.

Tabla 1.

*Resumen de las características de los componentes endógenos.*

<b>P200</b>			
<i>Evocada por</i>	Tareas Oddball con estímulos simples (fronto-central)		
<i>Amplitud Disminuye</i>	<i>Latencia Disminuye</i>	Cuando Incrementa la velocidad del sujeto y genera estrategias más eficientes.	
<b>N200</b>			
<i>N2a</i>	Tareas Oddball ante estímulos fuera del contextos y no relevantes (anterior)		
<i>N2b</i>	Tareas Oddball ante estímulos infrecuentes y relevantes (posterior)		
<i>N2anterior</i>	Tareas <i>STOP</i> con incremento de la amplitud en inhibidores eficientes (anterior)		
<i>N2c</i>	Relacionada a la clasificación de estímulos		
<i>N2pc</i>	Relacionada al cambio de atención		
<b>P300</b>			
<i>P3a (atención)</i>	Tareas Oddball ante estímulos fuera del contexto y no relevantes (anterior)		
<i>P3b (atención+memoria)</i>	Tareas Oddball ante estímulos infrecuentes y relevantes (posterior)		
<i>Incremento de la amplitud</i>	<i>Decremento de la amplitud</i>	<i>Incremento de la latencia</i>	<i>Decremento de la latencia</i>
-Estímulos más infrecuentes. - Menor demanda de la tarea. - Tareas activas. - Mayor <i>arousal</i> . - Mayor tiempo inter-estímulo blanco.	- Incremento de la dificultad de la tarea. - Tareas pasivas. - Menor <i>arousal</i> . - Más memoria de trabajo.	- Incremento de la dificultad de la tarea.	- Menor demanda de la tarea. - Mayor funcionamiento cognitivo del sujeto.

**Tareas de Atención**

Muchas tareas se han desarrollado para el estudio de la atención en las diferentes investigaciones, principalmente en aquellas de carácter electrofisiológico. A continuación

se detallan las características de dos de los modelos que son de especial interés para este estudio: las *Continuous Performance Tasks* (CPTs) y las tareas *Stop*

### ***Continuous Performance Tasks* (CPTs).**

Interpretaciones específicas acerca de las *Continuous Performance Tasks* (CPTs) la definen como una tarea que mide la atención sostenida o la habilidad para representar y mantener información del contexto, necesaria para guiar el comportamiento durante la tarea (Cohen y Servan-Schreiber, 1992). Otros hallazgos apuntan a funciones relacionadas con la preparación motora (Goldberg y Weinberger, 1995).

La versión original y más simple de las CPT es la conocida como la CPT-X (Beck, Bransome, Mirsky, Rosvold y Sarason, 1956) en la que a los participantes se les muestra una secuencia aleatorizada de diferentes letras con una tasa de aproximadamente una por segundo. La instrucción consiste en presionar el botón de respuesta únicamente cuando la letra X aparece y no responder a ninguna otra letra. La letra objetivo usualmente tiene poca probabilidad de aparición (alrededor de 0.20). Una segunda variante introducida a esta tarea es la de degradar los estímulos de la CPT (Nuechterlein, Parasuraman y Jiang, 1983). Esta versión es idéntica a la CPT-X, excepto que el estímulo se encuentra físicamente degradado, lo cual incrementa la demanda perceptual de la tarea. Una tercera versión es la CPT-AX (Beck, Bransome, Mirsky, Rosvold y Sarason, 1956), en esta tarea la instrucción es responder a una X, pero únicamente si ésta es precedida por la letra A. La señal A y el blanco X usualmente tienen una baja probabilidad de presentación (alrededor de 0.20 en relación con las otras letras). Finalmente, una última variante usada es la llamada CPT Pares Idénticos en la que se requiere de una respuesta al segundo de cada par de dos letras idénticas sucesivas (Cornblatt, Risch, Faris, Friedman, y Erlenmeyer-Kimling, 1988).

Una hipótesis que ha influenciado fuertemente supone que la función cognitiva implicada en el desempeño de una CPT es un subcomponente de memoria de trabajo: la habilidad para representar y mantener información del contexto, que es necesaria para guiar el desempeño adecuado de la tarea conductual, es decir, la capacidad de conservar un elemento de información para la ejecución futura de una acción que depende de esa información (Barch et al., 2001; Braver y Cohen, 1999; Cohen, Barch, Carter y Servan-Schreiber, 1999; Cohen y Servan-Schreiber, 1992; Servan-Schreiber, Cohen, J. D., & Steingard, 1996; Fuster, 2008). Es una función esencial para la mediación cognitiva en la integración temporal del razonamiento, el lenguaje y el comportamiento dirigido a un objetivo (Fuster, 2008). Esta interpretación ha sido exitosamente implementada en modelos funcionales y neurobiológicos. Estos modelos asumen que la información de contexto consiste en la instrucción de qué hacer con el estímulo (CPT-X) y algunas veces también en la información acerca del estímulo previo (CPT-AX, CPT Pares Idénticos). Esta información de contexto se supone que es mantenida en reservas temporales de memoria de trabajo para los mecanismos ejecutivos.

Otra hipótesis acerca de la función cognitiva relacionada al desempeño de una CPT es el posible rol de las funciones motoras relacionadas (Epstein, Johnson, Varia y Conners, 2001; Fallgatter, 2001; Flint y Turek, 2003; Goldberg y Weinberger, 1995; Ornitz, Gehricke, Russell, Pynoos y Siddarth, 2001; van den Bosch, Rombouts y van Asma, 1996), argumentando esto sobre la base de que la atención empleada en las CPT pueden reflejar un proceso de preparación de la respuesta más que una vigilancia efectiva.

En resumen, las CPT pueden ser clasificadas en dos grandes dimensiones, cada una representa un factor de trabajo independiente e influyen en funciones cognitivas diferentes. La primera concierne a variaciones en la demanda al cambio en la atención selectiva

durante la tarea y la segunda concierne a variaciones en la demanda para preparar una respuesta motora durante la tarea. En esta clasificación la CPT-X es una tarea de atención sostenida y preparación de respuesta sostenida, ya que el estímulo objetivo a atender es constante en la tarea y cada estímulo es un posible blanco. La CPT-AX con baja y alta probabilidad de la secuencia de respuesta es una tarea de atención transitoria y de preparación de respuesta transitoria, porque el blanco a atender depende de la señal. En el caso de las CPT Pares Idénticos, ésta consiste en atención transitoria y preparación para la respuesta sostenida ya que el blanco a atender depende del estímulo previo y todos los subsecuentes estímulos son potencialmente blancos (Smid, de Witte, Homminga y Bosch, 2006).

### **Tareas *Stop*.**

Las tareas *stop* se entienden, en general, como una situación de multitareas en las que las personas deben activar sus respuestas estratégicas. El paradigma de señal-stop involucra una conjunción entre dos tareas con requerimientos opuestos: una tarea *go*, para la cual se requiere que el sujeto responda tan rápido como le sea posible cuando un estímulo es presentado, y una tarea de *stop* la cual requiere que el sujeto detenga su respuesta cuando una señal para detenerse es presentada. Un mayor éxito en la tarea *go* (rápida respuesta) implica fallar en la tarea de *stop* (no detener la respuesta); mientras que un mayor éxito en la tarea *stop* (detener la respuesta) implica fallar en la tarea *go* (respuesta lenta) (Verbruggen y Logan, 2008).

En las tareas señal-*stop*, los sujetos deben de realizar una tarea *go*, y en una selección aleatorizada de ensayos (señal-*stop* ensayo), es presentada una señal para detenerse, instruyéndoles a detener su respuesta. Varios estudios sugieren que la gente cambia sus estrategias de respuesta después de los ensayos de señal-*stop* (Verbruggen y

Logan, 2008). Se ha encontrado que los tiempos de reacción en la tarea para los ensayos no-señal-*stop* fueron más prolongados cuando una señal de detenerse fue presentada en el ensayo previo (Rieger y Gauggel, 1999). Ello sugiere que los sujetos cambian su estrategia de respuesta después de un éxito y fracaso en la respuesta de inhibición para incrementar la probabilidad de detenerse en el siguiente ensayo. Otras investigaciones han encontrado que la estrategia de respuesta cambia únicamente después de un error en la inhibición (Schachar et al., 2004; Verbruggen, Logan, Liefoghe y Vandierendonck, 2008); esto sugiere que los sujetos interpretan esta respuesta de los ensayos de señal-*stop* como errores y que esto conduce a ajustes en la estrategia de respuesta, esto concuerda con el hallazgo de que los sujetos cambian sus umbrales de respuesta después de tener errores en una tarea de elección (Rabbitt, 1966, 1968) arriesgando la velocidad por el acierto. Estos estudios muestran que los sujetos realizan ajustes en la estrategia de respuesta después de una presentación de señal-*stop* o después de errores en la inhibición.

Este tipo de tareas aluden a los procesos control cognitivo o funciones ejecutivas necesarias para lograr un equilibrio entre los objetivos de competencia en entornos en constante cambio (Baddeley, 1996; Logan, 1985; Miller y Cohen, 2001). Estos procesos de control permiten a las personas ajustar sus estrategias de respuesta en situaciones cognitivamente exigentes. El término de función ejecutiva usualmente se refiere a una larga lista de habilidades entre las cuales se encuentra la planeación, anticipación, secuenciación de acciones, flexibilidad cognitiva o monitoreo y una frecuentemente mencionada es la función de inhibición (Rieger y Gauggel, 1999). La función ejecutiva es la capacidad de organizar una secuencia de acciones hacia una meta. La función ejecutiva, función principal de la corteza prefrontal, es la capacidad temporal para organizar la conducta intencional, el lenguaje y el razonamiento (Fuster, 2008).

La inhibición es un concepto amplio que se ha utilizado frecuentemente en el contexto del comportamiento, así como en los estudios neurobiológicos. Los estudios de comportamiento por lo general han descrito la inhibición en términos operacionales como un incremento en el tiempo de reacción. Los neurobiólogos, por el contrario, han preferido definir la inhibición en cuanto a decrementos en el procesamiento neural en cualquiera de las vías sensoriales o motoras. Otra consideración sobre la función de inhibición ha sido la inhibición de la acción, tema particular del presente estudio. Esta forma de inhibición ha sido un tema central no sólo en las teorías del control motor, sino también en las teorías de los procesos ejecutivos (de Jong, Coles, y Logan, 1995; Logan, Cowan y Davis 1984; Meyer y Kieras, 1997; Osman, Kornblum, y Meyer, 1986). La inhibición de la acción se considera de crucial importancia para el funcionamiento exacto en una variedad de tareas que requieren respuesta (Burle, Posamai, Vidal, Bonnet, y Hasbroucq, 2002; Ridderinkhof, 2002).



## **Antecedentes**

### **Potenciales Relacionados con Eventos y Deportes**

Los hallazgos en torno a los PREs en deportistas durante tareas de atención son pocos. Los distintos autores han reportado cierta consistencia en los resultados conductuales durante la ejecución de las distintas tareas, que se caracterizan principalmente por un menor tiempo de reacción cuando el deportista tiene mayor experiencia deportiva (Del Percio et al., 2009; Fontani y Lodi, 2002; Fontani, Lodi, Felici, Migliorini y Corradeschi, 2006; Fontani, Maffei, Cameli y Polidori, 1999; Hack, Memmert y Rupp, 2009; Hung, Spalding, Santa María y Hatfield, 2004; Hamon y Seri, 1989; Radlo, Janelle, Barba y Frehlich, 2001; Taliep et al., 2008). En relación a los PREs algunos autores han coincidido en definir una P300 de menor amplitud y más corta latencia en deportistas expertos al compararlos con inexpertos (Radlo, Janelle, Barba y Frehlich, 2001; Taliep et al., 2008); otros han reportado mayor amplitud de los componentes de los PREs, desde N100 hasta P300, en deportistas expertos en comparación con inexpertos (Hack, Memmert y Rupp, 2009; Hung, Spalding, Santa María y Hatfield, 2004).

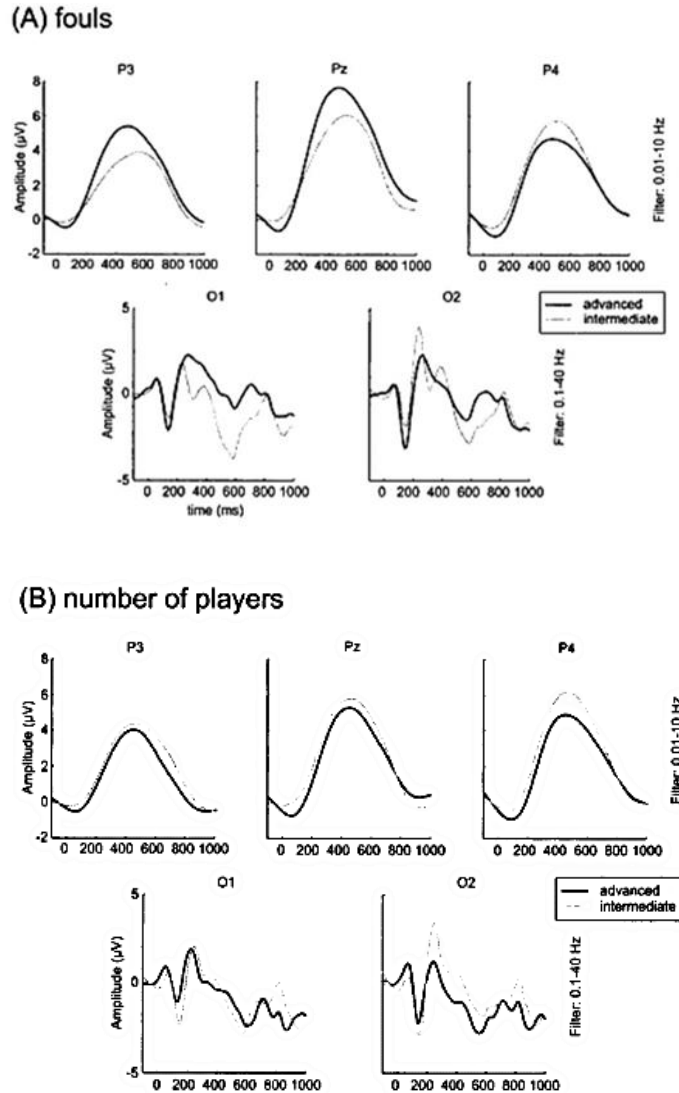
El interés particular de esta investigación es determinar las características de los PREs en deportistas de combate durante la realización de una tarea de atención. Para ello se considerarán dos estudios previos que son de particular interés dadas sus semejanzas, por ello, a continuación se discutirán con mayor detalle.

En un estudio realizado por Hack, Memmert y Rupp (2006) se examinó la complejidad de los procesos de atención durante la realización de una tarea de decisión específica en deportes. Los estímulos consistieron en 160 figuras en blanco y negro de situaciones de básquetbol de Hartyani (2004), las cuales conformaron la tarea diseñada de acuerdo con el paradigma de señales de Posner. Los participantes fueron evaluados en dos

condiciones: (a) identificando faltas y (b) identificando el número de jugadores en la figura (más de tres jugadores), la instrucción indicaba responder lo más rápido posible a cualquiera de las dos condiciones. El estudio se llevó a cabo con veinte voluntarios varones; diez de ellos fueron basquetbolistas con más de 5 años de experiencia; el grupo de participantes del nivel intermedio (N=10) fueron participantes de un programa de entrenamiento en básquetbol de dos semestres en la universidad.

En el análisis de los resultados, los grupos no difirieron significativamente en cuanto a edad y sexo. Se encontró mayor velocidad en los tiempos de reacción en los jugadores de nivel avanzado durante la tarea de faltas que en los jugadores de nivel intermedio. El número de respuestas correctas fue similar para ambos grupos.

En los resultados de los Potenciales Relacionados con Eventos se observó, en la tarea de identificación de faltas, la cual era de mayor dificultad, una P300 (entre 450 y 550 ms) de mayor amplitud para el grupo de los avanzados en las derivaciones P3 y Pz, invirtiéndose la relación en P4, es decir se observó mayor amplitud en el grupo de deportistas intermedios; también se observó un componente N100 (pico alrededor de los 160 ms) en O1 y O2 de mayor amplitud para los sujetos del grupo de avanzados (Figura 1-A). En la tarea de detección de número de jugadores, de menor dificultad, la P300 fue mayor para los sujetos intermedios en regiones parietales, principalmente en P4. También en esta tarea se observó una N100 occipital de mayor amplitud para los intermedios (Figura 1-B).



*Figura 1.* Grandes promedios de los PREs en ambas tareas: (A) faltas y (B) número de jugadores (Tomado de Hack, Memmert y Rupp, 2006).

Los autores proponen que los deportistas de nivel avanzado muestran un mejor dominio de los mecanismos de atención reflejados en los PREs. Por un lado, la amplitud del componente N1 mostró que los expertos refieren tener gran atención cuando observan situaciones de falta, dicha modulación ocurre a los 150 ms. Las diferencias significativas en la amplitud del componente P300 pueden ser explicadas por la interacción de la atención y la memoria de trabajo; en este caso, los deportistas de nivel avanzado dan mayor

importancia a la tarea de faltas y usan su experiencia para evaluar las situaciones de juego, sin embargo la activación sólo ocurre en la corteza izquierda y central de lóbulo parietal. Desde otro punto de vista, esta activación podría indicar una fuerte influencia de un mecanismo de *top down*. En cuanto a la latencia de P300, los deportistas de nivel avanzado mostraron latencias más cortas durante la tarea de faltas, especialmente en el hemisferio izquierdo, esto supone la aparición de mecanismos más económicos ante una tarea de mayor complejidad (Figura 2).

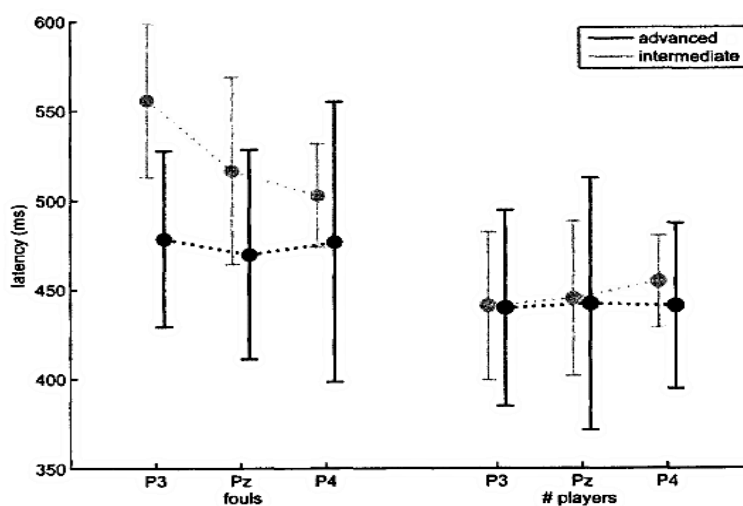


Figura 2. Medias de las latencias para el componente P300 (Tomado de Hack, Memmert y Rupp, 2006).

Por otro lado, Taliép et al. (2008) llevaron a cabo un estudio para determinar si existían diferencias entre bateadores de cricket expertos y menos expertos en la amplitud y latencia del componente P300 mientras realizaban una tarea de procesamiento mental. Participaron ocho bateadores expertos y diez inexpertos.

La tarea consistió en la presentación aleatoria de un video con 240 estímulos, en cada uno de los cuales se les presentaba a un pelotero lanzando curvas adentro (100), curvas afuera (100) o bolas lentas (40); los participantes respondían presionando un botón

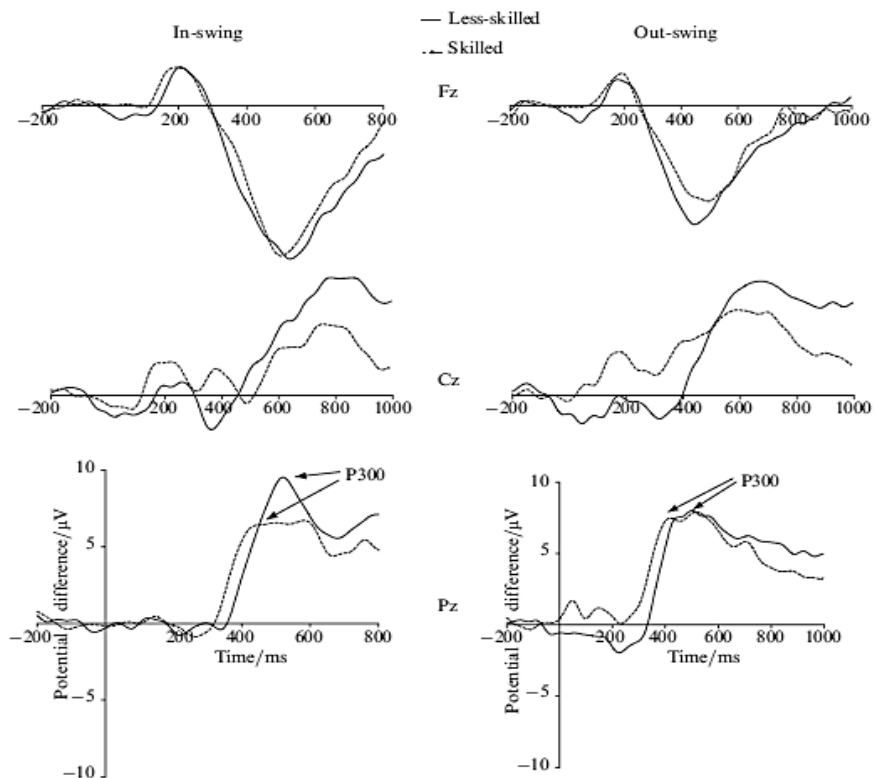
si era curva adentro u otro si era curva afuera, en el caso de la bola lenta debían inhibir su respuesta.

No se reportaron diferencias significativas en cuanto a edad entre grupos. Los resultados mostraron una latencia del componente P300 significativamente menor en los bateadores expertos en comparación con los inexpertos en ambas tareas de bateo. Los bateadores inexpertos mostraron una latencia mayor de P300 durante la identificación de curva adentro comparada con la de curva afuera. En lo referente a la amplitud, los expertos mostraron una P300 de menor amplitud en comparación con los inexpertos durante la identificación de curva adentro, no así en el de curva afuera. El componente P300 se mostró con mayor claridad en Pz, mientras que el componente N200 fue más claro en Fz.

El análisis estadístico del componente P300 permitió clasificar a los deportistas en expertos e inexpertos con mucha precisión. Se reportaron diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de reacción entre los grupos, siendo que los deportistas expertos mostraron menor tiempo de reacción ante ambos estímulos. No hubo diferencias en cuanto a la media de respuestas correctas.

Los autores proponen que la menor latencia del componente P300 en los bateadores expertos puede estar asociada a una rápida evaluación y discriminación del estímulo; esto puede ser resultado de un desempeño cognitivo superior cuando la atención implica un proceso de memoria. Del mismo modo proponen que la menor amplitud de P300 podría indicar que los jugadores expertos requieren menor atención para tomar decisiones que los inexpertos; se puede suponer que una de las razones por las cuales los deportistas de élite tienen un mejor desempeño es porque ellos seleccionan y procesan la información más relevante lo que implica un menor esfuerzo para tomar una decisión. El análisis de

regresión sobre la latencia y amplitud del componente P300, les permitió a los autores predecir el desempeño de los expertos.



*Figura 3.* Grandes promedios del componente P300 en las derivaciones Pz, Cz y Fz para curva adentro y curva afuera (Taliep, St Clair, Gray et al., 2008).

Los dos estudios anteriores reportan resultados importantes en relación al desarrollo de la atención en deportistas expertos en comparación con deportistas inexpertos. Las coincidencias radican principalmente en dos aspectos conductuales consistentes para ambos estudios: primero, se ha encontrado un menor tiempo de reacción en deportistas expertos que en inexpertos al responder a la tarea y, segundo, no se han identificado diferencias significativas entre los grupos en cuanto al número de respuestas correctas en las tareas. Los hallazgos referentes a los PREs indican un comportamiento diferente del componente

P300 entre los deportistas que, al parecer, es dependiente de las características de la tarea. En el estudio de Hack, Memmert y Rupp (2006) se identificó mayor amplitud en el componente, en los deportistas expertos, cuando resolvían la tarea de mayor demanda, mientras que en la tarea de menor demanda, se encontró menos amplitud del componente. Un efecto semejante ocurrió en el estudio de Taliep et al. (2008) donde las diferencias en el componente P300 entre los grupos fue evidente en la tarea de curva adentro, donde los expertos mostraron menor amplitud. En ambos casos, los autores proponen mejores y más económicos mecanismos de atención en los deportistas expertos en dependencia de las características de la tarea.

Los estudios anteriores presentan datos importantes acerca de los procesos atencionales en los deportistas, apuntando a un mejor desempeño dependiente de la experiencia deportiva. Sin embargo, es necesario considerar tres aspectos importantes respecto al uso de tareas para la evaluación de la atención en los deportistas: primero, el diseño de las tareas, en los estudios antecedentes, incluye elementos deportivos, por lo cual, están mediando mecanismos de aprendizaje, memoria a largo plazo y recuperación de la información en la resolución de la tarea por parte del deportista. En segundo lugar, las diferencias en el nivel de dificultad de las tareas, lo que puede implicar una mayor o menor demanda de recursos neuronales, y que probablemente puedan tener patrones diferentes en dependencia del entrenamiento de la atención en el sujeto. Finalmente, los subprocesos de atención que son evaluados mediante cada una de las tareas suponen mecanismos neuronales diferentes que dependerán de las exigencias atencionales específicas de la tarea y no han sido explícitamente definidos en los estudios previos. Es por lo anterior, que la utilización de tareas que no involucren elementos deportivos, definan con precisión el subproceso atencional que evalúan y controlen el nivel de dificultad de la misma, podría

ayudar a comprender si el desarrollo de las habilidades de la atención, por efecto del entrenamiento deportivo, ocurre como un fenómeno generalizable de los procesos de atención en el sujeto y si sus correlatos fisiológicos poseen características específicas dependientes de los subprocesos de la atención.



## **Justificación**

El deporte constituye un fenómeno importante que tiene implicaciones en diversas esferas del desarrollo del individuo y la sociedad. Tamorri (2004) propone que la aplicación de los métodos y técnicas del campo de las neurociencias a la comprensión del fenómeno deportivo pueden ayudar a acercar las áreas psíquicas y biológicas, las estructuras cognitivas y mecánicas. Del mismo modo Thompson, Steffert, Ros, Leach y Gruzelier (2008) mencionan que una alternativa para comprender la mejoría en el rendimiento deportivo es estudiar la actividad cerebral a través de métodos electroencefalográficos; es decir, si la mejora en el rendimiento está particularmente asociada a ciertas características electroencefalográficas, esto podría ayudar a entender la importancia de los procesos corticales sobre el máximo rendimiento deportivo, y asimismo, el efecto del entrenamiento deportivo sobre el desarrollo cerebral. De esta manera se considera que la utilización de este campo de conocimiento puede enriquecer el desarrollo de las disciplinas dentro de las ciencias del deporte.

Diversos autores coinciden en la importancia que el proceso de atención tiene sobre el desempeño del deportista (Del Percio et al., 2009; Fontani y Lodi, 2002; Fontani, Lodi, Felici, Migliorini y Corradeschi, 2006; Fontani, Maffei, Cameli y Polidori, 1999; Hack, Memmert y Rupp, 2009; Hung, Spalding, Santa María y Hatfield, 2004; Hamon y Seri, 1989; Radlo, Janelle, Barba y Frehlich, 2001; Taliep et al., 2008) y en particular en los deportes de combate o contacto (Anshel y Payne, 2006; Blumenstaein, Bar-Eli y Tenenbaum, 2002; del Monte, 2005; Lavallee, et al., 2004; Rushall, 2006); sin embargo en el ámbito propio de la práctica deportiva no se ha definido con claridad el proceso de atención y los subprocesos que subyacen a él, el término ha resultado ser un tanto ambiguo y su estudio ha sido principalmente comportamental; de esta manera se busca vincular este

campo de aplicación con los métodos y técnicas psicofisiológicas que enriquezcan y apoyen la práctica de las ciencias aplicadas al deporte en el sentido de comprender los mecanismos cerebrales que se relacionan con aquellos aspectos específicos del comportamiento motor, los procesos cognoscitivos, emocionales y motivacionales en los deportistas; y así definir marcadores de rendimiento y mejora en el deporte para desarrollar estrategias encaminadas a la obtención del máximo rendimiento del deportista.

La utilización de tareas diseñadas con estímulos neutrales que no involucren elementos deportivos, definan con precisión el subproceso atencional que evalúan y controlen el nivel de dificultad de la misma, podría ayudar a comprender cómo ocurre el desarrollo de las habilidades de la atención por efecto de la práctica deportiva.

En la revisión de la literatura, realizada para la conformación del presente estudio, se han encontrado pocas investigaciones donde se exploraran los PREs en deportistas de combate durante tareas de atención, a pesar del destacado papel que este proceso tiene en el rendimiento del deportista en estas disciplinas, por lo cual se buscará aportar más datos que permitan la comprensión integral de este fenómeno en los deportistas de combate, específicamente en artes marciales, y del mismo modo enriquecer el conocimiento en el estudio de la atención.

## **Problema de Investigación**

Las investigaciones sobre los procesos de atención en deportistas han sido consistentes en cuanto al desempeño conductual, sin embargo no han definido con claridad el comportamiento neuronal asociado a la atención y sus subprocesos, así como aquellas características asociadas a las disciplina deportiva específica.

De acuerdo con la revisión de los estudios antecedentes, se han encontrado ciertos aspectos en el diseño de las tareas, que es importante tomar en cuenta: primero, se incluyen elementos deportivos, por lo cual, están mediando mecanismos de aprendizaje, memoria a largo plazo y recuperación de la información en la resolución de la tarea. En segundo lugar, las diferencias en el nivel de dificultad de las tareas pueden implicar una mayor o menor demanda de recursos neuronales por lo que se esperarían procesos cognitivo y neuronales diferentes dependientes del entrenamiento de la atención en el sujeto. Finalmente, los subprocesos de atención evaluados mediante cada una de las tareas, suponen mecanismos neuronales diferentes que dependerán de las exigencias atencionales específicas de la tarea y que no han sido explícitamente definidos en los estudios previos.

En el presente estudio se han seleccionado practicantes de deportes de combate y se han definido con claridad las características metodológicas de dichas disciplinas y optado por homogeneizar la muestra reclutando sólo deportistas de artes marciales ya que, de acuerdo con la literatura, en ellos se manifiesta la atención en una forma relevante al considerarse como deportes tácticos y la cual puede ser definida en términos de las exigencias propias del entrenamiento y la competencia.

Se seleccionaron y definieron tres diferentes tareas de atención, cada una de ellas mide un subproceso diferente de la atención y posee un grado de dificultad diferente; del mismo modo los estímulos utilizados son neutrales, con lo cual se garantizó que los

procesos propios del aprendizaje deportivo no estuvieran directamente involucrados con la respuesta de atención.

La mayoría de los estudios antecedentes han utilizado herramientas electroencefalográficas principalmente a través de PREs ya que son una herramienta eficiente dada su alta resolución temporal y muy importante en la evaluación de diversos procesos cognoscitivos; siguiendo con esta línea, en el presente estudio se utilizaron los PREs como herramienta para la evaluación de la atención.

### **Preguntas de Investigación**

¿Existen diferencias en el desempeño conductual de las tareas de atención entre deportistas de artes marciales expertos y novatos?

¿Existen diferencias electroencefalográficas, evaluadas a través de los PREs, durante la realización de las tareas de atención entre deportistas de artes marciales expertos y novatos?

### **Hipótesis General**

*H1*: Se encontrarán diferencias en el desempeño y/o los PREs entre los grupos de deportistas, expertos e inexpertos, durante las tareas de mayor demanda: *cueContinuos Performance Task (c-CPT)* dentro de la categoría de tareas de atención transitoria y *Stop* en la categoría de tareas de inhibición; y no así en la tarea de menor demanda: *Continuos Performance Task (CPT)* de la categoría de tareas de atención sostenida.

### **Objetivo**

Determinar si existen diferencias conductuales y/o electroencefalográficas (PREs) entre deportistas de artes marciales expertos y novatos, durante la ejecución de tareas de atención.

## **Experimento 1**

Con la finalidad de investigar las diferencias entre deportistas de artes marciales expertos y novatos durante la ejecución de una tarea de atención sostenida y de menor demanda se utilizó una tarea CPT. En las tareas de atención sostenida, los participantes son instruidos para atender al mismo estímulo durante la presentación de diversos estímulos durante la tarea. En relación con la respuesta en este tipo de tareas, para el sujeto cada estímulo es un blanco potencial, lo que significa que podría tener que responder en cualquier momento por lo que es requerida la preparación para la respuesta en cada estímulo. En resumen, la CPT es una tarea de atención y preparación de la respuesta sostenidas, ya que el estímulo a atender es constante durante la tarea y cada uno de los estímulos es potencialmente un blanco (Smid, de Witte, Homminga, & van den Bosch, 2006). De acuerdo con lo reportado en la literatura sobre PREs, con este tipo de tareas deben ser evocados los componentes clásicos de la atención con un efecto principal P300; acorde con los estudios antecedentes, en tareas de menor demanda no se esperaba encontrar diferencias en el desempeño (número de respuestas correctas y/o tiempos de reacción) ni en los PREs entre los grupos de deportistas de artes marciales.

### **Método**

#### **Participantes.**

La muestra fue integrada por 11 deportistas de Artes Marciales expertos, para lo cual se consideró un criterio de experto, que involucró: a) grado superior dependiendo de la disciplina ya sea asignado por el color de cinturón o el nombramiento, b) cinco años o más de edad deportiva y c) evaluación del entrenador. Se reclutaron 10 deportistas de Artes Marciales novatos, para lo cual se consideró también un criterio de experto, que involucró: a) grados iniciales dependiendo de la disciplina ya sea asignado por el color del cinturón o

el nombramiento, b) menos de un año de edad deportiva y c) evaluación del entrenador.

En la Tabla 2 se resumen las características de los participantes.

**Criterios de Inclusión.**

- Deportistas de Artes Marciales que se encontraran entrenando en algún espacio destinado para la práctica y enseñanza de la Artes Marciales mínimo tres veces a la semana de entre 1:30 a 2:00 hrs. por sesión.
- Coeficiente Intelectual Total dentro del rango de normalidad en la Escala de Inteligencia de Wechsler y un puntaje promedio o superior en el Índice de Razonamiento Perceptual de la misma prueba.
- Puntaje Global en la prueba de atención TOVA superior a -1.80.
- Puntuación de 24 o mayor en la prueba *Mini Mental State Examination* (Folstein, Folstein y McHugh, 1975).
- Valoración neurológica normal.

Tabla 2.

*Características de los participantes por grupo.*

Estatus	Edad	Edad Deportiva	Puntaje ADHD	Deporte
Expertos N = 11	M = 25.4 DE = 11.5	M = 9.4 DE = 6.14	M = 1.79 DE = 1.93	Judo = 6 TKD = 4 KungFu = 1
Novatos N = 10	M = 25.5 DE = 9.05	M = 1 DE = 0	M = 1 DE = 1.65	Judo= 3 TKD = 2 KungFu = 5
Expertos vs. Novatos	NS	p = .001**	NS	NS

\*\* p < .01

NS = No diferencias significativas

## Estímulo

Se utilizaron cinco diferentes flechas (cada una de 2.95 cm de ancho y 2.3 cm de alto), blancas sobre un fondo negro (Figura 4). La secuencia fue presentada en el centro de un monitor de 17 pulgadas, a una distancia de 80 cm del sujeto.



Figura 4. Flechas estímulo utilizadas durante las tareas CPT, c-CPT y Stop.

### *Continuous Performance Task (CPT).*

Se aplicó una tarea de ejecución continua, en la cual los estímulos fueron 600 flechas, en seis bloques de 100 flechas cada uno, orientadas en 5 direcciones presentadas en el centro de la pantalla. Los sujetos debían responder presionando un botón cada vez que apareciera el estímulo blanco (la flecha orientada hacia abajo y a la derecha) y no debían responder cuando se presentara cualquiera de las otras cuatro flechas (derecha, abajo, izquierda-abajo e izquierda). El estímulo blanco se presentó con una frecuencia del 20% del total de estímulos; el estímulo no blanco se presentó con una frecuencia del 80%. La duración de cada estímulo fue de 100 ms y el intervalo interestímulo varió de manera aleatoria entre 1.2 y 1.5 segundos (Tabla 3).

Tabla 3.

*Estímulos con su respectiva clasificación y probabilidad presentados durante la tarea CPT.*

Estímulo	Clasificación	Probabilidad
↘	Blanco / Responde	20%
← → ↓ ↙	No Blanco / No responde	80%

## **Procedimiento**

Los datos se recolectaron con un electroencefalógrafo NeuroScan SynAmps<sup>2TM</sup> modelo 8050 con 32 canales; para la programación y presentación de las tareas se utilizó un sistema de estimulación Stim2 sincronizado con el sistema de registro electroencefalográfico.

### **Registro.**

En una cámara sonoamortiguada, faradizada y con luz tenue (la misma para todos los sujetos) se sentó cómodamente al participante en una silla frente al monitor y se le colocó una gorra elástica Electrocap para NeuroScan con un montaje electroencefalográfico de 32 derivaciones; posteriormente se le tomaron sus datos y se le instruyó sobre el desarrollo del experimento iniciando con un ejercicio de prueba. Se realizó un registro continuo con un ancho de banda de 0.10 a 100 Hz. El periodo de muestreo fue de 2 ms. El registro se hizo utilizando como referencia el lóbulo de la oreja izquierda (A1) en línea; simultáneamente se registró el lóbulo de la oreja derecha (A2), para después generar el cortocircuito fuera de línea; se cuidó que la impedancia de A1 y A2 fuera la misma. Se hizo un registro bipolar de los movimientos oculares empleando dos electrodos adicionales: uno en el canto externo del ojo izquierdo y el otro en el arco superciliar del mismo ojo. Se mantuvo el nivel de impedancia por abajo de 5 K $\Omega$ .

### **Edición.**

Los datos electrofisiológicos fueron editados en el software Scan 4.5. Se llevaron a cabo las siguientes transformaciones: cambio de la referencia de A1 al promedio de A1-A2 (Luck, 2005), corrección del artefacto ocular, corrección de la línea base y corrección de la tendencia lineal. Posteriormente se realizó un rechazo manual de los segmentos en los que se observó artefacto, de este modo los segmentos que entraron en el análisis estaban libres



de artefactos. Posteriormente se promediaron por separado los segmentos de interés para cada una de condiciones experimentales.

### **Análisis de Datos.**

El análisis tanto conductual, como electrofisiológico se realizó en cada categoría de estímulo. Para observar las diferencias entre grupos, se compararon los resultados obtenidos de la tarea para el grupo de deportistas expertos *vs.* deportistas novatos.

Con la finalidad de incrementar la confiabilidad de los resultados se propusieron dos aproximaciones estadísticas, la primera es la generalización del Método Multivariado No-Paramétrico de Permutaciones desarrollado por Galán et al. (1997), un método poco utilizado pero que brinda ventajas para el análisis de datos electrofisiológicos, el otro método fue la aproximación estadística tradicional mediante Análisis de Varianza (ANOVAs).

De forma intuitiva, el método de Permutaciones parte de la hipótesis (hipótesis nula) de que los datos de una u otra condición (por ejemplo, estímulo Blanco y no-Blanco) son iguales, por lo tanto se pueden permutar pues, si son iguales, no debe importar cambiar valores de una condición o grupo a otra; las sucesivas permutaciones (se requiere un número muy grande de ellas) permiten construir una distribución empírica con los máximos (o mínimos) originales; si un valor resulta significativo es porque la diferencia fue lo suficientemente grande como para rechazar la hipótesis nula y concluir que, en promedio, las observaciones de una y otra condición son diferentes. Dentro de las ventajas de este método hay que señalar que: 1) no considera en sus supuestos que las variables deban distribuirse de ninguna forma específica y 2) no representa ningún problema la proporción de sujetos en relación al número de variables.

En la prueba multivariada no-paramétrica de permutaciones se considera una hipótesis nula global, que prueba las diferencias entre dos condiciones (por ejemplo estímulo blanco vs. estímulo no-Blanco) tomando en cuenta algunas variables (por ejemplo la amplitud de la P300 en ciertas derivaciones) y tantas hipótesis nulas marginales como variables haya. En estas hipótesis marginales, una probabilidad  $p < 0.05$  está representando un nivel de significancia adecuado, pues este análisis no “infla” el error tipo I cuando realiza comparaciones múltiples, lo cual constituye otra ventaja del método. En el caso de rechazar la hipótesis nula global se podrá decir que hubo diferencias significativas globales y en caso de rechazar alguna hipótesis nula marginal se podrá decir que hubo alguna diferencia significativa específica.

Para el análisis conductual se utilizaron el porcentaje de respuestas correctas, las cuales fueron transformadas  $\text{ARCSIN} [\sqrt{(\%/100)}]$ , y los tiempos de reacción de las mismas. Mediante el análisis de permutaciones se analizó cada una de las variables por separado y se realizaron las comparaciones entre grupos. Mediante ANOVA, para analizar las respuestas correctas, se llevó a cabo un análisis de dos vías con Grupo (expertos y novatos) y Condición (blanco y no blanco) como factores. También se llevó a cabo un Análisis de Varianza de una vía para el análisis de los tiempos de reacción.

Para el análisis electrofisiológico mediante permutaciones se analizaron todos los puntos de amplitud en el tiempo a lo largo del segmento seleccionado entre condiciones o grupos y se consideraron como significativos aquellos segmentos donde se agruparan puntos de amplitud que expresaran diferencias por debajo de un  $p = .05$ . Para el caso del análisis con ANOVAs, se analizaron las amplitudes medias de cada componente identificado en los PREs mediante inspección visual en los diferentes electrodos. La

ventana de análisis de los PREs fue de 1200 ms considerando un tiempo pre-estímulo de 200 ms y 1000 ms posterior a la presentación del estímulo.

## **Resultados**

### **Conductuales**

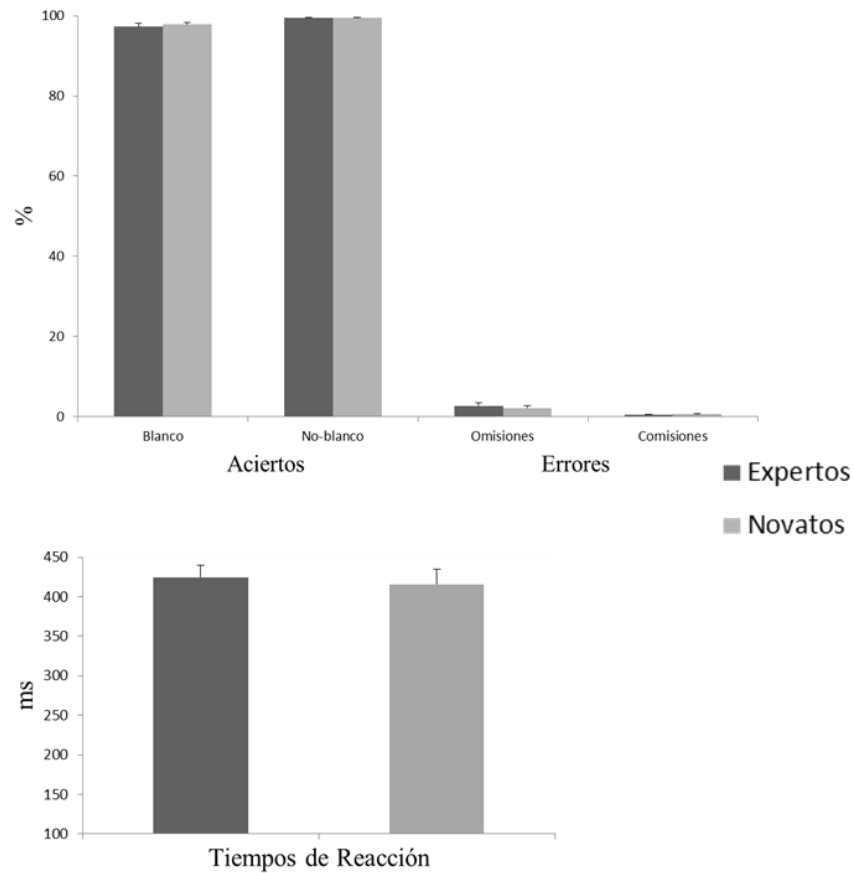
El análisis de los datos conductuales se realizó en cada grupo y la comparación entre los mismos. Las variables a considerar fueron: número de aciertos, errores de omisión, errores de comisión y tiempos de reacción de respuestas correctas. Se tomaron en cuenta dos condiciones, la primera en donde el sujeto debía emitir una respuesta (presionar un botón en la caja de respuesta); y la segunda, en donde el participante no debía responder o debía inhibir su respuesta.

El resultado de los análisis estadísticos de los datos conductuales entre los grupos para la tarea CPT con ambos métodos, permutaciones y ANOVA, no arrojó diferencias significativas (Figura 5) para ninguna de las variables exploradas.

### **Electrofisiológicos: Permutaciones**

Para el análisis de los datos electrofisiológicos de la tarea CPT, mediante permutaciones, se consideraron ventanas de análisis de 200 ms previos al estímulo y 1000 ms posteriores (1200 ms en total) y se describieron dos condiciones: a) Blanco para el cual se consideró el promedio de los estímulos a los que el sujeto fue instruido para responder y lo hizo de manera correcta; y b) no-Blanco, constituida por el promedio de los estímulos a los que el sujeto no debía de responder y para lo cual se consideraron sólo los aciertos. Las comparaciones realizadas fueron: Blanco contra no-Blanco para ambos grupos y onda

diferencia de Blanco menos no-Blanco de los expertos contra la onda diferencia de Blanco menos no-Blanco de los novatos.



*Figura 5.* Resultados conductuales de la tarea CPT. Se grafican el porcentaje de aciertos, porcentaje de errores y tiempos de reacción para ambos grupos donde no se encontraron diferencias significativas entre grupos.

### **Blanco vs. no-Blanco Expertos.**

Se comparó la condición de Blanco con la condición de no-Blanco de la tarea CPT para el grupo de expertos con el objetivo de identificar los efectos producidos por la tarea. Los resultados indicaron tres ondas positivas, durante la condición de blanco, caracterizadas como P100 (98-122 ms) en derivaciones centrales, parietales y occipitales izquierdas, P200 (122-230 ms) en derivaciones fronto-centrales derechas y P300 (400-

644ms) en derivaciones centrales, parietales y occipitales bilaterales. Los resultados se muestran en la Tabla 4, Figuras 6 y 7.

**Blanco vs. no-Blanco Novatos.**

En la misma comparación para el grupo de novatos los resultados indicaron una onda positiva y una onda negativa, durante la condición de blanco, caracterizadas como P300 (416-520 ms) en derivaciones centrales y N200 (216-330 ms) en derivaciones temporo-parietales izquierdas. Los resultados se muestran en la Tabla 4, Figuras 6 y 7.

Tabla 4.

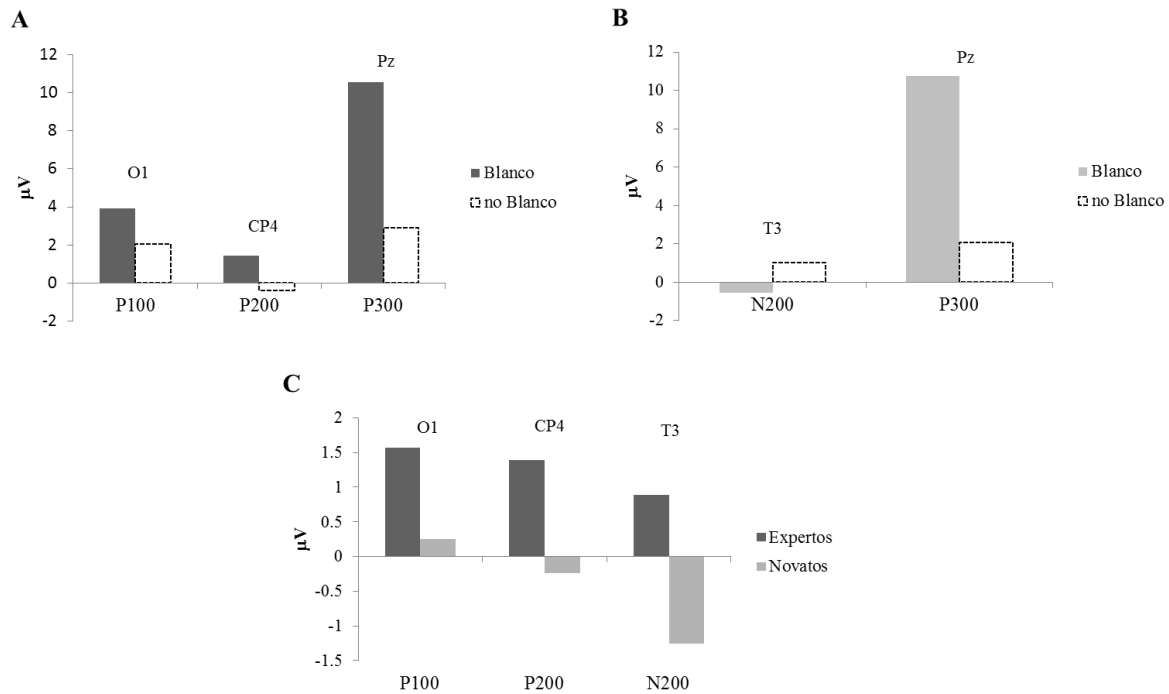
*Resultados de los análisis obtenidos mediante Permutaciones de la tarea CPT para cada grupo y la comparación intergrupos.*

Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq .05$	Probabilidad Global
Expertos	Blanco > no-Blanco	P100	98-122 ms	TP7, T5, CP3, P3, O1, OZ	$p = .07$
		P200	122-230 ms	T3, FP2, F4, FC4, C4, CP4	
		P300	400-644 ms	CP3, O1, CPZ, PZ, OZ, C4, CP4, P4	
Novatos	Blanco > no-Blanco	P300	416-520 ms	CPZ, PZ, OZ	$p = .21$
		N200	216-330 ms	T3, TP7, CP3, P3	
Comparación Inter-grupos					
Expertos > Novatos		P100	96-148 ms	T3, TP7, T5, C3, CP3, P3, O1, F4, FC4, C4	$p = .01$
		P200	186-220 ms	T3, TP7, T5, CP3, P3, O1, CP4	
		N200	230-274	T3	

**Expertos vs. Novatos.**

Se compararon las ondas diferencia (Blanco – no-Blanco) entre los grupos. Los resultados indicaron mayor amplitud en las ondas positivas caracterizadas como P100 (96-

148ms), P200 (186-274ms) y N200 (230-274) en derivaciones frontales y centrales derechas y en derivaciones temporales, centrales, parietales y occipitales del hemisferio izquierdo, en los deportistas expertos que en los novatos. Los resultados se muestran en la Tabla 4, Figuras 6 y 7.



**Figura 6.** Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones y grupos para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea CPT. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P100, P200 y P300 en los electrodos O1, CP4 y Pz respectivamente, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes N200 y P300 en los electrodos T3 y Pz respectivamente, en el grupo de deportistas novatos. **C:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la amplitud media de las ondas diferencia (blanco-no blanco) entre condiciones para el rango de los componentes P100, P200 y P300 en los electrodos O1, CP4 y T3 respectivamente, entre los grupos de deportistas expertos (en color negro) y novatos (en color gris).

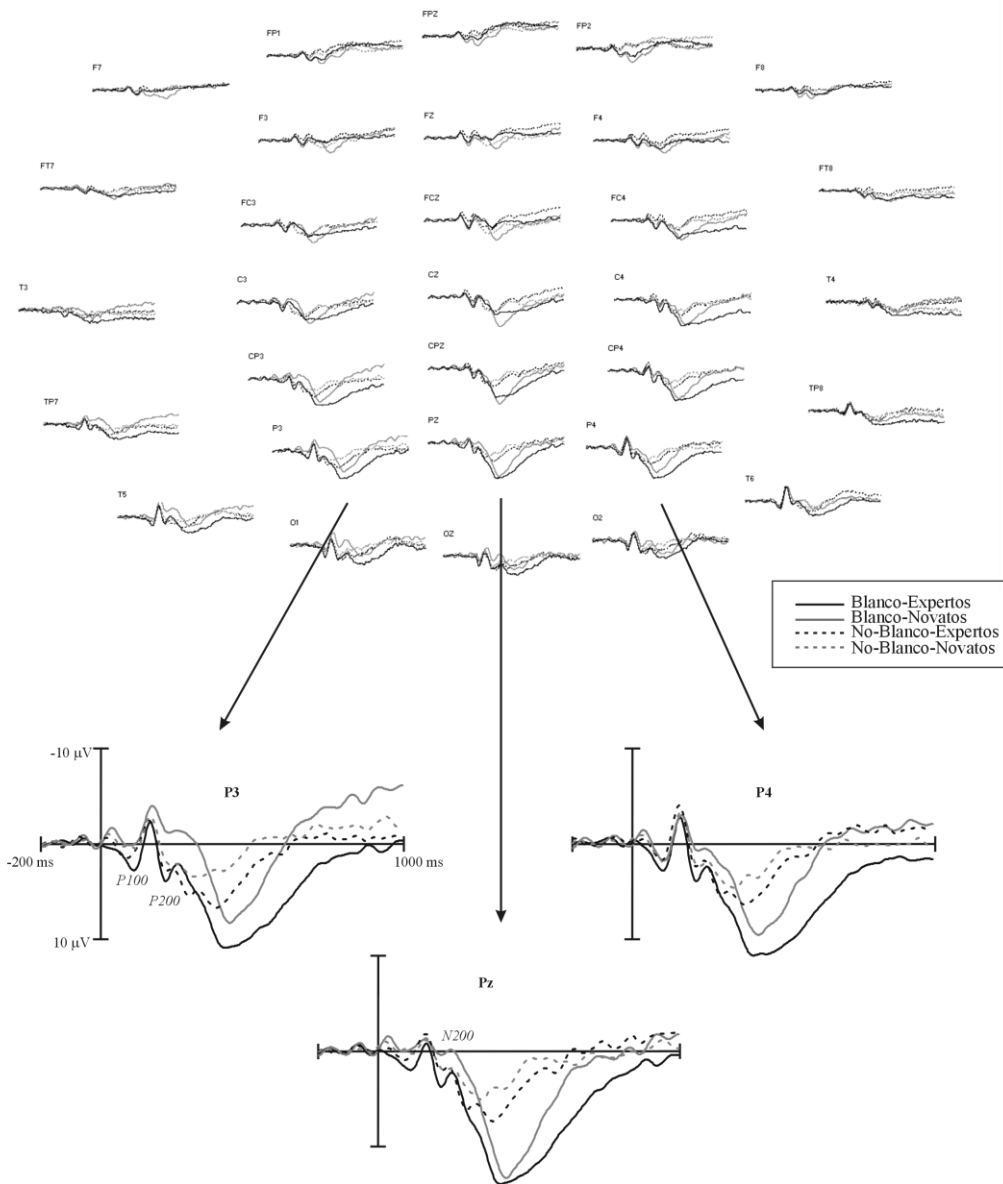


Figura 7. Grandes Promedios para ambos grupos (Expertos línea negra y Novatos línea gris) durante la tarea CPT en ambas condiciones (Blanco línea continua y no-Blanco línea discontinua) en derivaciones posteriores. Se muestran los componentes P100, P200 y N200 donde fueron encontradas diferencias significativas entre los grupos.

## **Electrofisiológicos ANOVA.**

Para el análisis de los datos electrofisiológicos de la tarea Continuous Performance Task (CPT) con ANOVAs. Se analizaron todos los electrodos utilizando dos modelos: el primero consistió en el análisis de los electrodos de cada hemisferio con un diseño de Grupo (expertos/novatos), Condición (blanco/no-Blanco), Electrodo (FP1-FP2, F3-F4, C3-C4, P3-P4, O1-O2, F7-F8, T3-T4, T5-T6, CP3-CP4, FC3-FC4, TP7-TP8 y FT7-FT8) y Hemisferio (derecho/izquierdo) como factores, con el cual se analizaron un total de 24 electrodos distribuidos en ambos hemisferios; también se utilizó un diseño de Grupo (expertos/novatos), Condición (blanco/no-Blanco), Electrodo (CZ, FZ, PZ, FCZ, CPZ, FPZ y OZ) como factores con el cual se analizaron siete electrodos de la línea media (Figura 8).

Las ventanas de análisis se seleccionaron mediante inspección visual de los trazos de los grandes promedios para cada grupo identificando los componentes principales de mayor amplitud. Las ventanas seleccionadas y sus respectivos componentes fueron las siguientes: P100 (100-120 ms), N150 (146-166 ms), P200 (190-210 ms), N200 (250-300 ms) y P300 (346-446). Se aplicó la corrección de Huynh-Feldt para corregir los grados de libertad y se aplicó la prueba post hoc de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el análisis de las comparaciones significativas. Únicamente son reportadas las interacciones que involucraron el factor Grupo. Los resultados arrojaron diferencias significativas en las ventanas de los componentes P100, P200 y N200.

### **Ventana de los 100 a los 120 ms: P100.**

En el análisis de los electrodos de cada hemisferio los resultados mostraron diferencias significativas entre los grupos para la interacción Condición x Grupo  $F(1,19) = 10.75, p = .004, \epsilon = 1$ .



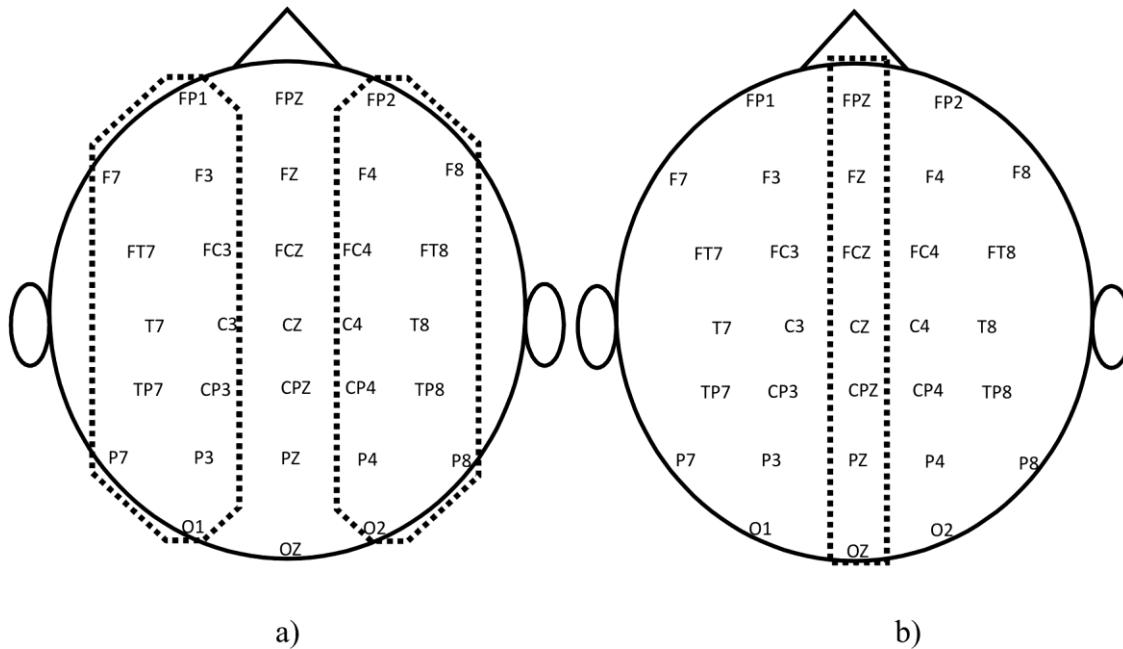


Figura 8. Electrodo seleccionados para cada uno de los modelos del Análisis de Varianza. a) Diseño para el análisis de los electrodos en cada hemisferio 12 izquierdos y 12 derechos; y b) diseño para el análisis de los electrodos de la línea media, en total siete electrodos.

De acuerdo con los análisis post hoc, los deportistas expertos mostraron mayores diferencias entre las amplitudes a la condición Blanco que a la no-Blanco ( $MD = 0.99 \mu V$ ,  $p = .005$ ) que los novatos ( $MD = 0.47 \mu V$ ,  $p = .159$ ), de hecho en el grupo de novatos la diferencia entre condiciones no fue significativa. Estas diferencias se observaron en diferentes regiones de la cabeza (Condición x Electrodo x Grupo  $F(1,209) = 2.82$ ,  $p = .002$ ,  $\epsilon = 0.36$ ). En los expertos se observaron mayores amplitudes de las diferencias entre condiciones en los electrodos P3-P4 ( $MD = 1.68 \mu V$ ,  $p = .006$ ), O1-O2 ( $MD = 1.68 \mu V$ ,  $p = .001$ ), T5-T6 ( $MD = 1.36 \mu V$ ,  $p = .008$ ), CP3-CP4 ( $MD = 1.33 \mu V$ ,  $p = .02$ ) y TP7-TP8 ( $MD = 1.14 \mu V$ ,  $p = .03$ ), de la condición Blanco (Figura 7).

#### **Ventana de los 190 a los 210 ms: P200.**

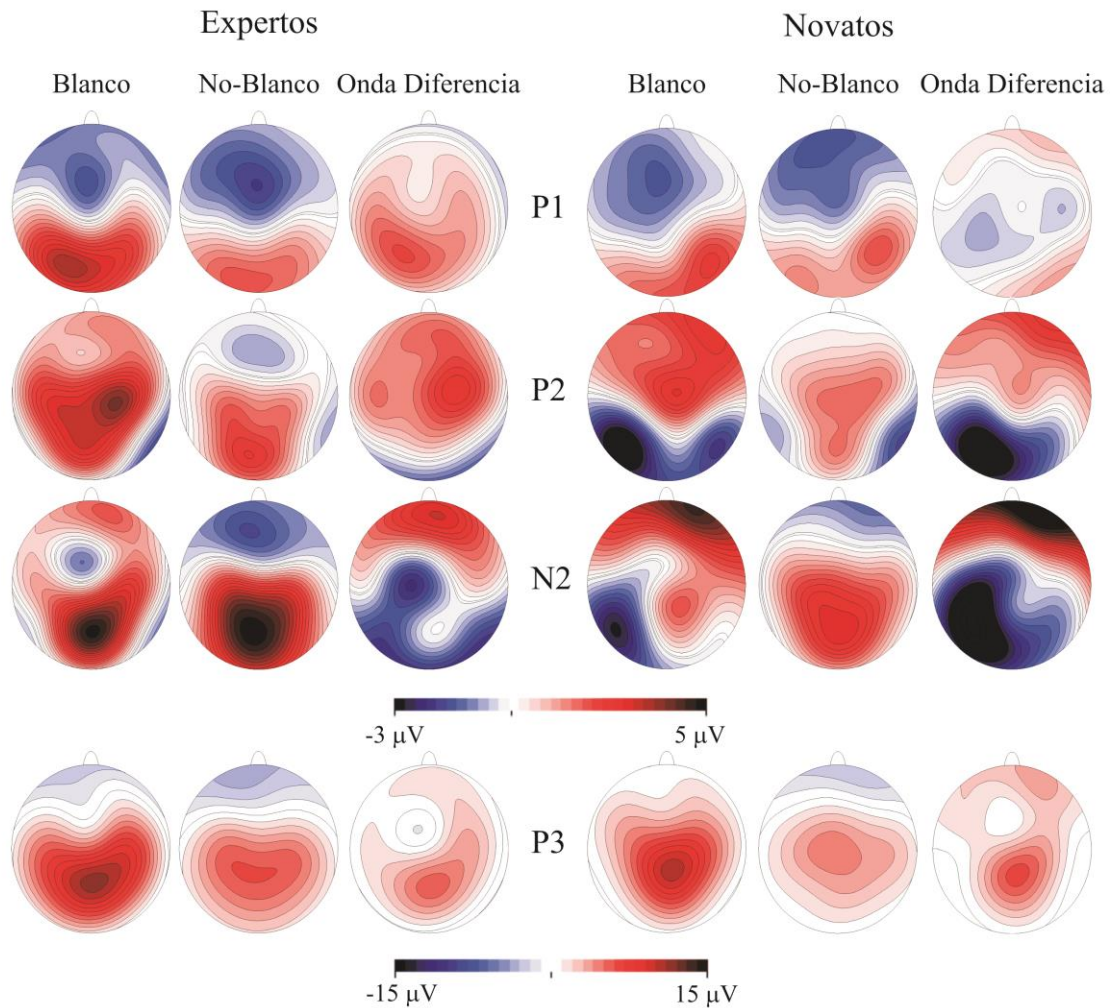
En el análisis de los electrodos de ambos hemisferios, los resultados mostraron diferencias en la interacción Condición x Grupo  $F(1,19) = 9.97$ ,  $p = .005$ ,  $\epsilon = 1$ . Los

análisis post hoc indicaron que los deportistas expertos mostraron mayores diferencias entre las amplitudes a la condición Blanco que a la No-Blanco ( $MD = 1.39 \mu V$ ,  $p = .008$ ) en comparación con el grupo de novatos ( $MD = 0.74 \mu V$ ,  $p = .147$ ), no siendo significativa la diferencia entre condiciones en éstos últimos (Figura 7).

#### **Ventana de los 250-300 ms: N200.**

El análisis de los electrodos de la línea media mostró diferencias significativas en la interacción Condición x Electrodo x Grupo  $F(1,114) = 4.25$ ,  $p = .007$ ,  $\epsilon = .543$ . Los análisis post hoc revelaron diferencias entre grupos donde los deportistas novatos mostraron mayores amplitudes en la condición Blanco que el grupo de expertos en CZ ( $MD = 5.12 \mu V$ ,  $p = .02$ ), FCZ ( $MD = 4.27 \mu V$ ,  $p = .04$ ) y CPZ ( $MD = 5.03 \mu V$ ,  $p = .02$ ). También se encontraron mayores diferencias entre las amplitudes a la condición Blanco que a la no-Blanco en PZ ( $MD = 3.54 \mu V$ ,  $p = .02$ ) y CPZ ( $MD = 3.92 \mu V$ ,  $p = .009$ ) en el grupo de novatos que en los expertos en los mismos electrodos PZ ( $MD = 0.32 \mu V$ ,  $p = .81$ ) y CPZ ( $MD = 1.36 \mu V$ ,  $p = .29$ ) (Figura 7).

Los mapas de amplitud (Figura 9) de las ondas diferencia (Blanco – no-Blanco) para ambos grupos, expertos y novatos, correspondientes a los rangos donde se encontraron diferencias significativas en P100, P200 y N200 mostraron diferencias en la distribución topográfica de la amplitud media de los componentes entre los grupos, y estas diferencias fueron consistentes mediante ambas aproximaciones estadísticas, permutaciones y ANOVA.



*Figura 9.* Mapas de amplitud para los componentes P100, P200 y N200 durante la tarea CPT donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos; adicionalmente se muestran los mapas en el rango del componente P300. En la figura se muestra la amplitud media de cada uno de los componentes para las condiciones Blanco, No-Blanco y Onda Diferencia en ambos grupos.

### Discusión

De acuerdo con la hipótesis del estudio, no se esperaba encontrar diferencias significativas entre los grupos en el desempeño conductual y los PREs para la tarea CPT. La hipótesis no fue comprobada, sin embargo se discuten los hallazgos de este experimento. El análisis de los datos electrofisiológicos para la tarea CPT evidenció

claramente tres componentes positivos definidos como P100, P200 y P300 en el grupo de los deportistas expertos, mientras que en el grupo de los deportistas novatos se observó el efecto sólo en el componente P300; en la comparación entre grupos se observaron diferencias significativas en los componente P100 y P200 con mayor amplitud en los deportistas expertos que en los novatos. Los resultados fueron semejantes mediante ambos análisis estadísticos.

La distribución del componente P300 en regiones centrales y posteriores para ambos grupos fue esperada y comprobada mediante el análisis intragrupos por permutaciones; así mismo los trazos de los PREs y los mapas de amplitud mostraron la presencia de este componente en ambos grupos. De acuerdo con la literatura esta P300 se define como una clase de componente P3b el cual es evocado en tareas donde el estímulo es infrecuente y relevante, y requiere de algún tipo de respuesta por parte del sujeto (Snyder y Hillyard, 1976; Squires, Squires y Hillyard, 1975) como es el caso de las tareas CPT, aparte de tener una topografía temporo-parietal (Brazdil, Rektor, Daniel, Dufek y Jurak, 2001; Brazdil, Roman, Daniel y Rektor, 2003; Knight, 1996; Squire y Kandel, 1999).

Contrario a lo que se esperaría de acuerdo con la literatura, de la comparación entre deportistas expertos y novatos, se encontraron diferencias significativas en la amplitud del componente P200 mayor en el grupo de expertos en comparación con los novatos. Se ha reportado que la amplitud del componente es menor cuando el sujeto incrementa su velocidad de respuesta y genera estrategias más eficientes (Johnson, 1989), lo cual se esperaría que fuera la característica del grupo de expertos, sin embargo esta afirmación está más relacionada con el comportamiento del componente P200 en regiones fronto-centrales vinculado con la detección, evaluación del estímulo y demanda atencional (Johnson, 1989; Luck y Hillyard, 1994); las diferencias de este componente entre los grupos, corresponde a

una topografía posterior la cual ha sido poco estudiada (Luck, 2005). Bajo la idea de que este componente puede representar en primer término la detección de las características de orientación y tamaño (Luck y Hillyard, 1994) puede suponerse una habilidad mayor de los deportistas expertos para determinar la característica de orientación en una fase más temprana que los deportistas novatos. Los mapas de amplitud para el rango de este componente en ambos grupos se caracterizaron por una topografía y respuesta de amplitud diferentes; los deportistas novatos mostraron activación en regiones frontocentrales lo que correspondería a un componente P200 anterior, mientras que los deportistas expertos mostraron activación en regiones posteriores, correspondiente a una P200 posterior; esta diferencia topográfica lleva a suponer la utilización de distintos recursos cerebrales en uno y otro grupo.

Con respecto a las variaciones del componente P200, se ha reportado un incremento de la amplitud de éste después de entrenamiento fonológico (Shahin, Bosnyak, Trainor y Roberts, 2003) o en músicos comparados con no músicos en una tarea de discriminación de tonos (Tremblay, Kraus, McGee, Ponton y Otis, 2001). En otro estudio, el incremento en la P200 parieto-occipital fue asociado a un incremento en el tiempo de entrenamiento de aprendizaje perceptual (Song et al., 2007). En un estudio con jugadores de bádmiton, se encontraron diferencias en la P200 cuando se compararon con no jugadores en una tarea de anticipación de la acción, en este caso los deportistas profesionales de bádmiton mostraron mayor amplitud que los no deportistas, los autores proponen que los jugadores profesionales muestran una habilidad superior de anticipación asociada al incremento del efecto P200 con una distribución posterior (Jin et al., 2011). También han sido encontradas mayores amplitudes en el componente P200 en velocistas, durante tareas de atención, comparados con controles, jueces y estudiantes de educación física, los autores proponen

que menores amplitudes en los grupos control podrían significar menor nivel atencional (Hamon y Seri, 1989). Basado en estos resultados y bajo la hipótesis de que el componente P200 podría estar asociado a la identificación del estímulo y también al establecimiento de una decisión perceptual (Lindholm y Koriath, 1985); este efecto en los resultados encontrados podría reflejar un efecto global del entrenamiento deportivo sobre los procesos de atención.

Un comportamiento semejante fue observado en el caso del componente P100, para el cual no se esperaba tener diferencias significativas, sin embargo esta diferencia entre los grupos estuvo dada por una mayor amplitud de la P100 principalmente en regiones temporo-occipitales izquierdas, en el grupo de deportistas expertos. Este componente ha sido relacionado, entre otras cosas, con la sensibilidad a la dirección del estímulo (Luck, 2005); esto tiene sentido en relación al tipo de estímulo utilizado en la tarea donde el participante era instruido para responder a la flecha con una orientación particular de entre cinco flechas con diferentes orientaciones. Aunque no ha sido definido con claridad el comportamiento del componente en relación a las habilidades del sujeto, los resultados obtenidos sugieren que una mayor amplitud del componente se traduce en una mayor habilidad para la detección de la dirección del estímulo en relación a los procesos de atención en los deportistas expertos que en los novatos. Otros estudios (Ozmerdivenli et al., 2005; Zwierko, Lubinski, Lubkowska, Niechwiej-Szwedo y Czepita, 2011) han encontrado que los deportistas no muestran cambios en la amplitud del componente P100 después de ejercicio en comparación con no deportistas; también han sido reportadas mayores amplitudes en la amplitud de P100 en deportistas que en no deportistas después de sesiones de ejercicio físico, ambos evaluados con tareas de atención visual. Estos resultados sugieren que la realización habitual de ejercicio y deporte afecta los potenciales visuales evocados

tempranos, es decir que la conducción neuronal en las vías visuales después de ejercicio podría ser parcialmente dependiente de nivel de condición física de la persona.

Los mapas de amplitud confirmaron mayor activación para el rango del componente P100 en regiones posteriores lateralizada a la izquierda en los expertos en comparación con los novatos, quienes mostraron una menor activación que se expresó principalmente lateralizada a la derecha.

La negatividad encontrada alrededor de los 200 ms ha sido definida como un subcomponente de la N200 denominada N2b (Naatanen y Picton, 1986; Patel y Azzam, 2005). El componente N2b corresponde a un procesamiento voluntario y es evocado cuando la persona atiende selectivamente a estímulos raros en paradigmas *oddball* (Potts, Dien, Hartry-Speiser, McDougal y Tucker, 1998; Sams, Alho y Naatanen, 1983). Este componente es evocado típicamente antes de la respuesta motora y ha sido interpretado como un reflejo de la identificación, discriminación del estímulo (Patel y Azzam, 2005; Senkowski y Herrmann, 2002; Treisman y Sato, 1990) y respuesta de monitoreo (Stroth et al., 2009). Durante tareas de discriminación visual la amplitud de la N2b está directamente relacionada con la dificultad de discriminación del estímulo (Senkowski y Herrmann, 2002). En un estudio previo, donde se investigó cómo el ejercicio físico tiene una importante influencia sobre la respuesta electrofisiológica de diferentes aspectos de las funciones ejecutivas en adolescentes usando una tarea *go/no-go*, los autores encontraron que los participantes con mejor forma física mostraron menor amplitud del componente N2b en comparación con los participantes de peor forma física. Los investigadores sugieren que el incremento de la forma física produce un incremento en la eficacia del sistema de control ejecutivo reduciendo el esfuerzo en procesos de monitoreo de respuesta (Stroth, et al., 2009). De acuerdo con lo anterior, es probable que los resultados obtenidos en esta

investigación indiquen un mejor control ejecutivo en deportistas expertos, quienes no necesitaron mayores recursos para la discriminación del estímulo y el monitoreo de la respuesta ya que fue suficiente con la identificación y evaluación previa del estímulo así como con la decisión perceptual identificada a través de las mayores amplitudes en los componentes tempranos P100 y P200 para poder realizar una respuesta motora efectiva.

Los hallazgos electrofisiológicos en la tarea CPT, en donde se encontró mayor amplitud de los componentes P100 y P200, así como una menor amplitud en el componente N200 en los deportistas expertos en comparación con los novatos, sugieren diferencias entre los grupos para responder a las tareas, donde al parecer los deportistas expertos destinan mayores recursos en etapas tempranas de la solución de la tarea con la finalidad de una mejor identificación del estímulo y preparación de la respuesta. Lo anterior es consistente con lo que proponen los psicólogos deportivos para quienes los competidores en artes marciales deben ser capaces de anticipar las acciones y estrategias de su oponente, percibir los estímulos rápidamente, planear estrategias y tomar decisiones de manera más temprana (Anshel y Payne, 2006).



## Experimento 2

El objetivo de este experimento fue identificar las diferencias en una tarea de atención transitoria y de alta demanda entre deportistas de artes marciales expertos y novatos. Para tal objetivo fue utilizada una *Cued Continuous Performance Task* (c-CPT). Durante la ejecución de una tarea de atención transitoria, los participantes son instruidos para responder únicamente cuando el estímulo blanco es precedido por un estímulo señal. Muchos estudios han mostrado que la preparación para la respuesta después de una señal de aviso produce un desempeño superior comparada con la preparación para la respuesta en tareas de atención sostenida (Brunia, 1993; Rosenbaum, 1980). De esta manera las c-CPT son tareas de atención transitoria y preparación transitoria para la respuesta, ya que el estímulo a atender depende de la señal y la posterior preparación para la respuesta es únicamente evocada por el estímulo señal previamente presentado (Smid, de Witte, Homminga, y van den Bosch, 2006). Dadas las características de la tarea, particularmente en cuanto al nivel de dificultad, y de acuerdo con lo reportado por la literatura, se esperaba que los deportistas de artes marciales expertos mostrarán mejor desempeño (mayor número de respuestas correctas y/o menores tiempos de reacción) durante la tarea c-CPT que los deportistas novatos y del mismo modo la respuesta electrofisiológica, evaluada a través de los PREs mostrará una mayor amplitud y/o menor latencia para el componente P300, y menor amplitud y/o menor latencia en el componente P200, en los deportistas de artes marciales expertos en comparación con los novatos.

## Método

### Participantes

La muestra para este experimento fue la misma que la del experimento anterior por lo que estuvo integrada por 11 deportistas de artes marciales expertos y 10 deportistas de artes marciales novatos siguiendo los mismos criterios de inclusión (Tabla 2)

### Estímulo

Las mismas cinco flechas con diferentes orientaciones del experimento anterior (Figura 4) fueron utilizadas para este experimento con las siguientes adecuaciones:

#### *Cued Continuous Performance Task (c-CPT).*

Se presentó la misma secuencia de 600 flechas que en el experimento anterior. Los participantes fueron instruidos para responder a la flecha blanco (dirección derecha-abajo) únicamente si otra flecha señal (dirección derecha) precedía a ésta tres estímulos antes para establecer una situación de *n-back* y con ello incrementar la carga de memoria de trabajo de la tarea; esto constituía la secuencia Blanco. Además se les presentó, a los participantes, las siguientes secuencias de no-Blanco: a) flecha blanco no precedida por estímulo señal (falso blanco); b) flecha no-Blanco precedida por un estímulo señal (falsa señal); y c) no-Blanco no precedido por estímulo señal (no-Blanco). La secuencia Blanco que requería de la respuesta del sujeto fue presentada en un 10% del total de las presentaciones. El estímulo señal por sí mismo fue presentado con una frecuencia de un 20% ya que podía preceder al estímulo blanco a o cualquier otro. La ocurrencia de blancos y no-Blancos fue equiprobable. La duración de los estímulos fue de 100 ms con un intervalo interestímulo variable entre 1.2 y 1.5 ms (Tabla 5).

Tabla 5.

*Estímulos, con su respectiva secuencia y probabilidad, presentados durante la tarea c-CPT. Las áreas marcadas en gris indican el estímulo seleccionado para las ventanas de análisis de los PREs.*

Estímulo	Secuencia	Probabilidad
→ (← ↙ ↓) (← ↙ ↓) ↘	Blanco	10%
(← ↙ ↓) (← ↙ ↓) (← ↙ ↓) ↘	Falso Blanco	10%
→ (← ↙ ↓) (← ↙ ↓) (← ↙ ↓)	Falsa señal	10 %
(← ↙ ↓) (← ↙ ↓) (← ↙ ↓) (← ↙ ↓)	No-blanco	70%

## Procedimiento

Para llevar a cabo este experimento se procedió de la misma forma que en el experimento anterior para el registro, edición y análisis estadístico de los datos. Adicionalmente, se analizó el componente de Variación Contingente Negativa (CNV), ya que considerando el diseño de la tarea, en el que se presentaba un estímulo señal seguido de un estímulo blanco, y de acuerdo con lo reportado en estudios previos, se esperaría una deflexión negativa previa a la presentación del estímulo blanco (Walter et al, 1964). Para dicho análisis se editó y analizó una ventana de 2000 ms previos al estímulo blanco y 500 ms posteriores.

## Resultados

### Conductuales

El análisis de los datos conductuales se realizó en cada grupo de manera independiente y se hizo la comparación entre los mismos. Las variables a considerar fueron: número de aciertos, errores de omisión, errores de comisión y tiempos de reacción de respuestas correctas. Se tomaron en cuenta las cuatro condiciones en dos categorías, la

primera en donde el sujeto debía emitir una respuesta (presionar un botón en la caja de respuesta); y segunda, en donde el participante no debía responder o debía inhibir su respuesta.

El resultado de los análisis estadísticos de los datos conductuales entre los grupos durante la tarea c-CPT con ambos métodos, permutaciones y ANOVA, no arrojó diferencias significativas (Figura 10).

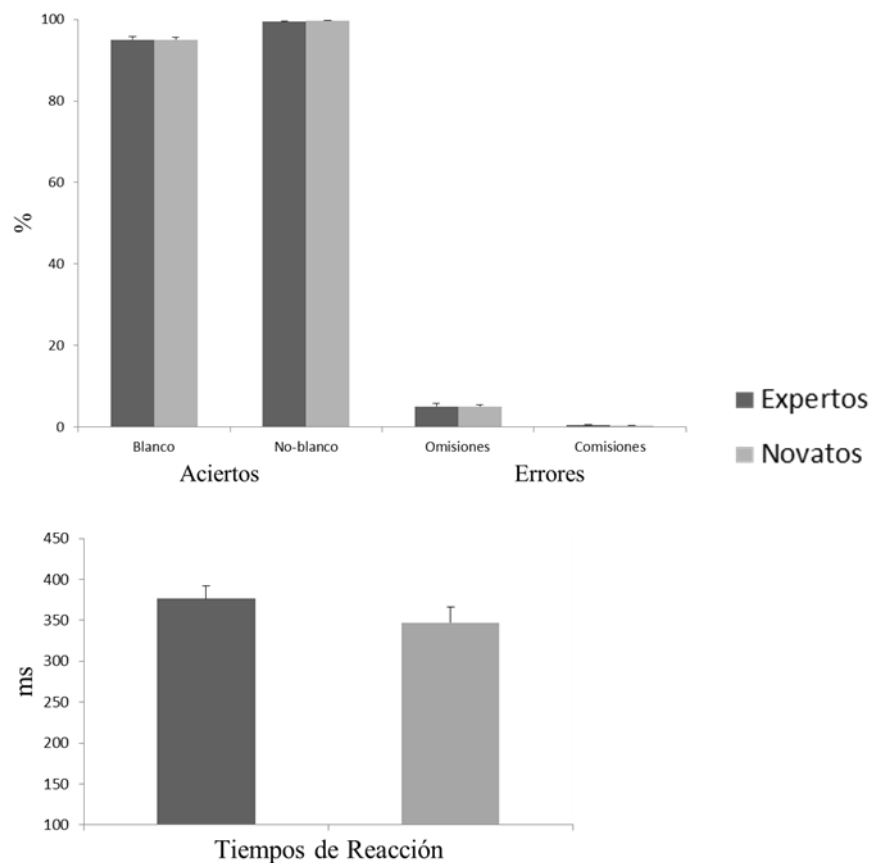


Figura 10. Resultados conductuales de la tarea c-CPT. Se grafican el porcentaje de aciertos, porcentaje de errores y tiempos de reacción para ambos grupos donde no se encontraron diferencias significativas entre grupos.

### Electrofisiológicos: Permutaciones

Para el análisis de los datos electrofisiológicos de la tarea c-CPT se consideraron ventanas de análisis de -200 a 1000ms (1200 ms en total) para las siguientes condiciones: a)

Blanco para el cual se consideró el promedio de los estímulos a los que el sujeto fue instruido para responder; b) no-Blanco, constituida por el promedio de los estímulos a los que el sujeto no debía de responder; c) Falsa Señal que consistía en el promedio de los estímulos terceros después del estímulo señal y que no constituía un blanco por lo cual el participante no debía responder; y d) Falso Blanco, constituida por el promedio de los estímulos parecidos al blanco pero que no se encontraban precedidos por el estímulo Señal y al cual tampoco debía responder el participante. Con el objetivo de analizar la respuesta electrofisiológica a los estímulos señal se utilizaron ventanas de 2000 ms previos al estímulo Blanco y 500 ms posteriores al mismo, la finalidad fue identificar el componente Contingente de Variación Negativa (CNV). Las comparaciones realizadas fueron de cada una de las condiciones (Blanco, Falsa Señal, Falso Blanco y CNV) contra No-blanco intragrupos y la comparación de cada una de las ondas diferencia (Blanco – no-Blanco), (Falsa Señal – no-Blanco), (Falso Blanco – no-Blanco) y (CNV – no-Blanco) entre los grupos; también se compararon las ondas diferencia (Blanco – no-Blanco) y (Falsa Señal – no-Blanco). Únicamente se reportan las diferencias estadísticamente significativas.

#### **Blanco vs. no-Blanco Expertos.**

Se comparó la condición de Blanco con la condición de no-Blanco de la tarea c-CPT para el grupo de expertos con el objetivo de identificar los efectos producidos por la tarea. Los resultados indicaron una onda positiva para la condición de blanco ( $p = 0.02$ ), caracterizada como P300 (212-520ms). Los resultados se muestran en la Tabla 6, Figuras 11 y 14.

#### **Blanco vs. no-Blanco Novatos.**

Se comparó la condición de Blanco con la condición de no-Blanco de la tarea c-CPT para el grupo de novatos con el objetivo de identificar los efectos producidos por la

tarea. Los resultados indicaron tres ondas positivas para la condición de blanco ( $p < .01$ ), caracterizadas como P100 (62-116ms), P200 (116-198ms) y P300 (212-568ms). Los resultados se muestran en la Tabla 6, Figuras 11 y 14.

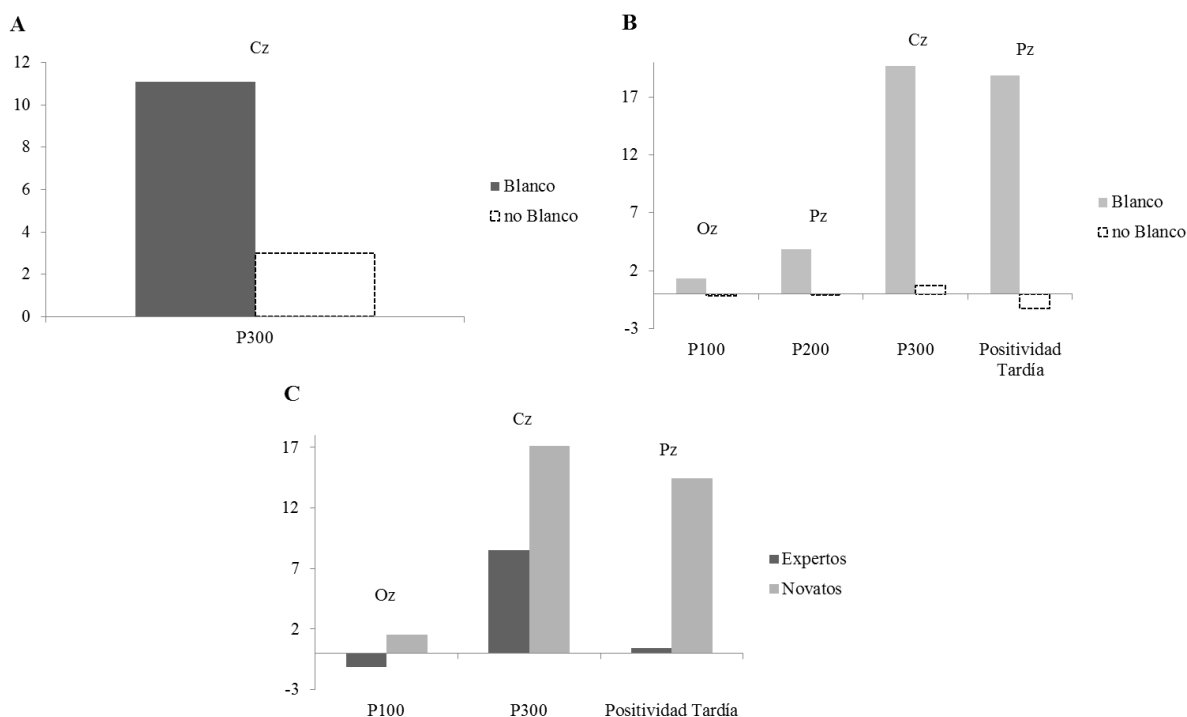
Tabla 6.

*Comparación de condición Blanco vs no-Blanco de la tarea c-CPT para cada grupo, mediante análisis por permutaciones.*

Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq 0.05$	Probabilidad Global	
Expertos	Blanco > no-Blanco	P300	212-520 ms	F7, FT7, T3, TP7, T5, F3, FC3, C3, CP3, P3, O1, FCZ, CZ, CPZ, PZ, OZ, F4, FC4, C4, CP4, P4, O2, FT8, T4, TP8, T6.	$p = 0.02$	
Novatos	Blanco > no-Blanco	P100	62-116 ms	CP3, O1, CPZ, PZ, OZ, CP4, P4, O2, TP8, T6.	$p = .001$	
		P200	116-198 ms	F3, FC3, C3, CP3, FZ, CZ, CPZ, PZ, F4, FC4, C4, CP4, FT8.		
		P300	212-568 ms	F7, FT7, T3, TP7, T5, F3, FC3, C3, CP3, P3, O1, FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, OZ, F4, FC4, C4, CP4, P4, O2, F8, FT8, T4, TP8, T6.		
		Positividad Tardía	600-800 ms	C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T5, CZ, PZ, FCZ, CPZ, CP3, CP4, FC4, FC3, TP7.		
Novatos > Expertos			Comparación Inter-grupos			
		P100	78-120 ms	PZ, P4, OZ	$p = .05$	
		P300	384-436 ms	FCZ-CZ		
	Positividad Tardía	600-800 ms	O2, CZ, PZ, FCZ			

### Blanco – No-Blanco: Expertos vs. Novatos.

Se compararon las ondas diferencia de la condición Blanco menos la condición no-Blanco, entre los grupos. Los resultados indicaron mayor amplitud en las ondas positivas caracterizadas como P100 (78-120ms) y P300 (384-436ms), en los deportistas novatos que en los expertos. Los resultados se muestran en la Tabla 6, Figura 11 y 14.



*Figura 11.* Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones y grupos para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea c-CPT para las condiciones Blanco y no-Blanco. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y no blanco en color blanco) para el rango del componente P300 en el electrodo Cz, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P100, P200, P300 y Positividad Tardía en los electrodos Oz, Pz, Cz y Pz respectivamente, en el grupo de deportistas novatos. **C:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la amplitud media de las ondas diferencia (blanco-no blanco) entre condiciones para el rango de los componentes P100, P300 y Positividad Tardía en los electrodos Oz, Cz y Pz respectivamente, entre los grupos de deportistas expertos (en color negro) y novatos (en color gris).

### **Falsa Señal, Blanco y no-Blanco Expertos.**

Se comparó la condición de Falsa Señal, esto es el tercer estímulo después del estímulo señal al que el sujeto no debe responder, con la condición de no-Blanco de la tarea c-CPT para el grupo de expertos con el objetivo de identificar los efectos producidos por la tarea. Los resultados indicaron dos ondas positivas para la condición de Falsa Señal ( $p = .01$ ), caracterizadas como P200 (128-234ms) y P300 (234-562ms). Cuando se comparó la condición de Falsa Señal con la condición de Blanco los resultados arrojaron diferencias significativas en un pico positivo alrededor de los 300 ms en electrodos de regiones posteriores, mayor en la condición de Blanco que en la condición de Falsa Señal ( $p < .05$ ). Los resultados se muestran en la Tabla 7, 8 y Figuras 12 y 15.

### **Falsa Señal, Blanco y no-Blanco Novatos.**

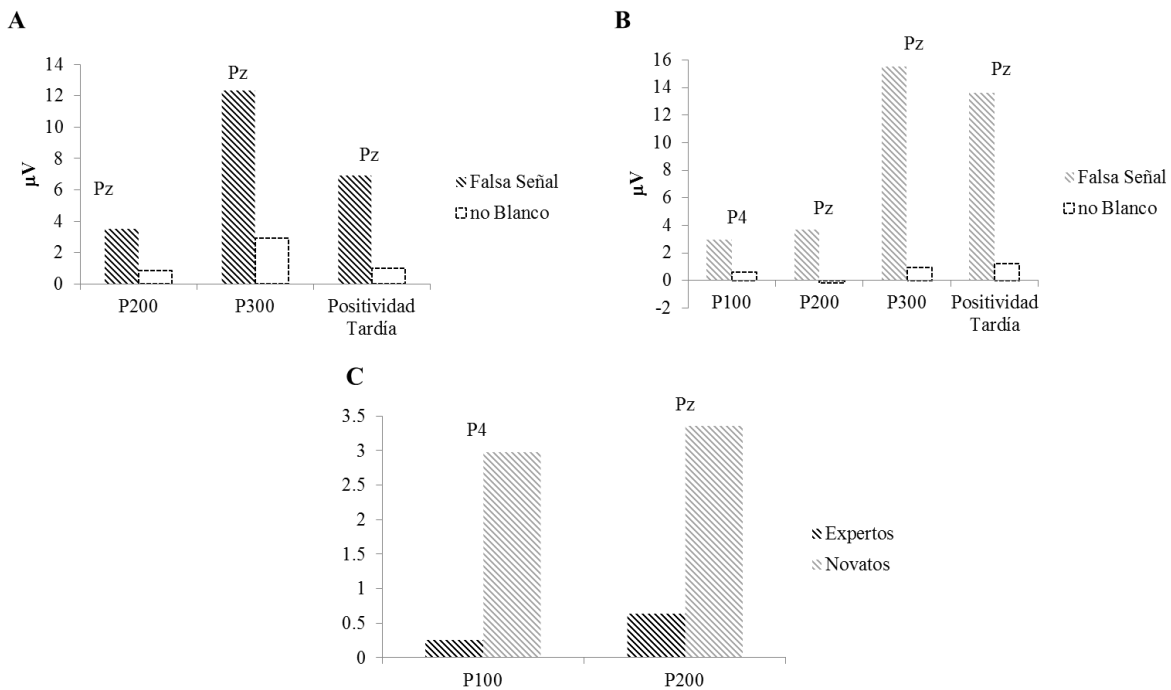
También para el grupo de deportistas novatos se comparó la condición de Falsa Señal con la condición de no-Blanco de la tarea cueCPT, con el objetivo de identificar los efectos producidos por la tarea. Los resultados indicaron tres ondas positivas para la condición de Falsa Señal ( $p = 0.01$ ), caracterizadas como P100 (56-140ms), P200 (140-196ms) y P300 (230-552ms). Cuando se comparó la condición de Falsa Señal con la condición de Blanco los resultados arrojaron diferencias significativas en un pico positivo alrededor de los 300ms en regiones fronto-centrales, mayor en la condición de Blanco que en la condición de Falsa Señal ( $p = 0.04$ ). Los resultados se muestran en la Tabla 7,8 y Figuras 12 y 15.



Tabla 7.

*Comparación de las condiciones Falsa Señal y no-Blanco de la tarea c-CPT para cada grupo y la comparación entre grupos mediante análisis por permutaciones.*

Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq 0.05$	Probabilidad Global
Expertos	Falsa Señal > no-Blanco	P200	128-264 ms	C3, FCZ, CPZ, PZ, FC4, C4, CP4.	$p = 0.01$
		P300	234-562ms	FT7, T3, TP7, F3, FC3, C3, CP3, FZ, FCZ, CPZ, PZ, F4, FC4, C4, CP4, P4.	
		Positividad Tardía	600-800 ms	CZ, CPZ, CP4	
Novatos	Falsa Señal > no-Blanco	P100	56-140 ms	C3, CP3, P3, CZ, CPZ, PZ, C4, CP4, P4, T4.	$p = 0.01$
		P200	116-196 ms	F3, FC3, C3, CP3, P3, FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, F4, FC4, C4, P4, CP4, FT8.	
		P300	230-552 ms	F7, FT7, T3, TP7, T5, F3, FC3, C3, CP3, P3, O1, FZ, FCZ, CZ, CPZ, PZ, OZ, F4, FC4, C4, CP4, P4, O2, F8, FT8, T6.	
		Positividad Tardía	600-800 ms	F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, CZ, FZ, PZ, CPZ, CP3, CP4, FC3, FC4.	
Novatos > Expertos Falsa Señal		Comparación Inter-grupos			$p = 0.21$
		P100	86-108 ms	P4	
		P200	184-190 ms	P3, PZ	



*Figura 12.* Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones y grupos para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea c-CPT para las condiciones Falsa Señal y no-Blanco. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (falsa señal en líneas negras y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P200, P300 y Positividad Tardía en el electrodo Pz, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (falsa señal en líneas grises y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes P100, P200, P300 y Positividad Tardía en los electrodos P4 y Pz, en el grupo de deportistas novatos. **C:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de la amplitud media de las ondas diferencia (falsa señal-no blanco) entre condiciones para el rango de los componentes P100 y P200 en los electrodos P4 y Pz respectivamente, entre los grupos de deportistas expertos (en líneas negras) y novatos (en líneas grises).

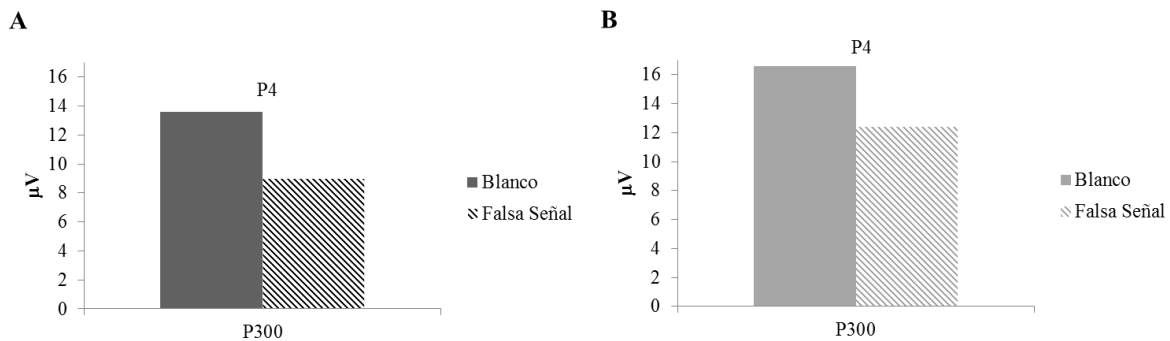
### **Falsa Señal - no-Blanco Expertos vs. Novatos.**

Se compararon las ondas diferencia de la condición Falsa Señal menos la condición no-Blanco, entre los grupos. Los resultados indicaron mayor amplitud en las ondas positivas caracterizadas como P100 (86-108ms) y P200 (184-190), en los deportistas novatos que en los expertos. Los resultados se muestran en la Tabla 7, 8 y Figuras 12 y 15.

Tabla8.

*Comparación de las condiciones Blanco y Falsa Señal de la tarea c-CPT para cada grupo no hubo diferencias en la comparación de las ondas diferencia entre los grupos mediante análisis por permutaciones.*

Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq 0.05$	Probabilidad Global
Expertos	Blanco > Falsa Señal	P300	268-368ms	P3, PZ, P4, T6, OZ, O2, TP7	$p = .30$
Novatos	Blanco > Falsa Señal	P300	292-322ms	P4.	$p = .04$



*Figura 13.* Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (Blanco y Falsa Señal) durante la tarea c-CPT mediante el análisis por permutaciones. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y falsa señal en líneas negras) para el rango del componente P300 en el electrodo P4, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y falsa señal en líneas grises) para el rango del componente P300 en el electrodo P4, en el grupo de deportistas novatos.

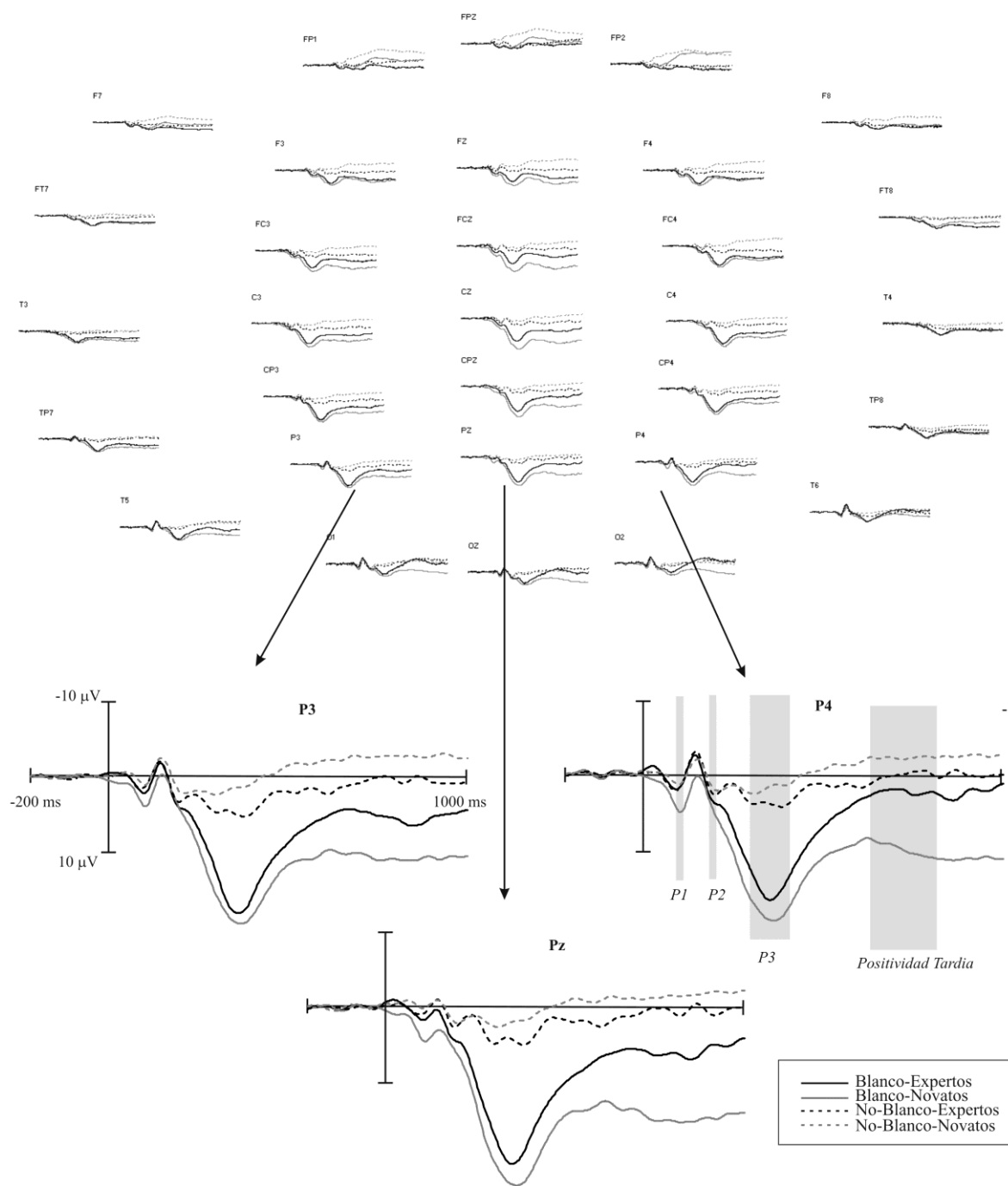


Figura 14. Grandes promedios de las condiciones Blanco y no-Blanco para ambos grupos durante la tarea c-CPT. La negatividad está indicada hacia arriba. Las líneas negras representan a los deportistas expertos y las líneas grises a los deportistas novatos. Los componentes donde fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas están indicados con sombreado gris.

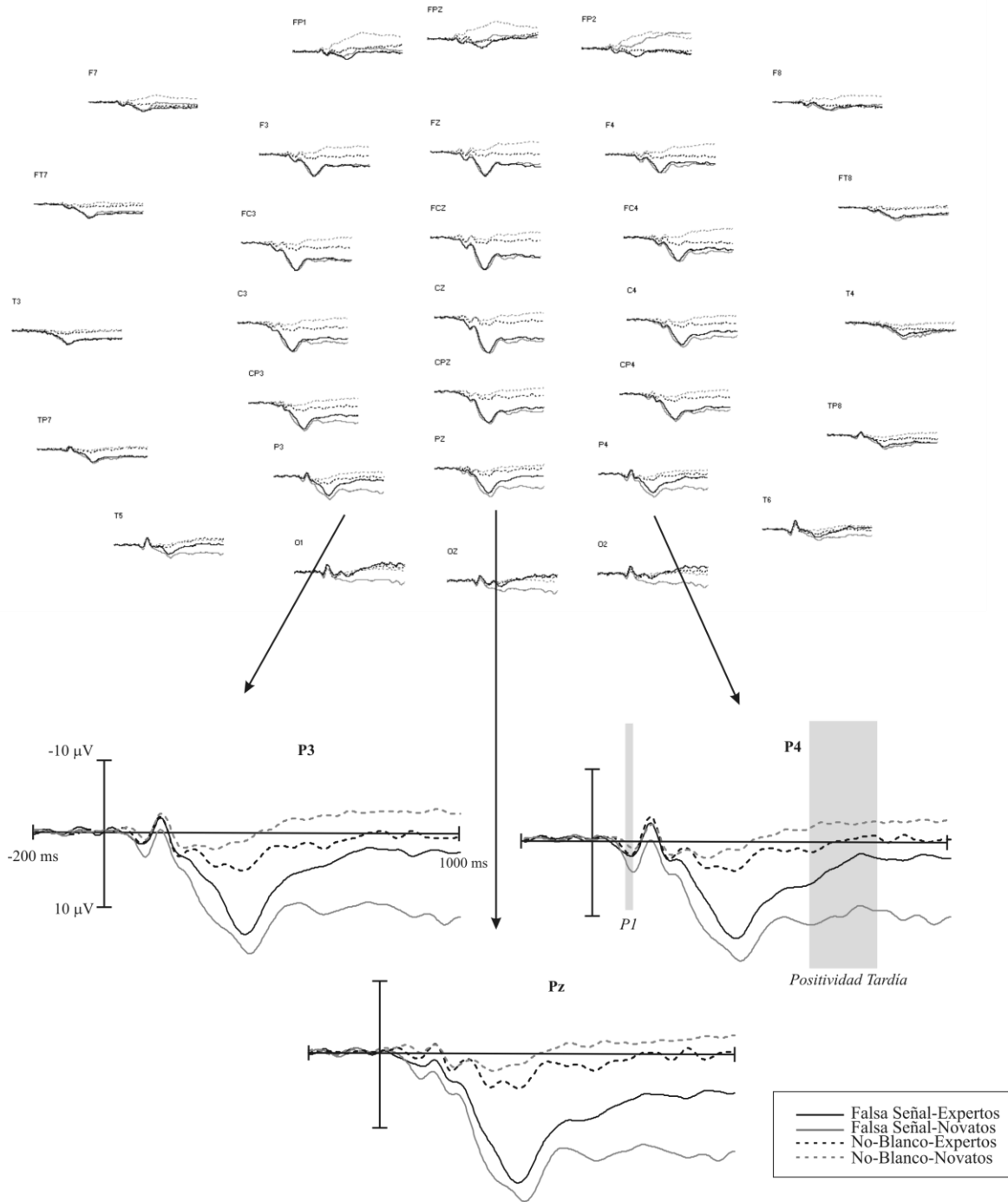


Figura 15. Grandes promedios de las condiciones Falsa Señal y no-Blanco para ambos grupos durante la tarea c-CPT. La negatividad está indicada hacia arriba. Las líneas negras representan a los deportistas expertos y las líneas grises a los deportistas novatos. Los componentes donde fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas están indicados con sombreado gris.

### Variación Contingente Negativa.

Para el análisis de los datos se utilizaron ventanas de -2000 ms hasta 500 ms empleando, para su promediación, los estímulos Blanco y no Blanco. Los resultados mostraron diferencias significativas entre condiciones para cada uno de los grupos y no se encontraron diferencias en la comparación de las ondas diferencias entre grupos (Tabla 9 y Figura 12).

#### *Blanco vs. no Blanco Expertos.*

Se comparó la condición de Blanco con la no Blanco en el grupo de expertos y se encontró una onda negativa entre los -764 ms y 0 ms, la que se identificó como un componente de variación negativa por su latencia, polaridad y topografía en regiones centrales, temporales y frontales principalmente (Tabla 9, Figura 17 y 18).

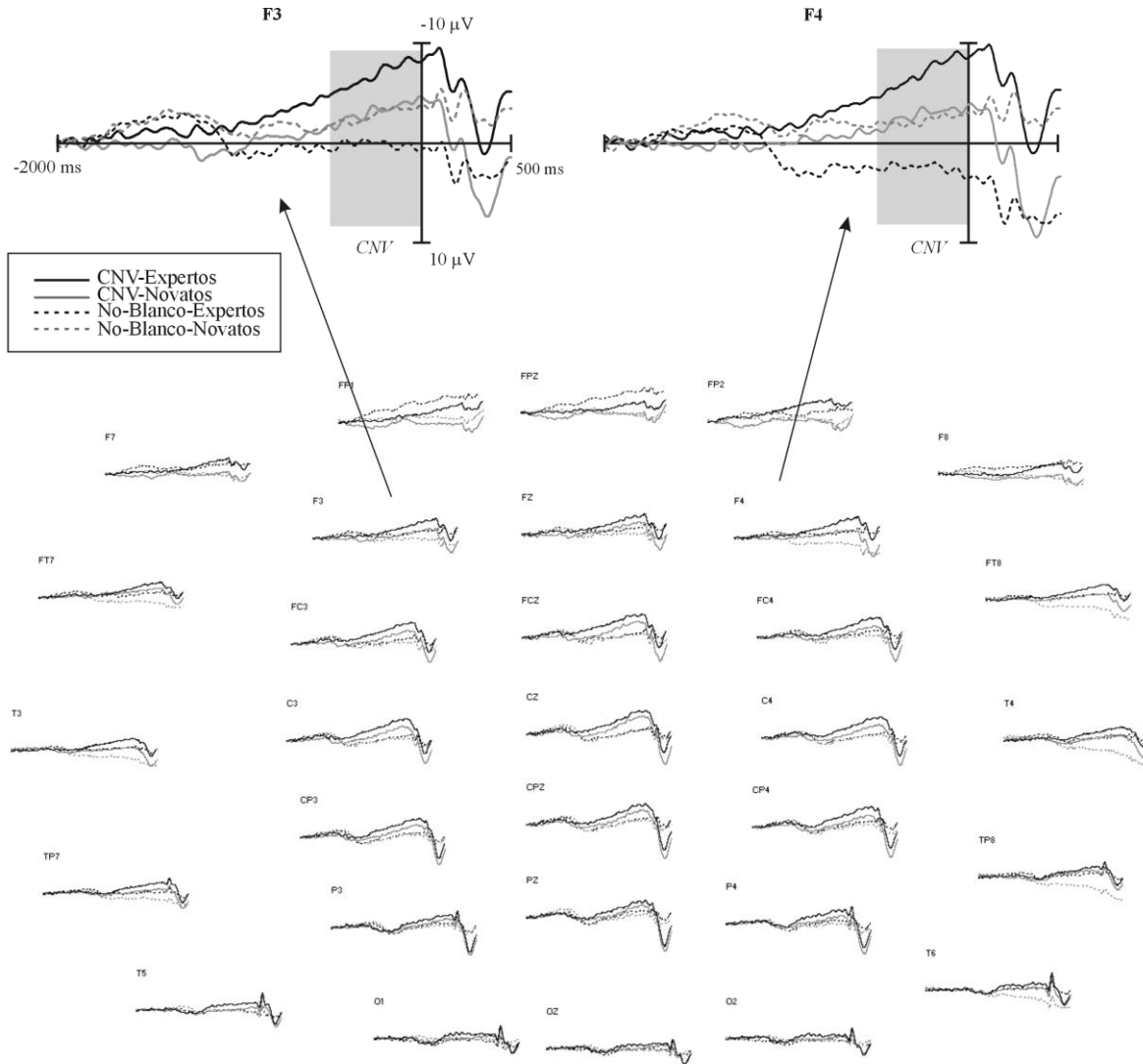
Tabla 9.

*Comparación de las condiciones Blanco y no Blanco de la tarea c-CPT para analizar el componente CNV en cada grupo.*

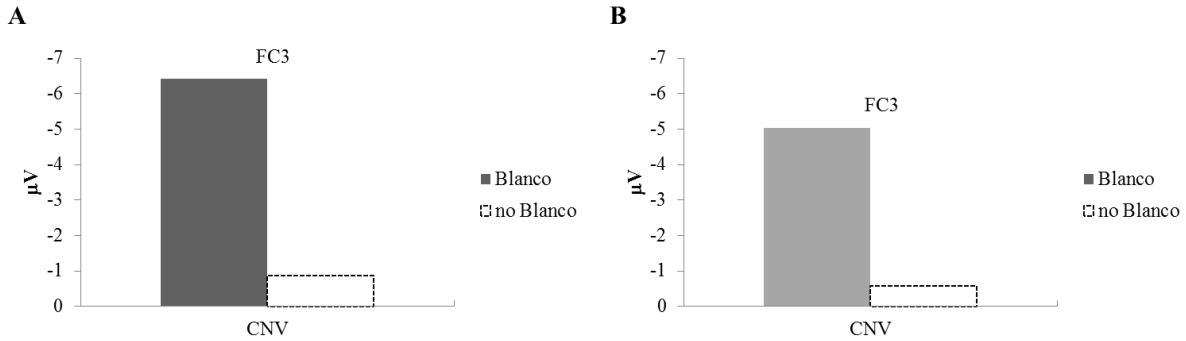
Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq 0.05$	Probabilidad Global
Expertos	<i>Blanco</i> > <i>No Blanco</i>	CNV	-764 - 0 ms	F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, T3, T4, CZ, FZ, FCZ, CPZ, CP3, CP4, FC3, FC4, TP7, TP8, FT7, FT8.	$p = .01$
Novatos	<i>Blanco</i> > <i>No Blanco</i>	CNV	-274 - 0 ms	C3, T4, CZ, CP3, FC3, TP7, TP8	$p = .32$

### ***Blanco vs. no Blanco Novatos.***

Se comparó la condición de Blanco con la no Blanco en el grupo de novatos y se encontró una onda negativa entre los -274 ms y 0 ms, la que se identificó como un componente de variación negativa por su latencia, polaridad y topografía en regiones anteriores principalmente (Tabla 9, Figuras 17 y 18).



**Figura 17.** Grandes Promedios de la CNV en las condiciones Blanco (líneas continuas) y no-Blanco (línea discontinua) en los electrodos F3 y F4. La negatividad está indicada hacia arriba. Las líneas en color negro representan a los expertos y las líneas en gris representan a los novatos. Se indican en sombreado gris las ventanas de tiempo en las cuales se encontraron diferencias significativas.



*Figura 18.* Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (Blanco y no Blanco) durante la tarea c-CPT para el análisis de la Variación Contingente Negativa, mediante el análisis por permutaciones. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (blanco en color negro y no blanco en color blanco) para el rango del componente CNV en el electrodo FC3, en el grupo de deportistas expertos. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (blanco en color gris y no blanco en color blanco) para el rango del componente CNV en el electrodo FC3, en el grupo de deportistas novatos. La negatividad está indicada hacia arriba.

### Electrofisiológicos: ANOVA

Para el análisis de los datos electrofisiológicos de la tarea cue Continuos Performance Task (c-CPT), con ANOVAs, se procedió del mismo modo que en el experimento anterior. El análisis se realizó para las condiciones: Blanco, Falsa Señal, Falso Blanco, no-Blanco. Las ventanas de análisis se seleccionaron mediante inspección visual de los trazos de los Grandes Promedios para cada grupo identificando los componentes principales de mayor amplitud en derivaciones posteriores. Las ventanas seleccionadas y sus respectivos componentes fueron los siguientes: P100 (100-120 ms), N150 (146-166 ms), P200 (186-206 ms) y P300 (310-410). Como resultado de la inspección visual de los trazos se observó una positividad tardía en el grupo de deportistas novatos en comparación con los expertos, por lo cual se decidió llevar a cabo un análisis y se seleccionó una ventana una de los 600 a los 800 ms. Además se llevó a cabo el análisis de la respuesta electrofisiológica al intervalo entre el estímulo señal y el estímulo blanco; considerando



ventanas de 2000 ms previos al estímulo blanco y 500 ms posteriores, se identificó una onda lenta negativa entre los 1000 ms previos al estímulo blanco que se definió como Variación Contingente Negativa (CNV), para su análisis se utilizaron ventanas de 250 ms desde el estímulo blanco y hasta 1000 ms previos, en total cuatro ventanas. Únicamente son reportadas las interacciones que involucraron el factor Grupo. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los grupos en los componentes P100, P200, P300 y positividad tardía, y no se encontraron diferencias en el componente N150 de la condición Blanco. También, se identificaron diferencias en el la positividad tardía y no se encontraron diferencias en P100, N150, P200 y P300 de la condición de Falsa Señal. Las comparaciones de Falso Blanco, Blanco y Falsa Señal no mostraron diferencias significativas entre los grupos. Finalmente, se encontraron diferencias entre los grupos en el componente de Variación Contingente Negativa (Figuras 14, 15 y 17).

**Blanco/no-Blanco.**

***Ventana de los 100 a los 120 ms (P100).***

En el análisis de los electrodos de cada hemisferio, los resultados mostraron diferencias en la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 4.45, p = .048, \epsilon = 1$ ). De acuerdo con los análisis post hoc los deportistas novatos tuvieron mayores diferencias entre las amplitudes a la condición Blanco que a la no-Blanco ( $MD = 2.05 \mu V, p = .0001$ ), que los deportistas expertos ( $MD = 0.71 \mu V, p = .12$ ). Los resultados del análisis de los electrodos de la línea media mostraron diferencias en la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 6.83, p = .01, \epsilon = 1$ ). En el mismo sentido, los análisis post hoc indicaron que el grupo de deportistas novatos tuvo mayores diferencias entre las amplitudes a la condición Blanco que a la no-Blanco ( $MD = 3.26 \mu V, p = .0001$ ) que los deportistas expertos ( $MD = 1.04 \mu V, p = .09$ ).

***Ventana de los 186 a los 206 ms (P200).***

El análisis de los electrodos de cada hemisferio no mostró diferencias significativas entre los grupos. Los resultados del análisis de los electrodos de la línea media mostraron diferencias entre los grupos para la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 4.39, p = .05$ ,  $\epsilon = 1$ ). De acuerdo con los análisis post hoc, los deportistas novatos tuvieron mayores diferencias entre las amplitudes en la condición de Blanco que a la no-Blanco ( $MD = 4.85 \mu V, p = .0001$ ) en comparación con los deportistas expertos ( $MD = 1.94 \mu V, p = .05$ ).

***Ventana de los 310 a los 410 ms (P300).***

El análisis de los electrodos de cada hemisferio no mostró diferencias entre los grupos. En el análisis de los electrodos de la línea media, los resultados mostraron diferencias entre los grupos para la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 5.98, p = .02$ ,  $\epsilon = 1$ ). En el análisis post hoc ambos grupos de deportistas mostraron diferencias significativas entre las condiciones, sin embargo los deportistas novatos tuvieron mayores diferencias entre las amplitudes en la condición de Blanco que a la no-Blanco ( $MD = 16.95 \mu V, p = .0001$ ) al compararlos con los deportistas expertos ( $MD = 9.87 \mu V, p = .0001$ ).

***Ventana de los 600 a los 800 ms (positividad tardía).***

El resultado de los análisis de los electrodos de cada hemisferio, para la ventana de los 600 a los 800 ms, mostró diferencias en la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 5.73, p = .02$ ,  $\epsilon = 1$ ). De acuerdo con los análisis post hoc, los deportistas novatos tuvieron mayores diferencias entre las amplitudes en la condición de Blanco cuando se comparó con el no-Blanco ( $MD = 9.82 \mu V, p = .0001$ ) que los deportistas expertos ( $MD = 3.90 \mu V, p = .03$ ). El resultado del análisis de los electrodos de la línea media mostró diferencias entre los grupos para la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 10.66, p = .004$ ,  $\epsilon = 1$ ). De acuerdo con los análisis post hoc, el grupo de deportistas novatos

tuvo mayores diferencias entre las amplitudes en la comparación de las condiciones Blanco y no-Blanco ( $MD = 15.29 \mu V$ ,  $p = .0001$ ) que los deportistas expertos ( $MD = 4.68 \mu V$ ,  $p = .05$ ).

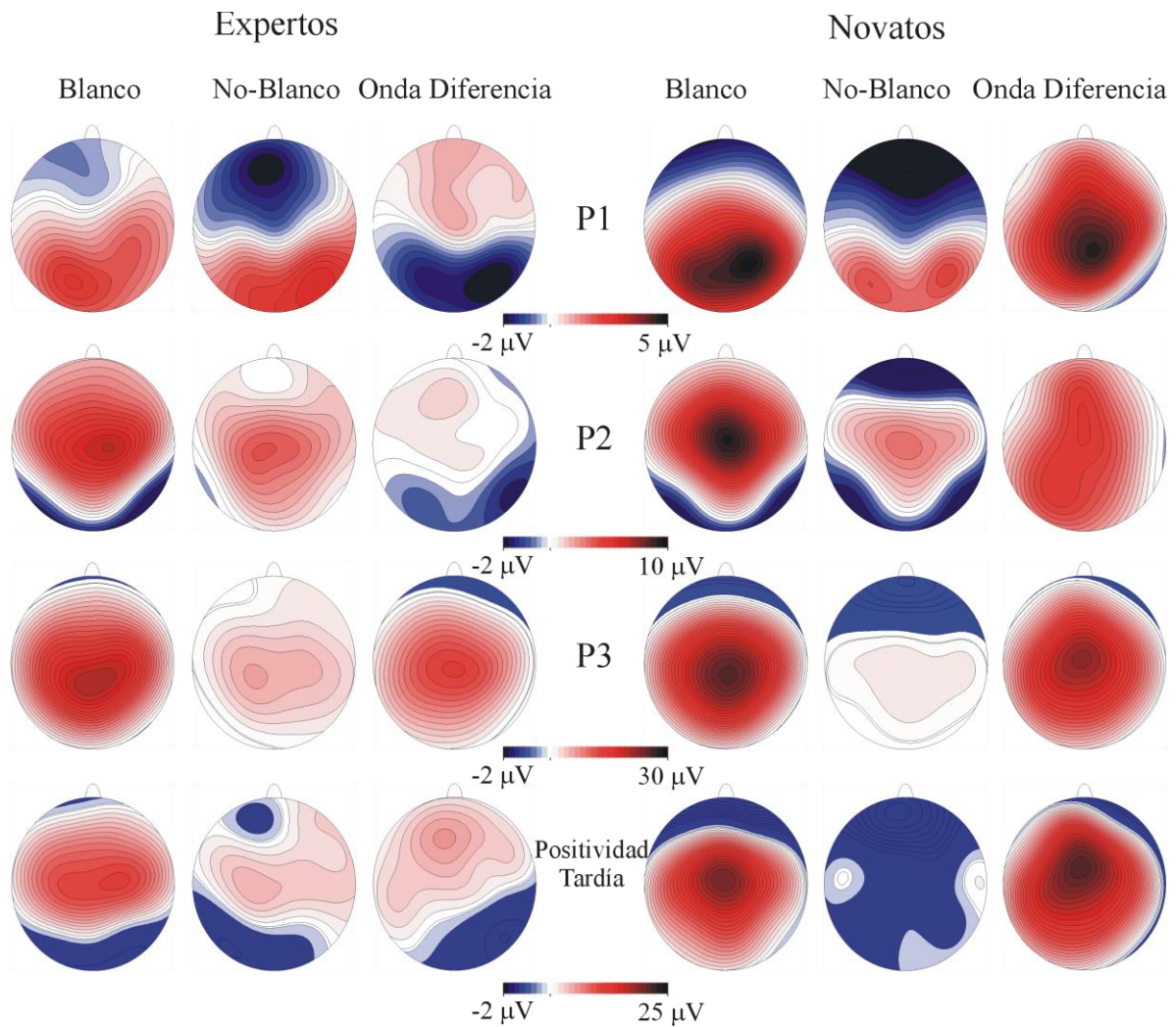


Figura 19. Mapas de amplitud de la tarea c-CPT donde se muestran las respuestas de amplitud de los componentes analizados para las condiciones de Blanco y no-Blanco, y la onda diferencia es estos. Los deportistas expertos se encuentran en el lado izquierdo y los novatos en el derecho. Los mapas muestran mayor respuesta de amplitud en los deportistas expertos que en los novatos para todos los componentes.

### **Falsa Señal/ no-Blanco.**

#### ***Ventana de los 600 a los 800 ms (positividad tardía).***

El resultado de los análisis de esta ventana de tiempo, para los electrodos de cada hemisferio, no indicó diferencias significativas. Los resultados del análisis de los electrodos de la línea media mostraron diferencias en la interacción Condición x Grupo ( $F(1,19) = 4.70$ ,  $p = .04$ ,  $\epsilon = 1$ ). De acuerdo con los análisis post hoc los deportistas novatos tuvieron mayores diferencias entre las amplitudes a la condición de Falsa Señal que a la no-Blanco ( $MD = 13.71 \mu V$ ,  $p = .0001$ ), que los deportistas expertos ( $MD = 5.99 \mu V$ ,  $p = .025$ ).

Los mapas de amplitud de los PREs, donde fueron encontradas diferencias significativas para la condición de Blanco las cuales se muestran en la Figura 19. En general los deportistas novatos mostraron mayor activación en estos componentes (P100, P200, P300 y positividad tardía) que los expertos.

### **Variación Contingente Negativa.**

Se llevó a cabo el análisis de ventanas de tiempo cada 250 ms desde la presentación del estímulo blanco hasta 1000 ms previos a éste y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos en las ventanas de los 0 ms a -250ms, de -250 ms a -500 ms y de los -500 a los -750 ms. No se encontraron diferencias en la ventana de los -750 ms a los -1000 ms. Los grandes promedios se muestran en la Figura 17.

#### ***Ventana de los 0 a -250 ms.***

El análisis de los electrodos en ambos hemisferios en esta ventana de tiempo, mostró un efecto principal ( $F(1,19) = 5.06$ ,  $p = .03$ ). Los deportistas expertos tuvieron mayor amplitud ( $MD = 3.35 \mu V$ ,  $p = .03$ ) que los novatos en este segmento de CNV. Los resultados del análisis de la línea media mostraron una interacción significativa de

Electrodo x Grupo ( $F(1,209) = 3.38, p = .04, \epsilon = .31$ ) donde los deportistas expertos mostraron mayor amplitud en FPZ ( $MD = 7.68 \mu V, p = .03$ ) que los novatos.

***Ventana de los -250 a -500 ms.***

El análisis de los electrodos de ambos hemisferios reveló un efecto principal ( $F(1,19) = 5.66, p = .02$ ). Los deportistas expertos mostraron mayores amplitudes ( $MD = 2.68 \mu V, p = .02$ ) que los novatos. El análisis de la línea media no mostró diferencias entre los grupos.

***Ventana de los -500 a -750 ms.***

El análisis de los electrodos en ambos hemisferios reveló un efecto principal ( $F(1,19) = 5.31, p = .03$ ) donde los deportistas expertos mostraron mayor amplitud ( $MD = 2.19 \mu V, p = 0.03$ ) que los novatos. El análisis de los electrodos de la línea media no mostró diferencias significativas entre los grupos.

## **Discusión**

La hipótesis en relación a esta tarea proponía una mayor amplitud y/o menor latencia para el componente P300 y menor amplitud y/o menor latencia en el componente P200, en los deportistas de artes marciales expertos en comparación con los novatos. La hipótesis no fue comprobada, sin embargo se discuten los resultados encontrados en este experimento.

El análisis de la condición de Blanco en comparación con la condición de no-Blanco de la tarea c-CPT para ambos grupos evidenció un patrón inverso al encontrado en la tarea CPT. En este caso los deportistas expertos mostraron el efecto de la tarea con una onda positiva alrededor de 300ms, la cual fue definida como P300; por otro lado, los deportistas

novatos expresaron el efecto de la tarea a través de tres ondas positivas definidas como P100, P200 y P300 de acuerdo con lo encontrado con el análisis mediante permutaciones.

La hipótesis respecto a la amplitud del componente P300 propuesta para esta tarea no fue corroborada con los resultados obtenidos pues los deportistas expertos mostraron menor amplitud en el componente P300 en la condición de Blanco en comparación con los deportistas novatos. Originalmente la hipótesis surge de la idea de que la tarea significaría menor demanda atencional en los deportistas expertos y esto significaría una mayor amplitud del componente de acuerdo con lo reportado en la literatura (Polich, 2003), sin embargo no se había considerado el efecto producido por el estímulo señal previo al estímulo blanco que podía producir una facilitación en la evaluación, identificación, discriminación y preparación de la respuesta del participante. Mediante ANOVAs se encontraron diferencias significativas en la amplitud del componente P200 entre los grupos y de acuerdo con lo propuesto en la hipótesis inicial los deportistas expertos mostraron menor amplitud del componente que los novatos. Además se identificaron diferencias significativas mediante ambos métodos estadísticos en el componente P100 y una onda positiva entre los 600 y 1000 ms entre los grupos, con mayor amplitud en los deportistas novatos que en los expertos. La tarea c-CPT alude a un tipo de atención definida como transitoria (Smid, de Witte, Homminga y van den Bosch, 2006) en la cual el sujeto recibe una señal de aviso para la preparación de una respuesta a un estímulo bien definido; bajo esta premisa y considerando el efecto del estímulo señal, las diferencias entre los grupos pueden ser explicadas por una menor utilización de recursos en los deportistas expertos bajo el supuesto de que este grupo realizó la evaluación del estímulo y preparación de su respuesta a lo largo de los estímulos señal, lo que le permitió hacer más eficaz y económica su respuesta y que a su vez significó no requerir más recursos para la evaluación del

estímulo blanco; este supuesto lleva nuevamente a considerar la idea de que los deportistas expertos en artes marciales deben ser capaces de anticipar las acciones para responder de forma “automática” (Anshel y Payne, 2006) y corrobora la hipótesis de la “eficiencia neuronal” (Del Percio et al., 2009)

Resultados similares han sido encontrados en otro estudio (Radlo, Janelle, Barba y Frehlich., 2001) donde bateadores de nivel intermedio produjeron amplitudes del componente P300 significativamente mayores que los deportistas avanzados en una tarea de decisión perceptual en beisbol. Los autores proponen, desde la perspectiva de las teorías de la información, que la experiencia de los bateadores de nivel avanzado les permite acceder a los almacenes de memoria con mayor velocidad y menores recursos atencionales. En otro estudio con deportistas de bádminton (Abernethy y Russell, 1978) se encontró que los deportistas expertos se encuentran listos para extraer la información contextual más relevante de forma temprana en comparación con los novatos, por lo que sugieren que dado que los expertos “recogen” la información relevante más rápido el esfuerzo para el procesamiento de la misma se verá reducido.

En un experimento con réferis de basquetbol (Hack, Memmert y Rupp, 2009) los autores encontraron mayores amplitudes en P300 durante una tarea atención de poca demanda en réferis de nivel intermedio que en avanzados principalmente en regiones centrales-izquierdas, y explican esto como un mayor procesamiento *top-down* así como mecanismos superiores en el grupo de avanzados, mientras que los intermedios requieren de mayores mecanismos *bottom-up* con la finalidad de reconocer y procesar el estímulo. En el presente experimento es probable que el estímulo señal produjera un mejor efecto de facilitación en deportista expertos que en novatos, quienes requirieron analizar y procesar la información también durante el estímulo blanco invirtiendo así mayores recursos

atencionales mientras los expertos respondieron de una forma más automática con menos recursos.

Se identificó una onda positiva tardía de mayor amplitud en los deportistas novatos que en los expertos, estos resultados pueden ser interpretados como una menor capacidad de recuperación después de un estímulo relevante con un uso mayor de recursos neuronales. Resultados similares fueron encontrados en un estudio previo (Pang, Nadal, Muller, Rosenberg y Klein, 2012) donde se encontraron menores amplitudes en este componente en expertos en arte que en no expertos durante una tarea de atención visual con estímulos que contenían pinturas y controles. Los autores concluyeron que la pericia en arte se asocia a una reducción de los PREs a estímulos visuales de manera general lo cual puede ser considerado como un reflejo del incremento de la eficacia neuronal.

En un estudio previo fueron encontradas mayores amplitudes en la CNV en un grupo de sujetos entrenados físicamente en comparación con un grupo de sujetos no entrenados. Los autores concluyen que la CNV representa un valioso indicador del procesamiento mental en tareas que requieren respuesta motora y proponen que los participantes entrenados mostraron una mejor preparación y anticipación de la respuesta motora en tareas relacionadas con estímulos (Arito y Oguri, 1990). Estos hallazgos soportan los resultados encontrados en el presente estudio donde mayores amplitudes en la CNV fueron encontradas en los deportistas expertos en comparación con los novatos.

Considerando las mayores amplitudes de distintos componentes en regiones posteriores en los deportistas novatos y las mayores amplitudes en la CNV en los deportistas expertos podrían estar relacionadas con un mecanismo más automático de los mecanismos de anticipación y preparación mental para responder con menores recursos atencionales a la tarea.



### **Experimento 3**

El objetivo de este experimento fue identificar las diferencias en una tarea de inhibición entre deportistas de artes marciales expertos y novatos; para lo cual fue utilizada una tarea Stop. Las tareas *stop* se entienden, en general, como una situación de multitareas en las que las personas deben activar sus respuestas estratégicas. El paradigma de señal-stop involucra una conjunción entre dos tareas con requerimientos opuestos: una tarea *go*, para la cual se requiere que el sujeto responda tan rápido como le sea posible cuando un estímulo es presentado, y una tarea de *stop* la cual requiere que el sujeto detenga su respuesta cuando una señal para detenerse es presentada. El éxito en la tarea *go* (rápida respuesta) implica fallar en la tarea de *stop* (no detener la respuesta); mientras que el éxito en la tarea *stop* (detener la respuesta) implica fallar en la tarea *go* (respuesta lenta) (Verbruggen y Logan, 2008). Dadas las características de la tarea y de acuerdo con lo reportado por la literatura, se esperaba que los deportistas de artes marciales expertos mostrarán un mejor desempeño (mayor número de respuestas correctas y/o menores tiempos de reacción) durante la tarea c-CPT que los deportistas novatos y del mismo modo la respuesta electrofisiológica, evaluada a través de los PREs mostraría una mayor amplitud y/o menor latencia para el componente P300 y N200, y menor amplitud y/o menor latencia en el componente P200, en los deportistas de artes marciales expertos en comparación con los novatos.

### **Método**

#### **Participantes**

La muestra integrada para este experimento fue la misma que en los experimentos anteriores por lo que estuvo compuesta de 11 deportistas de artes marciales expertos y 10 deportistas de artes marciales novatos siguiendo los mismos criterios de inclusión (Tabla 2)

## **Estímulo**

Las mismas cinco flechas con diferentes orientaciones de los experimentos anteriores (Figura 4) y un tono de 1000 Hz, fueron utilizados para este experimento.

### **Tarea Stop.**

Se empleó una tarea *go*, donde los estímulos eran flechas orientadas en cinco direcciones (de 2.95 cm de ancho y 2.3 cm de alto) presentadas (en blanco con fondo negro) en el centro de la pantalla durante 100 ms (posterior a lo cual la pantalla quedaba en negro); los participantes tenían que responder de la siguiente manera: a) presionando el botón 1 de la caja de respuestas cuando aparecieran las flechas con dirección izquierda e izquierda abajo; b) presionando el botón 2 de la caja de respuesta cuando apareciera la flecha con dirección abajo; y c) presionando el botón 3 de la caja de respuesta cuando aparecieran las flechas con dirección derecha y derecha abajo. El intervalo interestímulo varió entre 1.2 y 1.5s. La señal *stop* era un tono con una duración de 50 ms y una frecuencia de 1000 Hz generado por la computadora y enviado a través de los audífonos a un volumen de 80 dB. La presentación de la señal *stop* ocurría a los 350 ms después de presentada la señal *go*.

La tarea estaba compuesta por seis bloques: cada bloque de estímulos constaba de 100 ensayos, de los cuales el 80% de los ensayos eran *go* y el 20% tenían la señal *stop*, la aparición de ambos tipos de ensayo (ensayos *stop* y ensayos *go*) fue al azar (Tabla 10).

## **Procedimiento**

Para llevar a cabo este experimento se procedió de la misma forma que en los experimentos anteriores para el registro, edición y análisis estadísticos de los datos tanto conductuales como electrofisiológicos. Las ventanas de análisis de los PREs para este

experimento fueron de 350 ms previos a la señal de *stop* (estímulo auditivo) y 1000 ms posteriores.

Tabla 10.

*Presentación de los estímulos para la tarea Stop*

Ensayo <i>Go</i>		
Estímulo	Clasificación	Probabilidad
← ↙	Izquierda	32%
	Responde: botón 1	
↓	Abajo	16%
	Responde: botón 2	
→ ↘	Derecha	32 %
	Responde: botón 2	
Ensayo <i>Stop</i>		
← ↙ ↓ → ↘	Demora	
+		20%
Tono 350ms	Detener la respuesta	

## Resultados

### Conductuales

El análisis de los datos conductuales se realizó independientemente en cada grupo y se hizo la comparación entre los mismos. Las variables a considerar fueron: número de aciertos, errores de omisión, errores de comisión y tiempos de reacción de respuestas correctas. Se tomaron en cuenta dos condiciones: *go* y *stop*. El resultado de los análisis estadísticos de los datos conductuales entre los grupos durante la tarea *stop* con ambos métodos, permutaciones y ANOVA, no arrojó diferencias significativas (Figura 14).

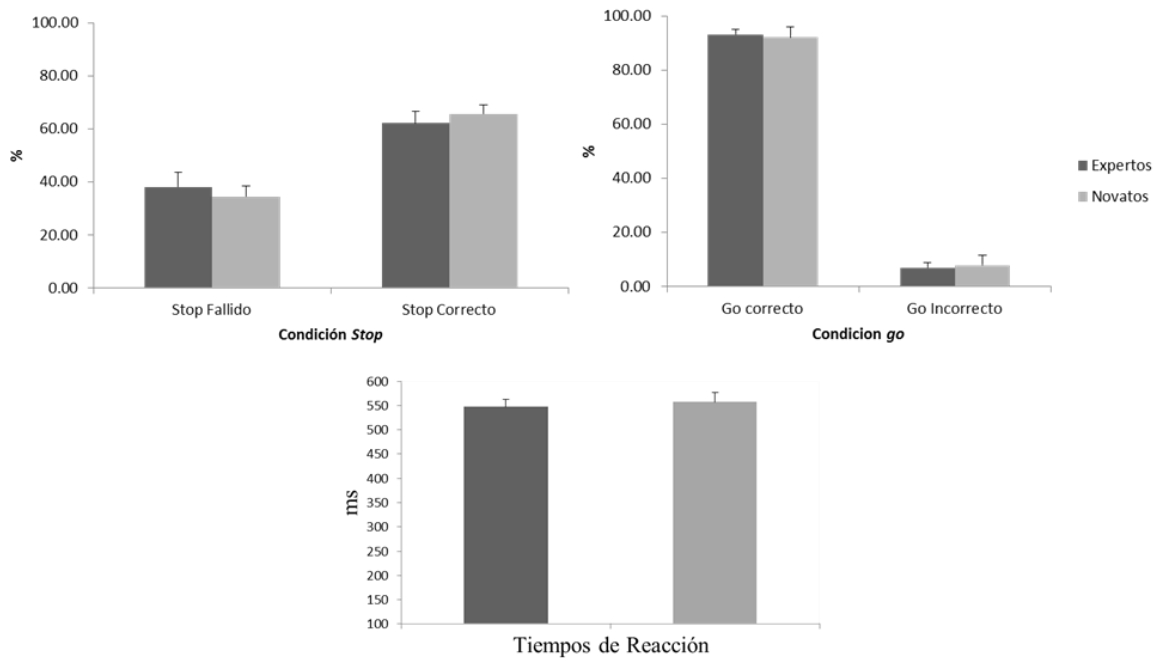


Figura 20. Resultados conductuales de la tarea *Stop*. Se grafican el porcentaje de aciertos, porcentaje de errores de las condiciones *stop* y *go*, y los tiempos de reacción de la condición *go* para ambos grupos. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

### Electrofisiológicos: Permutaciones

Para el análisis de los datos electrofisiológicos de la tarea *Stop* se consideraron ventanas de análisis de -350 a 1000 ms (1350 ms en total) para las condiciones de *Stop* correcto, constituida por el promedio de los estímulos a los que el sujeto debía inhibir su respuesta y lo realizó de manera exitosa; y *Stop* fallido que consistía en el promedio de los estímulos a los que el sujeto debía inhibir su respuesta y no lo realizó de manera exitosa. La condición *Go*, para la cual se consideró el promedio de los estímulos a los que el sujeto fue instruido para responder y el cuál se constituyó únicamente por respuestas correctas, fue alineada con los segmentos de las condiciones *Stop*, considerando desde los 0 (aparición del estímulo visual) hasta los 1350 ms (Kok, Ramautar, De Ruiter, Band y Ridderinkhof,

2004). Las comparaciones realizadas fueron las siguientes: *stop* correcto contra *go*, *stop* fallido contra *go* y la onda diferencia de *stop* correcto-*go* contra la onda diferencia de *stop* fallido-*go* para cada uno de los grupos y la comparación de las condiciones entre los grupos (Bernal, Rodríguez, Pietro y Romero, 2011). Únicamente se reportan las diferencias estadísticamente significativas.

### ***Stop vs. go* Expertos.**

Se comparó la condición *stop* con la condición *go* de la tarea *Stop* para el grupo de expertos con el objetivo de identificar los efectos producidos por la tarea. Los resultados indicaron una onda positiva para la condición *stop* ( $p = 0.04$ ), caracterizada como P300 (280-380 ms) y dos picos negativos de mayor amplitud para la condición *stop* ( $p = 0.02$ ) caracterizados como N150 (102-204 ms) y N200 (210-238 ms). Los resultados se muestran en la Tabla 11, Figuras 21 y 23.

### ***Stop fallido vs. go* Expertos.**

En la comparación de la condición *stop* fallido con la condición *go* de la tarea *Stop* para el grupo de expertos, los resultados indicaron dos picos negativos de mayor amplitud para la condición *stop* fallido ( $p = 0.001$ ) caracterizados como N150 (100-200 ms) y N200 (200-250 ms). Los resultados se muestran en la Tabla 11, Figuras 21 y 23.

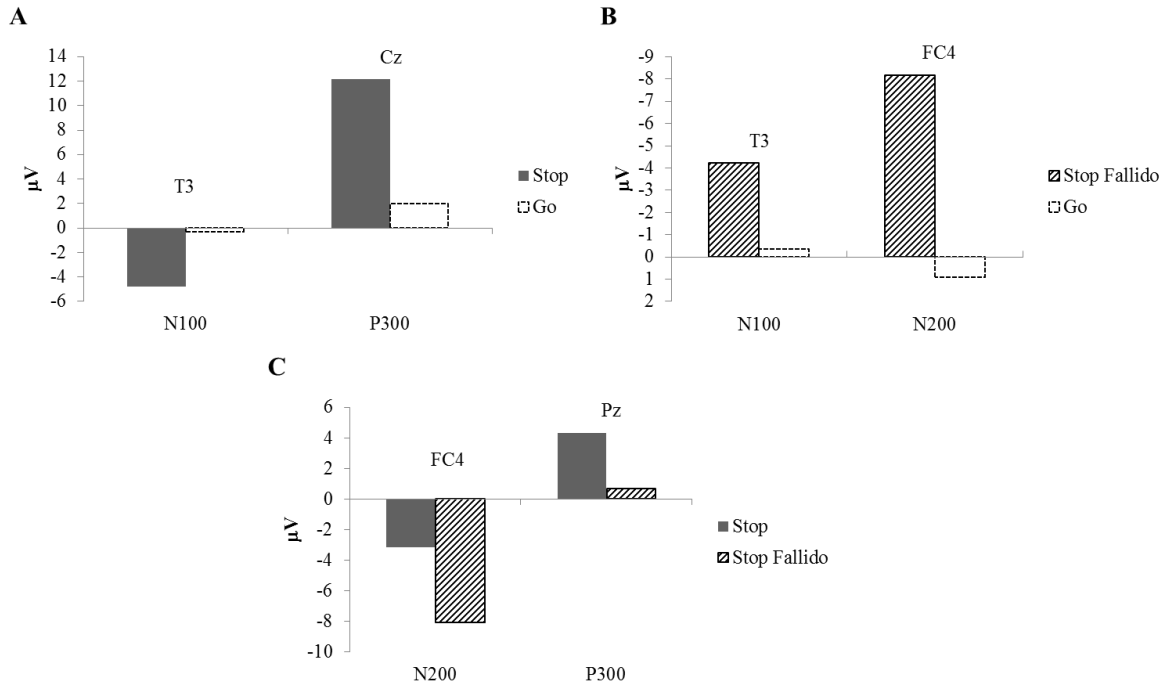
### ***Stop vs. Stop fallido* Expertos.**

En la comparación de la condición *stop* con la condición *stop* fallido de la tarea *Stop* para el grupo de expertos, los resultados indicaron una onda positiva para la condición *stop* ( $p = 0.03$ ), caracterizada como P300 (274-436 ms) y un pico negativo de mayor amplitud para la condición *stop* fallido caracterizada como N200 (200-250 ms). Los resultados se muestran en la Tabla 11, Figuras 21 y 23.

Tabla 11.

*Resultados de los análisis obtenidos mediante permutaciones de la tarea CPT para el grupo de expertos.*

Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq 0.05$	Probabilidad Global
Expertos	<i>Stop</i> > <i>Go</i>	P300	280-380 ms	C3, CZ, F3, FCZ, FC3, FZ	$p = .04$
		N150	102-204 ms	FP1, FPZ, FC3, FZ, FC4, F7, F3, FCZ, F4, F8, FT7, C3, CZ, C4, FT8, T3, CP3, CPZ, CP4, T4, P3, PZ, P4, TP8.	$p = .02$
	<i>Stop fallido</i> > <i>Go</i>	N150	100-200 ms	FP1, FPZ, FT8, FT7, F7, F3, FZ, F4, F8, FC3, FCZ, FC4, T3, T4, C3, CZ, C4, T4, CP3, CPZ, CP4, TP8, PZ, P4.	$p = .001$
		N200	200-250	FT8, FZ, F4, F8, FC4, C4, T4, CP4.	
	<i>Stop</i> > <i>Stop fallido</i>	P300	274-436 ms	FT8, F7, F3, FZ, F4, F8, FC3, FCZ, FC4, T3, T4, C3, CZ, C4, T4, CP3, CPZ, CP4, TP8, P3, PZ, P4.	$p = .03$
		<i>Stop fallido</i> > <i>Stop</i>	N200	200-250 ms	F3, FZ, F4, FC3, FC4, FT8.



**Figura 21.** Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (*Stop*, *Stop* fallido y *Go*) para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea *Stop* en el grupo de deportistas expertos. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (*stop* en color negro y *go* en color blanco) para el rango de los componentes N100 y P300 en los electrodos T3 y Cz, respectivamente. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (*stop* fallido en líneas negras y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes N100 y N200 en los electrodos T3 y FC4, respectivamente; la negatividad está indicada hacia arriba. **C:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (*stop* en color negro y *stop* fallido en líneas negras) para el rango de los componentes N200 y P300 en los electrodos FC4 y Pz, respectivamente.

### ***Stop vs. Go* Novatos.**

Se comparó la condición *stop* con la condición *go* de la tarea *Stop* para el grupo de novatos con el objetivo de identificar los efectos producidos por la tarea. Los resultados indicaron dos picos negativos de mayor amplitud para la condición *stop* ( $p = 0.01$ ) caracterizados como N150 (110-200 ms) y N200 (210-238 ms). Los resultados se muestran en la Tabla 12, Figuras 22 y 23.

### ***Stop fallido vs. Go Novatos.***

En la comparación de la condición *stop* fallido con la condición *go* de la tarea *Stop* para el grupo de novatos, los resultados indicaron dos picos negativos de mayor amplitud para la condición *stop* fallido ( $p = 0.001$ ) caracterizados como N150 (100-200 ms) y N200 (200-250 ms). Los resultados se muestran en la Tabla 12, Figuras 22 y 23.

### ***Stop vs. Stop fallido Novatos.***

En la comparación de la condición *stop* con la condición *stop* fallido de la tarea *Stop* para el grupo de expertos, los resultados indicaron una onda positiva para la condición *stop* ( $p = 0.08$ ), caracterizada como P300 (250-474 ms) y un pico negativo de mayor amplitud para la condición *stop* fallido caracterizada como N150 (120-164 ms). Los resultados se muestran en la Tabla 12, Figuras 22 y 23.

### **Electrofisiológicos: ANOVA.**

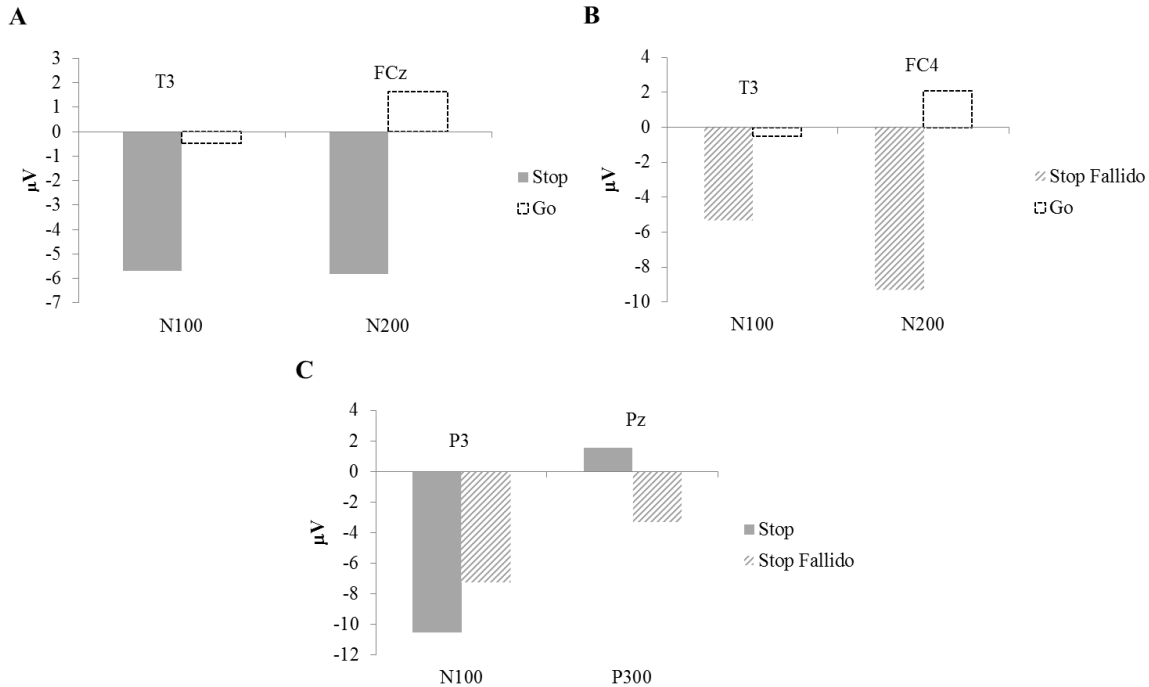
Para el análisis de los datos electrofisiológicos de la tarea *Stop*, con ANOVA, se procedió del mismo modo que en los experimentos anteriores. El análisis se realizó para las condiciones: *Stop*, *Stop* fallido y *Go*. Las ventanas de análisis se seleccionaron mediante inspección visual de los trazos de los Grandes Promedios para cada grupo donde se identificaron los componentes principales de mayor amplitud en toda la topografía. Las ventanas seleccionadas y sus respectivos componentes fueron los siguientes: N150 (130-170 ms), N200 (190-230 ms) y P300 (280-380). Los resultados del análisis no mostraron diferencias significativas entre los grupos.



Tabla 12.

*Resultados de los análisis obtenidos mediante permutaciones de la tarea CPT para el grupo de novatos.*

Grupo	Comparación	Componente	Rango	Derivaciones con $p \leq 0.05$	Probabilidad Global
Novatos	<i>Stop</i> > <i>Go</i>	N150	110-200 ms	FP1, FPZ, FP2, FC3, FZ, FC4, F7, F3, FCZ, F4, F8, FT7, C3, CZ, C4, FT8, T3, CP3, CPZ, CP4, T4, P3, PZ, P4, TP7.	$p = .01$
		N200	210-238 ms	FZ, F3, F4, F8, FCZ, FC4, C4, T4, P3, CP4, P4, OZ.	
	<i>Stop fallido</i> > <i>Go</i>	N150	100-200 ms	FP1, FPZ, FT8, FT7, F7, F3, FZ, F4, F8, FC3, FCZ, FC4, T3, T4, C3, CZ, C4, T4, CP3, CPZ, CP4, TP8, PZ, P4.	$p = .001$
		N200	200-250	FP1, FPZ, FP2, FT8, F3, FZ, F4, F8, FC3, FCZ, FC4, C4, CPZ, CP3, P3, P4, CP4, O1, OZ, O2.	
	<i>Stop</i> > <i>Stop fallido</i>	P300	250-474 ms	FP1, FPZ, FP2, F3, FCZ, FC3, CPZ, PZ.	$p = .08$
	<i>Stop fallido</i> > <i>Stop</i>	N150	120-164 ms	CP3, P3.	



**Figura 22.** Diferencias significativas en la amplitud media entre condiciones (*stop*, *stop* fallido y *go*) para diferentes componentes y electrodos analizados mediante permutaciones en la tarea *Stop* en el grupo de deportistas novatos. **A:** Diferencias significativas ( $p < .05$ ) de amplitud media entre condiciones (*stop* en color gris y *go* en color blanco) para el rango de los componentes N100 y N200 en los electrodos T3 y FCz, respectivamente. **B:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (*stop* fallido en líneas grises y no blanco en color blanco) para el rango de los componentes N100 y N200 en los electrodos T3 y FC4, respectivamente. **C:** Diferencias significativas de amplitud media ( $p < .05$ ) entre condiciones (*stop* en color gris y *stop* fallido en líneas grises) para el rango de los componentes N100 y P300 en los electrodos Pz y P3, respectivamente.

## Discusión

La hipótesis respecto a este experimento proponía que los deportistas de artes marciales expertos mostrarían un mejor desempeño durante la tarea c-CPT que los deportistas novatos y que la respuesta electrofisiológica mostraría una mayor amplitud y/o menor latencia para el componente P300 y N200, y menor amplitud y/o menor latencia en el componente P200, en los deportistas de artes marciales expertos en comparación con los novatos. La hipótesis no fue comprobada, sin embargo se muestran los hallazgos de este experimento.

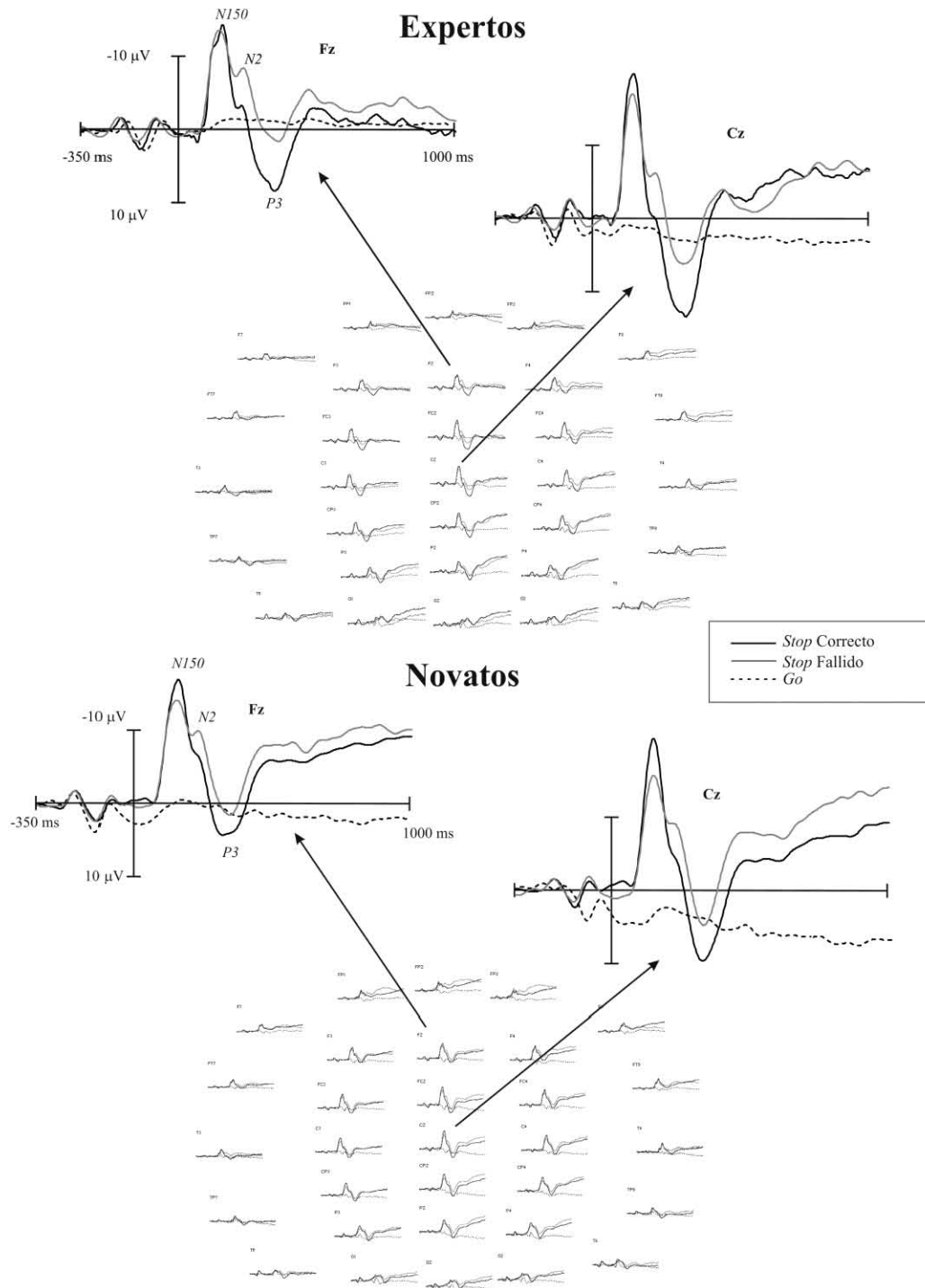


Figura 23. Grandes Promedios de las condiciones *Stop* (línea negra), *Stop* fallido (línea gris) y *Go* (línea discontinua) de la tarea *Stop* para ambos grupos (expertos arriba y novatos abajo). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Los componentes identificados mediante permutaciones son indicados.

De acuerdo con los análisis estadísticos, mediante permutaciones, para la comparación entre condiciones para cada uno de los grupos, se observaron mayores amplitudes en la condición *stop* comparada con la condición *go*, en los componentes N150 y N200 para ambos grupos, y P300 para el grupo de deportistas expertos. En la comparación de las condiciones *stop fallido* y *go*, se encontró mayor amplitud en los componentes N150 y N200 en la condición *stop fallido* en ambos grupos. La comparación entre grupos con ambos métodos, permutaciones y ANOVA, no mostraron diferencias significativas.

El componente N150, con una distribución fronto-central ha sido relacionado con la respuesta a estímulos auditivos (Näätänen y Picton, 1987) que, en el caso particular de la presente investigación, se relaciona con el estímulo *stop* y que tuvo una respuesta semejante en ambos grupos. En el caso del componente N200, con una distribución anterior, es característico de tareas *stop* y se encuentra relacionado al control cognitivo (inhibición de la respuesta, respuesta ante conflictos y monitoreo del error) (Folstein y Van Petten, 2008; Bruin y Wijers, 2002; Pfefferbaum, Ford, Weller y Kopell, 1985); en el presente experimento, ambos grupos presentaron un comportamiento semejante de este componente.

La aparición del componente P300 en los deportistas expertos en la condición *stop* comparada con la condición *go*, tuvo una topografía principalmente anterior y cualitativamente diferenció a los grupos, ya que mediante el análisis por permutaciones, los novatos no presentaron el efecto P300 de manera significativa. De acuerdo con la literatura, en tareas *stop* es más característico identificar un componente P300 parietal (P3b), pues refleja la integración de los procesos entre la percepción y la acción, así como los procesos de actualización de memoria (Upton, Enticott, Croft, Cooper y Fitzgerald, 2010). Sin

embargo Folstein y Van Petten (2008), han propuesto una asociación entre un N200 anterior y una P300 anterior en tareas de inhibición. También se ha propuesto que el componente N200 que antecede a la P300, refleja principalmente el monitoreo del conflicto (Huster et al., 2009; Donkers y van Boxtel, 2004; Nieuwenhuis, Yeung, van den Wildenberg y Ridderinkhof, 2003), mientras que la P300 refleja la preparación/inhibición motora. Estudios recientes proponen que los procesos de inhibición motora involucran envuelven, crucialmente, la generación de la P300. Se ha propuesto que la P300 diferencia mejor entre la ejecución e inhibición de una respuesta (Ramautar, Kok y Ridderinkhof, 2006; Dimoska, Johnstone y Barry, 2006), por lo que descriptivamente se puede sugerir una mejor respuesta de inhibición motora en los deportistas expertos, quienes expresaron en mayor medida el componente en el análisis intragrupo.

Para ambos grupos, la comparación de la condición de *stop* fallido con la condición *go* siguió un patrón semejante que en la primera comparación, con la variante de que en este caso, en ambos grupos, no se hizo evidente el efecto P300. De acuerdo con lo anterior, esto soportaría la hipótesis, en el caso de los deportistas expertos, que la inhibición de la respuesta está fuertemente vinculada con la presencia y amplitud del componente P300 en tareas *stop*.

La comparación entre las condiciones *stop* y *stop* fallido, mostró una mayor amplitud del componente P300 en la condición *stop* en ambos grupos. Nuevamente, este hallazgo se encuentra vinculado a la hipótesis de que el componente P300 refleja el proceso de inhibición de la respuesta. Otro hallazgo que cualitativamente diferenció a los grupos fue una mayor amplitud del componente N200 en la condición *stop* fallido únicamente en los deportistas expertos, lo que ha sido reportado en estudios previos donde se ha encontrado que la amplitud de la N200 es mayor para los ensayos de *stop* fallido que para los ensayos

*stop* (van Boxtel, van der Molen, Jennings y Brunia, 2001). Una hipótesis en torno a este comportamiento, es que en los ensayos fallidos, los participantes ya son conscientes de que la señal de *stop* va a ser ineficaz, lo que se traduce en un aumento de la “significación” del estímulo y la amplitud de la N200 (Ramautar, Kok y Ridderinkhof, 2004). Una interpretación alternativa, es que la N200 en ensayos fallidos se compone de una N200 y además de una negatividad relacionada al error, provocada por la realización de un error inminente, lo que incrementa su amplitud (Enriquez-Geppert, Konrad, Pantev y Huster, 2010). Otro aspecto en el que difirieron los grupos fue en la amplitud del componente N150, donde el grupo de novatos presentó mayor amplitud en la condición *stop*; dado que este componente refleja el efecto del estímulo auditivo que señala el *stop*, es probable que el grupo de deportistas novatos presentara un menor efecto del estímulo señal de *stop*, que aunado a que no se encontraron diferencias significativas en el componente N200, pudiera sugerir una menor capacidad para percatarse del error rápidamente.

En resumen, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, para la comparación de las condiciones de la tarea *stop*, sin embargo, los deportistas expertos mostraron con mayor claridad las diferencias entre condiciones de acuerdo con los hallazgos reportados en estudios previos; por lo que una interpretación cualitativa de los datos puede sugerir un mecanismo de inhibición más claro en este grupo, que probablemente no se pudo hacer evidente de manera significativa entre los grupos por factores como los criterios de inclusión, que exigían que los sujetos obtuvieran puntuaciones normales en las evaluaciones psicológicas y neurológicas; o las diferencias en el entrenamiento de la autorregulación, característico de las artes marciales, entre las tres distintas disciplinas (judo, taekwondo y kung-fu) o los pequeños tamaños de muestra del estudio.

## Discusión General

El objetivo de este estudio fue identificar las diferencias en la atención e inhibición entre deportistas de artes marciales expertos y novatos durante tres diferentes tipos de tarea: tarea de atención sostenida, tarea de atención transitoria y tarea de inhibición motora para estudiar los efectos del entrenamiento y la experiencia deportiva a través de los PREs

Los datos conductuales no mostraron diferencias significativas entre los grupos. Una explicación podría ser que los estímulos eran demasiado fáciles como para producir las diferencias esperadas ya que la mayoría de los estudios con PREs usan tareas con estímulos relacionados a elementos deportivos, lo que incrementa la dificultad de la tarea y produce una ventaja en el desempeño en los deportistas de mayor experiencia en comparación con novatos o no deportistas. Sin embargo, los datos electrofisiológicos pueden ofrecer un análisis más detallado sobre los procesos cognitivos durante la ejecución de la tarea (Gazzaniga, 2000), por lo tanto, se analizaron los PREs.

Para el caso de los dos primeros experimentos, donde se encontraron diferencias significativas en los PREs entre los grupos, se ha propuesto que las tareas de atención sostenida y atención transitoria se refieren a dos tipos diferentes de procesos cognitivos (Smid, de Witte, Homminga y van den Bosch, 2006). Teniendo en cuenta que durante el entrenamiento y la competencia se requieren ambas, se pudieran prever diferencias entre los grupos por efecto de la experiencia deportiva.

Los resultados de los análisis de los datos electrofisiológicos para los dos primeros experimentos mostraron diferencias significativas entre los grupos, y estas diferencias eran distintas, dependiendo del tipo de tarea. Los resultados de la tarea CPT indican mayores amplitudes en P100 y P200 en los expertos que los novatos cuando se compararon las condiciones blanco contra no-blanco, y se observó el efecto contrario para la N200.

Los datos sugieren que los deportistas expertos tuvieron mejores habilidades de atención, sobre todo en las primeras etapas de la tarea, y que esto se reflejó en los PREs cuando la tarea requería de una atención sostenida y controlada. El efecto opuesto se produjo en la tarea c-CPT, en la que los novatos mostraron mayores amplitudes en los componentes positivos, mientras que los expertos mayor amplitud en el componente CNV. Al parecer, los deportistas expertos muestran una mayor facilitación del estímulo señal, lo que les permitió una mejor economía de recursos neuronales y la posibilidad de una respuesta más "automática" a los estímulos relevantes.

Se han propuesto dos clases de mecanismo de procesamiento atencional: automático y controlado (Schneider y Shiffrin, 1977; Shiffrin y Schneider, 1977). Los procesos automáticos son rápidos, inflexibles y consumen poca capacidad de atención. Por el contrario, el procesamiento controlado es lento y exige mucha atención y control de los participantes. En el presente estudio, los expertos mostraron una mayor respuesta de amplitud en los componentes que podrían estar relacionados con el control de la atención en las tareas CPT, en la que se exigía una atención más sostenida. En la tarea c-CPT de atención transitoria, los atletas expertos mostraron menores amplitudes en los distintos componentes posteriores a la presentación del estímulo, relacionados con el procesamiento perceptual y cognoscitivo; y mayor amplitud en el componente CNV relacionado con la anticipación y preparación de la respuesta motora, lo que sugiere mejores habilidades en el procesamiento de la información de forma más automática después del estímulo señal, en comparación con los novatos.

En el tercer experimento, no se encontraron diferencias entre los grupos, sin embargo el análisis intragrupo de las condiciones mostró, cualitativamente, diferencias que



sugieren una respuesta más clara de los procesos de inhibición motora en los deportistas expertos que en los novatos.

## **Conclusión**

Los resultados indicaron diferencias en los PREs entre los deportistas expertos y novatos durante las tareas de atención, y sugirieron, cualitativamente, diferencias en la tarea de inhibición. Los deportistas expertos mostraron mayores amplitudes de los componentes tempranos durante la tarea de atención sostenida, lo que puede indicar una mejor atención controlada. Las menores amplitudes en los componentes positivos y la mayor amplitud de la CNV, en los expertos, durante la tarea de atención transitoria, indica una mayor facilitación del estímulo señal y una respuesta más automática en este grupo. No se encontraron diferencias significativas durante la tarea de inhibición. En general, existen diferencias en los procesos de atención entre los atletas expertos y novatos, dependiendo de los requisitos de la tarea.

## Referencias

- Abernethy, B. y Russell, D. G. (1987). Expert-Novice Differences in an Applied Selective Attention Task *Journal of Sport Psychology*, 9(4), 326-345.
- Anshel, M. H. y Payne, J. M. (2006). Application of Sport Psychology for Optimal Performance in Martial Arts. En J. Dosil (Ed.), *The Sport Psychologist's Handbook . A Guide for Sport-Specific Performance Enhancement* (pp. 353-374). Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons
- Arito, H. y Oguri, M. (1990). Contingent negative variation and reaction time of physically-trained subjects in simple and discriminative tasks. *Industrial Health*, 28(2), 97-106.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 49(1), 5-28. doi: 10.1080/027249896392784
- Baerentsen, K. B., Hartvig, N. V., Stokilde-Jorgensen, H. y Mammen, J. (2001). Onset of meditation explored with fMRI. *Neuroimage*, 13(6), S297-S297.
- Band, G. P., Ridderinkhof, K. R. y van der Molen, M. W. (2003). Speed-accuracy modulation in case of conflict: the roles of activation and inhibition. *Psychological Research*, 67(4), 266-279. doi: 10.1007/s00426-002-0127-0
- Barch, D. M., Carter, C. S., Braver, T. S., Sabb, F. W., MacDonald, A., 3rd, Noll, D. C. y Cohen, J. D. (2001). Selective deficits in prefrontal cortex function in medication-naive patients with schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 58(3), 280-288. doi: yoa20124
- Barinaga, M. (2003). Buddhism and neuroscience. Studying the well-trained mind. *Science*, 302(5642), 44-46. doi: 10.1126/science.302.5642.44
- Beck, L. H., Bransome, E. D., Jr., Mirsky, A. F., Rosvold, H. E. y Sarason, I. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting and*

*Clinical Psychology*, 20(5), 343-350.

Bernal, J., Rodríguez, M., Pietro, B. y Romero, H. (2011). Potenciales relacionados con eventos (PRE): técnicas y métodos de registro. In J. Silva-Pereyra (Ed.), *Métodos en Neurociencias Cognoscitivas* (pp. 68-84). México D.F.: Manual Moderno.

Bin, W., Xingdong, L. y Gongbao, Y. (2004). *El Poder Del Kung-Fu: Guía Practica de Las Artes Marciales de China*. México, D.F.: Quarzo.

Blumenstaein, B., Bar-Eli, M. y Tenenbaum, G. (2002). *Brain and Body in Sport and Exercise*. U.S.A: Wiley

Braver, T. S., y Cohen, J. (2002). On the control of control: the role of dopamine in regulating prefrontal function and working memory. En S. Monsell, Driver, J. (Ed.), *Control of cognitive processes: attention and performance XVIII*. (pp. 715-736). Cambridge, MA: MIT Press.

Braver, T. S. y Cohen, J. D. (1999). Dopamine, cognitive control, and schizophrenia: the gating model. *Progress in Brain Research*, 121, 327-349.

Brazdil, M., Rektor, I., Daniel, P., Dufek, M. y Jurak, P. (2001). Intracerebral event-related potentials to subthreshold target stimuli. *Clinical Neurophysiology*, 112(4), 650-661. doi: S1388-2457(01)00463-1

Brazdil, M., Roman, R., Daniel, P. y Rektor, I. (2003). Intracerebral somatosensory event-related potentials: effect of response type (button pressing versus mental counting) on P3-like potentials within the human brain. *Clinal Neurophysiology*, 114(8), 1489-1496. doi: S1388245703001354

Brefczynski-Lewis, J. A., Lutz, A., Schaefer, H. S., Levinson, D. B. y Davidson, R. J. (2007). Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*

*of America*, 104(27), 11483-11488. doi: 10.1073/pnas.0606552104

Brocke, B. (2004). The multilevel approach in sensation seeking: potentials and findings of a four level research program. En R. M. Stelmack (Ed.), *On the psychobiology of personality*. Amsterdam: Aleservier.

Brocke, B., Tasche, K. G. y Beauducel, A. (1997). Biopsychological foundations of extraversion: differential effort reactivity and state control. *Personality and Individual Differences*, 22.

Bruin, K. J. y Wijers, A. A. (2002). Inhibition, response mode, and stimulus probability: a comparative event-related potential study. *Clinical Neurophysiology*, 113(7), 1172-1182. doi: S1388245702001414

Brunia, C. H. (1993). Waiting in readiness: gating in attention and motor preparation. *Psychophysiology*, 30(4), 327-339.

Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R. y Schacter, D. L. (2008). The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1-38. doi: 10.1196/annals.1440.0111124/1/1

Burle, B., Possamaï, C., Vidal, F., Bonnet, M. y Hasbroucq, T. (2002). Executive control in the Simon effect: an electromyographic and distributional analysis. *Psychological Research*, 66(4), 324-336.

Bush, G., Luu, P. y Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn Sci*, 4(6), 215-222. doi: S1364-6613(00)01483-2

Carlson, N. R. (2006). *Fisiología de la Conducta* (8 ed.). Barcelona: Pearson.

Cerf-Ducastel, B., Ven de Moortele, P. F., MacLeod, P., Le Bihan, D. y Faurion, A. (2001). Interaction of gustatory and lingual somatosensory perceptions at the cortical level in the human: a functional magnetic resonance imaging study. *Chemical Senses*,

26(4), 371-383.

- Chun, M. M., Golomb, J. D. y Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual Review of Psychology*, 62, 73-101. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.100427
- Churchill, J. D., Galvez, R., Colcombe, S., Swain, R. A., Kramer, A. F. y Greenough, W. T. (2002). Exercise, experience and the aging brain. *Neurobiology Aging*, 23(5), 941-955. doi: S0197458002000283
- Cohen, J. D., Barch, D. M., Carter, C. y Servan-Schreiber, D. (1999). Context-processing deficits in schizophrenia: converging evidence from three theoretically motivated cognitive tasks. *Journal of Abnormal Psychology*, 108(1), 120-133.
- Cohen, J. D. y Servan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex, and dopamine: a connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99(1), 45-77.
- Cohen, J. D. y Servan-Schreiber, D. (1992). Context, cortex, and dopamine: a connectionist approach to behavior and biology in schizophrenia. *Psychological Review*, 99(1), 45-77.
- Colcombe, A. M., Kramer, A. F., Irwin, D. E., Peterson, M. S., Colcombe, S. y Hahn, S. (2003). Age-related effects of attentional and oculomotor capture by onsets and color singletons as a function of experience. *Acta Psychologica (Amst)*, 113(2), 205-225. doi: S0001691803000192
- Colcombe, S. y Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N., Webb, A. G., Cohen, N. J., McAuley, E. y Kramer, A. F. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans.

- Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), 176-180.
- Coles, M. G. H. y Rugg, M. D. (1995). Event-related brain potentials: An introduction. In M. D. Rugg y M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition* (pp. 1-26). New York: Oxford University Press.
- Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte (2008). *Taekwondo* (Vol. 33). México: CONADE.
- Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., McAvoy, M. P. y Shulman, G. L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nature Neuroscience*, 3(3), 292-297. doi: 10.1038/73009
- Corbetta, M. y Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Review Neuroscience*, 3(3), 201-215. doi: 10.1038/nrn755
- Cornblatt, B. A., Risch, N. J., Faris, G., Friedman, D. y Erlenmeyer-Kimling, L. (1988). The Continuous Performance Test, identical pairs version (CPT-IP): I. New findings about sustained attention in normal families. *Psychiatry Research*, 26(2), 223-238. doi: 0165-1781(88)90076-5
- De Jong, R., Coles, M. G., Logan, G. D. y Gratton, G. (1990). In search of the point of no return: the control of response processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(1), 164-182.
- de la Torre, G. G. (2002). El Modelo Funcional de la Atención en Neuropsicología. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 55(1).
- de Pascalis, V. (2004). On the psychophysiology of extraversion. En R. M. Stelmack (Ed.), *On the psychobiology of personality*. Amsterdam: Elsevier.
- de Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. México D.F.: Alianza

Psicología.

- del Monte, L. (2005). Relación entre la capacidad de concentración de la atención y el rendimiento en las judokas del Equipo Nacional de Cuba. *ef deportes*, 87(10), 1-1.
- Del Percio, C., Babiloni, C., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Vecchio, F., . . . Eusebi, F. (2009). "Neural efficiency" of athletes' brain for upright standing: a high-resolution EEG study. *Brain Research Bulletin*, 79(3-4), 193-200. doi: S0361-9230(09)00061-6
- Dimoska, A., Johnstone, S. J. y Barry, R. J. (2006). The auditory-evoked N2 and P3 components in the stop-signal task: indices of inhibition, response-conflict or error-detection? *Brain and Cognition*, 62(2), 98-112. doi: S0278-2626(06)00076-5
- Donchin, E. (1981). Presidential address, 1980. Surprise!...Surprise? *Psychophysiology*, 18(5), 493-513.
- Donchin, E., Ritter, W. y McCallum, C. (1978). Cognitive psychophysiology: the endogenous components of the ERP. En P. Callaway, P. Tueting y S. Koslow (Eds.), *Brain-event related potentials in man*. New York: Academic Press.
- Donkers, F. C. y van Boxtel, G. J. (2004). The N2 in go/no-go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain and Cognition*, 56(2), 165-176. doi: S0278-2626(04)00176-9
- Duncan-Johnson, C. C. y Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: the variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 14(5), 456-467.
- Duncan-Johnson, C. C. y Donchin, E. (1982). The P300 component of the event-related brain potential as an index of information processing. *Biological Psychology*, 14(1-2), 1-52.

- Dunn, B. R., Hartigan, J. A. y Mikulas, W. L. (1999). Concentration and mindfulness meditations: unique forms of consciousness? *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 24(3), 147-165.
- Emmerson, R. Y., Dustman, R. E., Shearer, D. E. y Turner, C. W. (1989). P3 latency and symbol digit performance correlations in aging. *Experimental Aging Research*, 15(3-4), 151-159. doi: 10.1080/03610738908259769
- Enriquez-Geppert, S., Konrad, C., Pantev, C. y Huster, R. J. (2010). Conflict and inhibition differentially affect the N200/P300 complex in a combined go/nogo and stop-signal task. *Neuroimage*, 51(2), 877-887. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.02.043  
S1053-8119(10)00211-9 [pii]
- Epstein, J. N., Johnson, D. E., Varia, I. M. y Conners, C. K. (2001). Neuropsychological assessment of response inhibition in adults with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(3), 362-371. doi: 10.1076/jcen.23.3.362.1186
- Fabiani, M., Karis, D. y Donchin, E. (1986). P300 and recall in an incidental memory paradigm. *Psychophysiology*, 23(3), 298-308.
- Fabiani, M., Karis, D. y Donchin, E. (1990). Effects of mnemonic strategy manipulation in a Von Restorff paradigm. *Electroencephalographic and Clinical Neurophysiology*, 75(2), 22-35.
- Fallgatter, A. J. (2001). Electrophysiology of the prefrontal cortex in healthy controls and schizophrenic patients: a review. *Journal of Neural Transmission*, 108(6), 679-694.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I. y Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *Neuroimage*, 26(2), 471-479. doi: S1053-8119(05)00098-4
- Fitzgerald, P. G. y Picton, T. W. (1984). The effects of probability and discriminability on



- the evoked potentials to unpredictable stimuli. *Ann N Y Acad Sci*, 425, 199-203.
- Fjell, A. M. y Walhovd, K. B. (2001). P300 and neuropsychological tests as measures of aging: scalp topography and cognitive changes. *Brain Topography*, 14(1), 25-40.
- Flint, R. W., Jr. y Turek, C. (2003). Glucose effects on a continuous performance test of attention in adults. *Behavioral Brain Research*, 142(1-2), 217-228. doi: S0166432803000020
- Folstein, J. R. y Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review. *Psychophysiology*, 45(1), 152-170. doi: PSYP602
- Fontani, G. y Lodi, L. (2002). Reactivity and event-related potentials in attentional tests: effect of training. *Perceptual and Motor Skills*, 94(3 Pt 1), 817-833.
- Fontani, G., Lodi, L., Felici, A., Migliorini, S. y Corradeschi, F. (2006). Attention in athletes of high and low experience engaged in different open skill sports. *Perceptual and Motor Skills*, 102(3), 791-805. doi: 10.2466/Pms.102.3.791-805
- Fontani, G., Maffei, D., Cameli, S. y Polidori, F. (1999). Reactivity and event-related potentials during attentional tests in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 80(4), 308-317.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198. doi: 0022-3956(75)90026-6
- Fox, M. D., Corbetta, M., Snyder, A. Z., Vincent, J. L. y Raichle, M. E. (2006). Spontaneous neuronal activity distinguishes human dorsal and ventral attention systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(26), 10046-10051. doi: 0604187103

- Funes, M. J. y Lupiáñez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: una tarea para medir las funciones atencionales de Orientación, Alerta y Control Cognitivo y la interacción entre ellas. *Psichotema*, 15(2).
- Fuster, M. J. (2008). *The prefrontal cortex* (4 ed.). USA: Elsevier.
- Gazzaniga, M. N. (2000). *The new cognitive neurosciences*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Goldberg, T. E. y Weinberger, D. R. (1995). Thought disorder, working memory and attention: interrelationships and the effects of neuroleptic medications. *International Clinical Psychopharmacology*, 10 Suppl 3, 99-104.
- Gusnard, D. A., Akbudak, E., Shulman, G. L. y Raichle, M. E. (2001). Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: Relation to a default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(7), 4259-4264.
- Hack, J., Memmert, D. y Rupp, A. (2009). Attentional mechanisms in sports via brain-electrical event-related potentials. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 80(4), 727-738.
- Halgren, E., Squires, N. K., Wilson, C. L., Rohrbaugh, J. W., Babb, T. L. y Crandall, P. H. (1980). Endogenous potentials generated in the human hippocampal formation and amygdala by infrequent events. *Science*, 210(4471), 803-805.
- Hamon, J. F. y Seri, B. (1989). Cortical reactivity during reaction time tests in sprinters. *Clinical Neurophysiology*, 19(2), 109-122.
- Harre, D. (1987). *Teoría del Entrenamiento Deportivo*. Buenos Aires, Argentina: Estadium.
- Hatzigeorgiadis, A. y Biddle, S. J. (2002). Cognitive interference during competition among volleyball players with different goal orientation profiles. *Journal of Sports Sciences*, 20(9), 707-715. doi: 10.1080/026404102320219419

- He, B. J., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Epstein, A., Shulman, G. L. y Corbetta, M. (2007). Breakdown of functional connectivity in frontoparietal networks underlies behavioral deficits in spatial neglect. *Neuron*, 53(6), 905-918. doi: S0896-6273(07)00112-2
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B. y Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*, 45(1), 114-129. doi: 10.1037/a0014437
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. y Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65. doi: nrn2298
- Hillman, C. H., Kramer, A. F., Belopolsky, A. V. y Smith, D. P. (2006). A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, 59(1), 30-39. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2005.04.009
- Hillman, C. H., Motl, R. W., Pontifex, M. B., Posthuma, D., Stubbe, J. H., Boomsma, D. I. y de Geus, E. J. (2006). Physical activity and cognitive function in a cross-section of younger and older community-dwelling individuals. *Health Psychology*, 25(6), 678-687. doi: 2006-20659-003
- Hillman, C. H., Weiss, E. P., Hagberg, J. M. y Hatfield, B. D. (2002). The relationship of age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology*, 39(3), 303-312. doi: 10.1017.S0048577201393058
- Hillyard, S. A. y Picton, T. W. (1987). Electrophysiology of cognition. En F. Plum (Ed.), *Handbook of Physiology, The Nervous System, Higher Functions of the Brain* (pp.

- 519-584). Bethesda: Waverly Press.
- Holzel, B. K., Ott, U., Hempel, H., Hackl, A., Wolf, K., Stark, R. y Vaitl, D. (2007). Differential engagement of anterior cingulate and adjacent medial frontal cortex in adept meditators and non-meditators. *Neuroscience Letters*, *421*(1), 16-21. doi: S0304-3940(07)00451-X
- Hung, T.-M., Spalding, T. W., Santa María, D. L. y Hatfield, B. D. (2004). Assessment of Reactive Motor Performance With Event-Related Brain Potentials: Attention Processes in Elite Table Tennis Players. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *26*(2).
- Huster, R. J., Wolters, C., Wollbrink, A., Schweiger, E., Wittling, W., Pantev, C. y Junghofer, M. (2009). Effects of anterior cingulate fissurization on cognitive control during stroop interference. *Human Brain Mapping*, *30*(4), 1279-1289. doi: 10.1002/hbm.20594
- Isreal, J. B., Chesney, G. L., Wickens, C. D. y Donchin, E. (1980). P300 and tracking difficulty: evidence for multiple resources in dual-task performance. *Psychophysiology*, *17*(3), 259-273.
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology* (Vol. 1). New York: Henry Holt.
- Jin, H., Xu, G., Zhang, J. X., Gao, H., Ye, Z., Wang, P., . . . Lin, C. D. (2011). Event-related potential effects of superior action anticipation in professional badminton players. *Neuroscience Letters*, *492*(3), 139-144. doi: S0304-3940(11)00120-0
- Jodo, E. y Kayama, Y. (1992). Relation of a negative ERP component to response inhibition in a Go/No-go task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *82*(6), 477-482.
- Johnson, R., Jr. (1989). Developmental evidence for modality-dependent P300 generators:

- a normative study. *Psychophysiology*, 26(6), 651-667.
- Johnson, R., Jr. y Donchin, E. (1982). Sequential expectancies and decision making in a changing environment: an electrophysiological approach. *Psychophysiology*, 19(2), 183-200.
- Johnson, R., Jr., Pfefferbaum, A. y Kopell, B. S. (1985). P300 and long-term memory: latency predicts recognition performance. *Psychophysiology*, 22(5), 497-507.
- Karis, D., Druckman, D., Lissak, R. y Donchin, E. (1984). A psychophysiological analysis of bargaining. ERPs and facial expressions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 425, 230-235.
- Knight, R. (1990). Neural mechanisms of event-related potentials from human lesion studies. En J. Rohrbaugh, R. Parasuraman y R. Johnson (Eds.), *Event-related brain potentials: basic issues and applications* (pp. 3-18). New York: Oxford University Press.
- Knight, R. (1996). Contribution of human hippocampal region to novelty detection. *Nature*, 383(6597), 256-259. doi: 10.1038/383256a0
- Knight, R. T. (1984). Decreased response to novel stimuli after prefrontal lesions in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59(1), 9-20.
- Knight, R. T. (1997). Distributed cortical network for visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience* 9(1), 75-91.
- Knight, R. T., Grabowecy, M. F. y Scabini, D. (1995). Role of human prefrontal cortex in attention control. *Advances in Neurology*, 66, 21-34.
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 38(3), 557-577.
- Kok, A., Ramautar, J. R., De Ruiter, M. B., Band, G. P. y Ridderinkhof, K. R. (2004). ERP

- components associated with successful and unsuccessful stopping in a stop-signal task. *Psychophysiology*, 41(1), 9-20. doi: 10.1046/j.1469-8986.2003.00127.x
- Kramer, A. F., Wickens, C. D. y Donchin, E. (1985). Processing of stimulus properties: evidence for dual-task integrality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(4), 393-408.
- Kutas, M., McCarthy, G. y Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197(4305), 792-795.
- Lakes, K. D. y Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Applied Developmental Psychology*, 25, 283–302. doi: 10.1016/j.appdev.2004.04.002
- Lavallee, D., Kremer, J., Moran, A. P. y Williams, M. (2004). *Sport Psychology. Contemporary Themes*. Londres: Macmillan
- Leark, R. A., Greenberg, L. M., Kindschi, C. L., Dupuy, T. R. y Hughes, S. J. (2007). *T.O.V.A. Professional Manual. Test Of Variables of Attention Continuous Performance Test*. CA USA: T.O.V.A Company.
- Lindholm, E. y Koriath, J. J. (1985). Analysis of multiple event related potential components in a tone discrimination task. *International Journal of Psychophysiology*, 3(2), 121-129.
- Logan, G. D. (1985). Executive control of thought and action. *Acta Psychologica*, 60(2–3), 193-210. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(85\)90055-1](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(85)90055-1)
- Logan, G. D., Cowan, W. B. y Davis, K. A. (1984). On the ability to inhibit simple and choice reaction time responses: a model and a method. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(2), 276-291.
- Loveless, N. E. y Sanford, A. J. (1974). Slow potential correlates of preparatory set.

*Biological Psychology*, 1(4), 303-314.

- Lu, B. y Chow, A. (1999). Neurotrophins and hippocampal synaptic transmission and plasticity. *Journal of Neuroscience Research*, 58(1), 76-87. doi: 10.1002/(SICI)1097-4547(19991001)58:1<76::AID-JNR8>3.0.CO;2-0
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge: MITPress.
- Luck, S. J., Girelli, M., McDermott, M. T. y Ford, M. A. (1997). Bridging the gap between monkey neurophysiology and human perception: an ambiguity resolution theory of visual selective attention. *Cognitive Psychology*, 33(1), 64-87. doi: S0010-0285(97)90660-5
- Luck, S. J. y Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31(3), 291-308.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G. y Donchin, E. (1984). On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation processes. *Psychophysiology*, 21(2), 171-186.
- Mahlo, F. (1985). *La acción táctica en el juego*. Ciudad de la Habana: Pueblo y Educación.
- Marteniuck, R. G. (1976). *Information processing in motor skills*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- McCarthy, G., Wood, C. C., Williamson, P. D. y Spencer, D. D. (1989). Task-dependent field potentials in human hippocampal formation. *Journal of Neuroscience*, 9(12), 4253-4268.
- Meneses, O. S. (2001). Neurofisiología de la Atención: Potenciales Relacionados con Eventos. En R. V. M. Alcaraz y D. E. Guma (Eds.), *Texto de Neurociencias Cognitivas*. México D.F.: Manual Moderno.
- Mertens, R. y Polich, J. (1997). P300 from a single-stimulus paradigm: passive versus

- active tasks and stimulus modality. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 104(6), 488-497.
- Meyer, D. E. y Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanisms. *Psychology Review*, 104(1), 3-65.
- Miller, E. K. y Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202. doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.167
- Mirsky, A. F., Anthony, B. J., Duncan, C. C., Ahearn, M. B. y Kellam, S. G. (1991). Analysis of the elements of attention: a neuropsychological approach. *Neuropsychology Review*, 2(2), 109-145.
- Naatanen, R. (1990). The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *The Behavioral and Brain Sciences*, 13, 201-288.
- Naatanen, R. y Gaillard, A. W. K. (1983). The orienting reflex and the N2 deflection of the event related potential (ERP). En A. W. K. Gaillard y W. Ritter (Eds.), *Tutorials in event related potential research: Endogenous components*. (10 ed.). Amsterdam: North Holland.
- Naatanen, R. y Picton, T. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24(4), 375-425.
- Naatanen, R. y Picton, T. W. (1986). N2 and automatic versus controlled processes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplements*, 38, 169-186.
- Neeper, S. A., Gomez-Pinilla, F., Choi, J. y Cotman, C. (1995). Exercise and brain neurotrophins. *Nature*, 373(6510), 109. doi: 10.1038/373109a0



- Nideffer, R. M. (1976). Test of attentional and interpersonal style. . *Journal of Personality and Social Psychology*, 34(3), 394-404. doi: 10.1037/0022-3514.34.3.394
- Niedemeyer, E. y Lopes Da Silva, F. (2004). *Electroencephalography. Basic principles, clinical applications and related fields*. (5 ed.). Philadelphia: Lippicot Williams & Wilkins
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G. y Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, 131(4), 510-532. doi: 2005-08334-002
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van den Wildenberg, W., y Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 17-26.
- Nuechterlein, K. H., Parasuraman, R. y Jiang, Q. (1983). Visual sustained attention: image degradation produces rapid sensitivity decrement over time. *Science*, 220(4594), 327-329.
- Ornitz, E. M., Gehricke, J. G., Russell, A. T., Pynoos, R. y Siddarth, P. (2001). Modulation of startle and the startle-elicited P300 by the conditions of the cued continuous performance task in school-age boys. *Clinical Neurophysiology*, 112(12), 2209-2223. doi: S1388-2457(01)00686-1
- Osman, A., Kornblum, S. y Meyer, D. E. (1986). The point of no return in choice reaction time: controlled and ballistic stages of response preparation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12(3), 243-258.
- Osterhout, L., Kim, A. y Kuperberg, G. (2006). The neurobiology of sentence comprehension. En M. Spivey, M. Joannisse y K. Macrae (Eds.), *The Cambridge*

*handbook of psycholinguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Ozmerdivenli, R., Bulut, S., Bayar, H., Karacabey, K., Ciloglu, F., Peker, I. y Tan, U. (2005). Effects of exercise on visual evoked potentials. *International Journal of Neuroscience*, 115(7), 1043-1050. doi: N575HU55NMT73306
- Pang, C. Y., Nadal, M., Muller, J. S., Rosenberg, R. y Klein, C. (2012). Electrophysiological correlates of looking at paintings and its association with art expertise. *Biological Psychology*. doi: S0301-0511(12)00243-8
- Patel, S. H. y Azzam, P. N. (2005). Characterization of N200 and P300: selected studies of the Event-Related Potential. *International Journal of Medical Science*, 2(4), 147-154.
- Pelosi, L., Holly, M., Slade, T., Hayward, M., Barrett, G. y Blumhardt, L. D. (1992). Event-related potential (ERP) correlates of performance of intelligence tests. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 84(6), 515-520.
- Perianez, J. A. y Barcelo, F. (2004). Electrofisiología de las Funciones Ejecutivas. *Revista de Neurologia*, 38(4), 359-365. doi: rn2003558
- Pfefferbaum, A., Ford, J. M., Weller, B. J. y Kopell, B. S. (1985). ERPs to response production and inhibition. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60(5), 423-434.
- Pineda, J. A. (1995). Are neurotransmitter systems of subcortical origin relevant to the electrogenesis of cortical ERPs? *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplements*, 44, 143-150.
- Pineda, J. A., Foote, S. L. y Neville, H. J. (1989). Effects of locus coeruleus lesions on auditory, long-latency, event-related potentials in monkey. *Journal of Neuroscience*, 9(1), 81-93.

- Polich, J. (1987). Task difficulty, probability, and inter-stimulus interval as determinants of P300 from auditory stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 68(4), 311-320.
- Polich, J. (1996). Meta-analysis of P300 normative aging studies. *Psychophysiology*, 33(4), 334-353.
- Polich, J. (2003). Overview of P3a and P3b. In J. Polich (Ed.), *Detection of change: event-related potential and fMRI findings* (pp. 83-98). Boston: Kluwer Academic Press.
- Polich, J., Alexander, J. E., Bauer, L. O., Kuperman, S., Morzorati, S., O'Connor, S. J., . . . Begleiter, H. (1997). P300 topography of amplitude/latency correlations. *Brain Topography*, 9(4), 275-282.
- Polich, J. y Criado, J. R. (2006). Neuropsychology and neuropharmacology of P3a and P3b. *Int J Psychophysiol*, 60(2), 172-185. doi: S0167-8760(06)00021-3
- Polich, J., Howard, L. y Starr, A. (1983). P300 latency correlates with digit span. *Psychophysiology*, 20(6), 665-669.
- Polich, J., Howard, L. y Starr, A. (1985). Effects of age on the P300 component of the event-related potential from auditory stimuli: peak definition, variation, and measurement. *Journal of Gerontology*, 40(6), 721-726.
- Polich, J. y Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biological Psychology*, 41(2), 103-146. doi: 0301051195051309
- Posner, M. I. y Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends of Neuroscience*, 17(2), 75-79.
- Posner, M. I. y Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., Petersen, S. E., Fox, P. T. y Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240(4859), 1627-1631.

- Posner, M. I., Sheese, B. E., Odludas, Y. y Tang, Y. (2006). Analyzing and shaping human attentional networks. *Neural Networks*, 19(9), 1422-1429. doi: S0893-6080(06)00183-3
- Potts, G. F., Dien, J., Hartry-Speiser, A. L., McDougal, L. M. y Tucker, D. M. (1998). Dense sensor array topography of the event-related potential to task-relevant auditory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 106(5), 444-456. doi: S0013469497001600.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300. *Psychology Bulletin*, 89(3), 506-540.
- Pritchard, W. S., Shappell, S. A. y Brandt, M. E. I. (1991). Psychophysiology of N200/N400: A review and classification scheme. En P. K. Ackles, J. R. Jennins y M.G.H.Coles (Eds.), *Advances in Psychophysiology* (Vol. 4, pp. 43-106). Greenwich: JAI Press.
- Rabbitt, P. M. (1966). Errors and error correction in choice-response tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 71(2), 264-272.
- Rabbitt, P. M. (1968). Repetition effects and signal classification strategies in serial choice-response tasks. *Quarterly journal of experimental psychology*, 20(3), 232-240. doi: 10.1080/14640746808400157
- Radlo, S. J., Janelle, C. M., Barba, D. A. y Frehlich, S. G. (2001). Perceptual decision making for baseball pitch recognition: Using P300 latency and amplitude to index attentional processing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(1), 22-31.
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A. y Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 676-682. doi: 10.1073/pnas.98.2.676

- Ramautar, J. R., Kok, A. y Ridderinkhof, K. R. (2004). Effects of stop-signal probability in the stop-signal paradigm: the N2/P3 complex further validated. *Brain and Cognition*, 56(2), 234-252. doi: S0278-2626(04)00181-2
- Ramautar, J. R., Kok, A. y Ridderinkhof, K. R. (2006). Effects of stop-signal modality on the N2/P3 complex elicited in the stop-signal paradigm. *Biological Psychology*, 72(1), 96-109. doi: S0301-0511(05)00124-9
- Ridderinkhof, K. R. (2002). Micro- and macro-adjustments of task set: activation and suppression in conflict tasks. *Psychological Research*, 66(4), 312-323. doi: 10.1007/s00426-002-0104-7
- Rieger, M. y Gauggel, S. (1999). Inhibitory after-effects in the stop signal paradigm. *British Journal of Psychology*, 90(4), 509-518. doi: 10.1348/000712699161585
- Riggins, B. R. y Polich, J. (2002). Habituation of P3a from visual stimuli. *Korean Thinking & Problem Solving*, 12, 71-81.
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H. G., Jr. y Friedman, D. (1979). A brain event related to the making of a sensory discrimination. *Science*, 203(4387), 1358-1361.
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H. G., Jr. y Macht, M. (1982). Manipulation of event-related potential manifestations of information processing stages. *Science*, 218(4575), 909-911.
- Rodríguez, M., Pietro, B. y Bernal, J. (2008). Potenciales relacionados con eventos (PRE): aspectos básicos y conceptuales. En J. Silva-Pereyra (Ed.), *Métodos en las Neurociencias Cognitivas* (pp. 65-107). México D.F.: PAX.
- Rodríguez, R. J. P. (2003). *Compendio Historico de la Actividad Física y el Deporte*. México: Masson.
- Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: specification of arm, direction, and

- extent. *Journal of Experimental Psychology:General*, 109(4), 444-474.
- Rushall, B. R. (2006). Psychological Factors and Mental Skills in Wrestling. En J. Dosit (Ed.), *The Sport Psychologist's Handbook. A Guide for Sport-Specific Performance Enhancement* (pp. 375-399). Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons
- Rushby, J. A., Barry, R. J. y Doherty, R. J. (2005). Separation of the components of the late positive complex in an ERP dishabituation paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 116(10), 2363-2380. doi: S1388-2457(05)00234-8
- Sams, M., Alho, K. y Naatanen, R. (1983). Sequential effects on the ERP in discriminating two stimuli. *Biological Psychology*, 17(1), 41-58. doi: 0301-0511(83)90065-0
- Schachar, R. J., Chen, S., Logan, G. D., Ornstein, T. J., Crosbie, J., Ickowicz, A. y Pakulak, A. (2004). Evidence for an error monitoring deficit in attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Children Psychology*, 32(3), 285-293.
- Schneider, W. y Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84(1), 1-66. doi: 10.1037/0033-295X.84.1.1
- Senkowski, D. y Herrmann, C. S. (2002). Effects of task difficulty on evoked gamma activity and ERPs in a visual discrimination task. *Clinical Neurophysiology*, 113(11), 1742-1753. doi: S1388245702002663
- Servan-Schreiber, D., Cohen, J. D. y Steingard, S. (1996). Schizophrenic deficits in the processing of context. A test of a theoretical model. *Archives of General Psychiatry*, 53(12), 1105-1112.
- Shahin, A., Bosnyak, D. J., Trainor, L. J. y Roberts, L. E. (2003). Enhancement of neuroplastic P2 and N1c auditory evoked potentials in musicians. *Journal of Neuroscience*, 23(13), 5545-5552. doi: 23/13/5545

- Shiffrin, R. M. y Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127–190. doi: 10.1037/0033-295X.84.2.127
- Simson, R., Vaughan, H. G., Jr. y Ritter, W. (1977). The scalp topography of potentials in auditory and visual Go/NoGo tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 43(6), 864-875.
- Smid, H. G., de Witte, M. R., Homminga, I. y van den Bosch, R. J. (2006). Sustained and transient attention in the continuous performance task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(6), 859-883. doi: NQ3056740652R305
- Smith, J. L., Johnstone, S. J. y Barry, R. J. (2008). Movement-related potentials in the Go/NoGo task: the P3 reflects both cognitive and motor inhibition. *Clinical Neurophysiology*, 119(3), 704-714. doi: 10.1016/j.clinph.2007.11.042
- Snyder, E. y Hillyard, S. A. (1976). Long-latency evoked potentials to irrelevant, deviant stimuli. *Behavioral Biology*, 16(3), 319-331.
- Soltani, M. y Knight, R. T. (2000). Neural origins of the P300. *Critical Reviews in Neurobiology*, 14(3-4), 199-224.
- Song, Y., Peng, D., Lu, C., Liu, C., Li, X., Liu, P., . . . Ding, Y. (2007). An event-related potential study on perceptual learning in grating orientation discrimination. *Neuroreport*, 18(9), 945-948. doi: 10.1097/WNR.0b013e3281527795
- Squire, L. y Kandel, E. (1999). *Memory from mind to molecules*. New York: Scientific American Library.
- Squires, K. C., Petuchowsky, S., Wickens, C. y Donchin, E. (1977). The effects of stimulus sequence on even related potentials: A comparison of visual and auditory sequences. *Perception and Psychophysics*, 22(1), 31-40.

- Squires, K. C., Squires, N. K. y Hillyard, S. A. (1975). Decision-related cortical potentials during an auditory signal detection task with cued observation intervals. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1(3), 268-279.
- Squires, K. C., Wickens, C., Squires, N. K. y Donchin, E. (1976). The effect of stimulus sequence on the waveform of the cortical event-related potential. *Science*, 193(4258), 1142-1146.
- Sridharan, D., Levitin, D. J. y Menon, V. (2008). A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(34), 12569-12574. doi: 10.1073/pnas.0800005105
- Starkes, J. L. (1993). Motor experts: Opening thoughts. En J. L. Starkes y F. Allard (Eds.), *Cognitive issues in motor expertise* (pp. 3-16). Amsterdam: Elsevier Science.
- Stauder, J. E., Molenaar, P. C. y van der Molen, M. W. (1993). Scalp topography of event-related brain potentials and cognitive transition during childhood. *Children Development*, 64(3), 769-788.
- Stenberg, G. (1992). Personality and the EEG: arousal and emotional arousability. *Pers Individ Differ*, 13(10), 1097-1113.
- Stroth, S., Kubesch, S., Dieterle, K., Ruchow, M., Heim, R. y Kiefer, M. (2009). Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Research*, 1269, 114-124. doi: 10.1016/j.brainres.2009.02.073
- Suwazono, S., Machado, L. y Knight, R. T. (2000). Predictive value of novel stimuli modifies visual event-related potentials and behavior. *Clinical Neurophysiology*, 111(1), 29-39. doi: S1388-2457(99)00186-8



- Taliep, M. S., Gibson, A. S. C., Gray, J., van der Merwe, L., Vaughan, C. L., Noakes, T. D., . . . John, L. R. (2008). Event-related potentials, reaction time, and response selection of skilled and less-skilled cricket batsmen. *Perception*, *37*(1), 96-105. doi: 10.1068/P5620
- Tamorri, S. (2004). *Neurociencias y Deporte: Psicología Deportiva, Procesos Mentales del Atleta*. Barcelona: Paidotribo.
- Taylor, M. y Smith, M. (1995). Age related erp changes to verbal and nonverbal memory tasks. *Journal of Psychophysiology* *9*, 283-297.
- Taylor, M. J. y Khan, S. C. (2000). Top-down modulation of early selective attention processes in children. *International Journal of Psychophysiology*, *37*(2), 135-147. doi: S0167876000000842
- Thatcher, R. W. (1999). EEG Database-Guided Neurotherapy. En J. R. Evans y A. Abarbanel (Eds.), *Quantitative EEG and Neurofeedback* (pp. 29-60). San Diego, CA: Academic Press.
- Themanson, J. R. y Hillman, C. H. (2006). Cardiorespiratory fitness and acute aerobic exercise effects on neuroelectric and behavioral measures of action monitoring. *Neuroscience*, *141*(2), 757-767. doi: S0306-4522(06)00486-6
- Themanson, J. R., Hillman, C. H. y Curtin, J. J. (2006). Age and physical activity influences on action monitoring during task switching. *Neurobiology of Aging*, *27*(9), 1335-1345. doi: S0197-4580(05)00191-0
- Thompson, T., Steffert, T., Ros, T., Leach, J. y Gruzelier, J. (2008). EEG applications for sport and performance. *Methods*, *45*(4), 279-288. doi: 10.1016/j.ymeth.2008.07.006
- Treisman, A. y Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *16*(3), 459-478.

- Tremblay, K., Kraus, N., McGee, T., Ponton, C. y Otis, B. (2001). Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training. *Ear and Hearing*, 22(2), 79-90.
- Upton, D. J., Enticott, P. G., Croft, R. J., Cooper, N. R. y Fitzgerald, P. B. (2010). ERP correlates of response inhibition after-effects in the stop signal task. *Experimental Brain Research*, 206(4), 351-358. doi: 10.1007/s00221-010-2369-1
- van Boxtel, G. J., van der Molen, M. W., Jennings, J. R. y Brunia, C. H. (2001). A psychophysiological analysis of inhibitory motor control in the stop-signal paradigm. *Biological Psychology*, 58(3), 229-262. doi: S030105110100117X
- van den Bosch, R. J., Rombouts, R. P. y van Asma, M. J. (1996). What determines continuous performance task performance? *Schizophrenia Bulletin*, 22(4), 643-651.
- van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J. y Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* , 96(23), 13427-13431.
- van Veen, V. y Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology & Behavior*, 77(4-5), 477-482. doi: S0031938402009307
- Vaughan, H. G., Jr. (1969). The relationship of brain activity to scalp recordings of eventrelated potentials. En E. Donchin y D. B. Lindsley (Eds.), *Average Evoked Potentials: Methods, Results and Evaluations* (pp. 45-75). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Verbruggen, F. y Logan, G. D. (2008). Automatic and controlled response inhibition: associative learning in the go/no-go and stop-signal paradigms. *Journal of Experimental Psychology:General*, 137(4), 649-672. doi: 10.1037/a0013170

- Verbruggen, F., Logan, G. D., Liefoghe, B. y Vandierendonck, A. (2008). Short-term aftereffects of response inhibition: repetition priming or between-trial control adjustments? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(2), 413-426. doi: 10.1037/0096-1523.34.2.413
- Vincent, J. L., Kahn, I., Snyder, A. Z., Raichle, M. E. y Buckner, R. L. (2008). Evidence for a frontoparietal control system revealed by intrinsic functional connectivity. *J Neurophysiology*, 100(6), 3328-3342. doi: 10.1152/jn.90355.2008
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C. y Winter, A. L. (1964). Contingent Negative Variation: An Electric Sign of Sensorimotor Association and Expectancy in the Human Brain. *Nature*, 203, 380-384.
- Wickens, C., Kramer, A., Vanasse, L. y Donchin, E. (1983). Performance of concurrent tasks: a psychophysiological analysis of the reciprocity of information-processing resources. *Science*, 221(4615), 1080-1082.
- Wijers, A. A., Otten, L. J., Feenstra, S., Mulder, G. y Mulder, L. J. (1989). Brain potentials during selective attention, memory search, and mental rotation. *Psychophysiology*, 26(4), 452-467.
- Williams, A. M., Davids, K. y Williams, J. G. (1999). *Visual Perception and Action in Sport*. London: E & FN Spon.
- Zwierko, T., Lubinski, W., Lubkowska, A., Niechwiej-Szwedo, E. y Czepita, D. (2011). The effect of progressively increased physical efforts on visual evoked potentials in volleyball players and non-athletes. *Journal of Sports Science*, 29(14), 1563-1572. doi: 10.1080/02640414.2011.605166