

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA
EDUCACIÓN**

**EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS BASADOS EN RITMOS
CEREBRALES THETA/BETA Y RITMO SENSORIOMOTOR CON
NEUROFEEDBACK PARA POTENCIAR LA ATENCIÓN EN PERSONAS SANAS**

POR:

LUZ MARINA SIERRA OLIVARES

MARÍA LIZETH CASTIBLANCO

TESIS DE GRADO

DIRIGIDA POR

DR. LUÍS CARLOS SARMIENTO VELA

BOGOTÁ, 2021

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA
EDUCACIÓN**

**EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS BASADOS EN RITMOS
CEREBRALES THETA/BETA Y RITMO SENSORIOMOTOR CON
NEUROFEEDBACK PARA POTENCIAR LA ATENCIÓN EN PERSONAS SANAS**

POR:

LUZ MARINA SIERRA OLIVARES

MARÍA LIZETH CASTIBLANCO

TESIS DE GRADO

DIRIGIDA POR

DR. LUÍS CARLOS SARMIENTO VELA

BOGOTÁ, 2021

Derechos De Autor

El gestor del proyecto declara que el presente trabajo es original y autoría del mismo; en aquellos casos en los cuales ha requerido de investigaciones de otros autores, se han dado los respectivos créditos. (Artículo 42, parágrafo 2, del Acuerdo 031 del 4 de diciembre de 2007 del Consejo Superior de la Universidad Pedagógica Nacional).



Este trabajo de grado se encuentra bajo una Licencia Creative Commons de **Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**, por lo que puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

Resumen

La investigación aborda la cuestión del mejoramiento de la atención en personas sanas por medio de la técnica del neurofeedback. Inicialmente se describe cómo esta técnica ha adquirido un uso creciente entre los interesados por potenciar los procesos cerebrales mediante la ampliación o inhibición de las ondas cerebrales. Por ello se hace una descripción de los procesos atencionales, de la forma como el ser humano logra desarrollar su capacidad de atención en diversas circunstancias. Dado lo anterior, y basándose en los avances y la evidencia científica, en este trabajo se hace diseño e implementa un protocolo Theta/Beta y uno de Ritmo Sensoriomotor para el mejoramiento de la atención en personas sanas mediante la técnica del neurofeedback.

Palabras claves

Retroalimentación Neuronal, la atención, ritmos cerebrales, neurofeedback, Theta/Beta, Ritmo Sensoriomotor

Abstract

The research addresses the question of improving care in healthy people through the neurofeedback technique. Initially, it is described how this technique has acquired increasing use among those interested in enhancing brain processes by amplifying or inhibiting brain waves. For this reason, a description of the attentional processes is made, of the way in which the human being manages to develop their attention capacity in various circumstances. Given or previous, and based on advances and scientific evidence, this work designs and implements a Theta/Beta protocol and a sensorimotor rhythm protocol for the improvement of attention in healthy people through the neurofeedback technique.

Key Word:

Neural feedback, attention, brain rhythms, neurofeedback, Theta/Beta, sensorimotor rhythm

Agradecimientos

Ante todo, queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestro director tesis, el Dr. Luis Carlos Sarmiento Vela y el Dr. Jaime Ibañez Ibañez por sus aportaciones conceptuales y metodológicas durante todo el proceso de este trabajo.

De igual manera quiero agradecer a todos los docentes de la Maestría en Tecnologías de la Información por compartirme sus conocimientos, de especial manera a la Dra Bertha Aristizabal, Psicóloga representante del grupo Latinoamericano de Neurofeedback en Colombia, a Martha Pulido por su invaluable dedicación, a la Dra. Pilar Rojas, de Protracción México, Dr. Peter Van Deusen de Brain Trainer NY. Por permitir el apoyo de su equipo humano y tecnológico (Equipo Neurofeedback Bio Era) en el Desarrollo de esta investigación, por compartir su conocimiento de Neurofeedback, al Dr. Gabriel Roncallo por su invaluable aporte sobre Neurofeedback.

A mis campaneros de trabajo, a mi familia, en especial a hijos por el continuo apoyo, por creer en esta investigación, darme fuerza y fortaleza en tiempos de pandemia para poder desarrollar este estudio.

Luz Marina

Dedicatoria

A mi hijo Julián Mateo Ortiz García, ya que ha soportado mi ausencia durante el tiempo que realizaba mi maestría y siempre me demostró su amor incondicional cuando volvía a casa.

A mis padres, quienes han creído en mis capacidades para realizar este proyecto y en quienes he confiado plenamente para el cuidado y crianza de mi hijo.

Y a mis hermanos, ya que de ellos he recibido apoyo moral para seguir adelante con mis proyectos, a ellos, infinitas gracias.

M.^a Lizeth G.

Contenido

1.	Introducción	15
1.	Planteamiento del problema.....	16
1.1.	Objetivo general	19
1.2.	Objetivos específicos	19
2.	Estado del arte.....	20
3.	Marco teórico	38
3.1.	La atención	38
3.1.1.	Modelos de la atención.....	39
3.1.2.	Modelo de atención de Mirsky y Duncan.....	40
3.1.3.	Modelo de atención de Posner y Petersen	42
3.2.	Aspectos biológicos de la atención.....	45
3.3.	Estructuras cerebrales implicadas en la atención.....	46
3.4.	Ubicación de la atención según las áreas de Brodman.....	48
3.5.	Estadios de la atención	49
3.7.	Tipos de atención.....	50
3.8.	Ritmos cerebrales.....	50
3.9.	Neurofeedback.....	52
3.10.	Electroencefalografía.....	55
3.11.	Sistema 10-20	56
4.	Metodología.....	57
4.1.	Enfoque metodológico	57
4.2.	Fases del proyecto.....	58
4.2.1.	Primera fase. 59	
4.2.2.	Segunda fase. 60	
4.2.3.	Tercera fase. 60	
4.2.4.	Estructura de las sesiones	63
4.2.4.	Cuarta fase. 73	
5.	Descripción del desarrollo del software.....	74
6.	Descripción de los resultados.....	75
6.1	Electrodo F3 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor	75
6.1.1.	Electrodo F3 en Theta.....	75
6.1.2.	Electrodo F3 en Beta.....	78

6.1.3. Electrodo F3 en Ritmo Sensoriomotor	82
6.2.1. F4 en Theta	86
6.2.2. F4 en Beta	89
6.2.3. F4 en SMR	93
6.3. Electrodo C3 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor	97
6.3.1. Theta en C3	97
6.3.2. Beta en C3	101
6.3.3. SMR en C3	105
6.4. Electrodo C4 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor	109
6.4.1. Theta en C4	109
6.4.2. Beta en C4	112
6.4.3. SMR en C4	115
6.6. Pretest y Postest de los electrodos F3, F4, C3, C4 en Grupo A, B y Grupo Control	122
6.6.1 Pretest Grupo A en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor.....	122
Pretest Theta Grupo A	122
6.6.3. Medias del Pretest y Postest Grupo A en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor	128
7. Discusión y conclusiones.....	152
Bibliografía	166

Lista de tablas

Tabla 1. Redes atencionales y su ubicación en regiones del cerebro modelo de Posner (Tomada de Hernández, 2014).	46
Tabla 2. Estructura del entrenamiento	63

Lista de figuras

Gráfica 1. F3 Theta, pretest y postest, Grupo A	76
Gráfica 2. F3 Theta, pretest y postest, Grupo B	76
Gráfica 3. F3 Theta, pretest y postest Grupo Control	77
Gráfica 4. Medias ponderadas F3, pretest y postest	78
Gráfica 5. F3 Beta, pretest y postest, Grupo A	79
Gráfica 6. F3 Beta, pretest y postest, Grupo B	80
Gráfica 7. F3 Beta, pretest y postest, Grupo Control	81
Gráfica 8. Medias ponderadas, F3 pretest y postest	82
Gráfica 9. F3 SMR, pretest y postest, Grupo A	83
Gráfica 10. F3 SMR, pretest y postest, Grupo B	84
Gráfica 11. F3 SMR, pretest y postest, Grupo Control	85
Gráfica 12. Medias ponderadas, F3, SMR, pretest y postest	86
Gráfica 13. F4 Theta, pretest y postest Grupo A	87
Gráfica 14. F4 Theta, pretest y postest, Grupo B	88
Gráfica 15. F4. Theta, pretest y postest, Grupo Control	89
Gráfica 16. F4 Beta, pretest y postest, Grupo A	90
Gráfica 17. F4 Beta, pretest y postest, Grupo B	91
Gráfica 18. F4 Beta, pretest y postest, Grupo Control	92
Gráfica 19. Medias ponderadas F4 Beta, pretest y postest	93
Gráfica 20. F4 SMR, pretest y postest, Grupo A	93
Gráfica 21. F4 SMR, pretest y postest, Grupo A	94
Gráfica 22. F4 SMR, pretest y postest, Grupo B	95
Gráfica 23. F4, Pretest y postest, Grupo Control	96
Gráfica 24. Medias ponderadas F4, SMR, pretest y postest	97
Gráfica 25. C3 Theta, pretest y postest Grupo A	98
Gráfica 26. C3 Theta, pretest y postest, Grupo B	99
Gráfica 27. C3 Theta, pretest y postest, Grupo Control	100
Gráfica 28. Medias ponderadas C3, Theta, Pretest y postest	101
Gráfica 29. C3 Beta, pretest y postest, Grupo A	102
Gráfica 30. C3 Beta, pretest y postest, Grupo B	103
Gráfica 31. C3 Beta, pretest y postest, Grupo Control	104
Gráfica 32. Medias ponderadas C3 Beta, pretest y postest	105
Gráfica 33. C3 SMR, Pretest y postest, Grupo A	106
Gráfica 34. C3 SMR, Pretest y postest, Grupo B	107
Gráfica 35. C3 Theta, pretest y postest, Grupo Control	108

Gráfica 36. Medias ponderadas, C3 SMR, Pretest y postest	109
Gráfica 37. C4 Theta, Pretest y postest, Grupo A.....	109
Gráfica 38. C4 Theta, Pretest y postest, Grupo A.....	110
Gráfica 39. C4 Theta, pretest y postest, Grupo B	111
Gráfica 40. C4 Theta, pretest y postest, Grupo Control	111
Gráfica 41. Medias ponderadas, C4 Theta, Pretest y postest.....	112
Gráfica 42. C4 Beta pretest y postest, Grupo A.....	113
Gráfica 43. C4 Beta, pretest y postest, Grupo B.....	113
Gráfica 44. C4 Beta, pretest y postest, Grupo Control	114
Gráfica 45. Medias ponderadas C4 Beta, pretest y postest.....	115
Gráfica 46. C4 SMR, pretest y postest, Grupo A	116
Gráfica 47. C4, SMR, pretest y postest, Grupo B.....	117
Gráfica 48. C4 SMR, Pretest y postest, Grupo Control.....	118
Gráfica 49. Medias ponderadas C4 SMR, pretest y postest.....	118
Gráfica 50. Test de Stroop, pretest y postest Grupo A	119
Gráfica 51. Test de Stroop, pretest y postest, Grupo A.	120
Gráfica 52. Test de Stroop, pretest y postest, Grupo Control.....	121
Gráfica 53. Test de Stroop, pretest y postest, medias	122
Gráfica 54. Pretest Theta Grupo A	123
Gráfica 55. Pretest Beta Grupo A	124
Gráfica 56. Pretest SMR Grupo A.....	125
Gráfica 57. Postest Theta Grupo A.....	126
Gráfica 58. Postest Beta Grupo A.....	127
Gráfica 59. Postest SMR Grupo A.....	128
Gráfica 60. Medias Grupo A, Pre y Postest Theta.....	129
Gráfica 61. Medias Grupo A, Pre y postest Beta.....	130
Gráfica 62. Medias Grupo A, pre y postest SMR.....	131
Gráfica 63. Pretest Theta Grupo A	132
Gráfica 64. Pretest Beta Grupo B	133
Gráfica 65. Pretest SMR Grupo B	134
Gráfica 66. Postest Theta Grupo B	135
Gráfica 67. Postest Beta Grupo B	136
Gráfica 68. Postest SMR Grupo B.....	137
Gráfica 69. Medias Grupo B, pre y postest Theta	138
Gráfica 70. Medias Grupo B, pre y postest Beta	139
Gráfica 71. Medias Grupo B, pre y postest SMR	140
Gráfica 72. Pretest Theta Grupo Control	141
Gráfica 73. Pretest Beta Grupo Control.....	142
Gráfica 74. Pretest SMR Grupo Control.....	143

Gráfica 75. Postest Theta Grupo Control.....	144
Gráfica 76. Postest Beta Grupo Control	145
Gráfica 77. Postest SMR Grupo Control	146
Gráfica 78. Medias Grupo Control pre y postest Theta.....	147
Gráfica 79. Medias Grupo Control Pre y postest Beta	148
Gráfica 80. Medias Grupo Control pre y postest SMR.....	149
Gráfica 81. Medias Grupo A - Grupo B, pre y postest Theta	149
Gráfica 82. Medias Grupo A - Grupo B, pre y postest Beta.....	150

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Sistema cerebral atencional del modelo de Mirsky y Duncan (adaptado de Mirsky, 1987)	41
Ilustración 2. Áreas cerebrales involucradas en el modelo de Posner y Petersen (adaptado de Posner & Rothbart, 2009)	43
Ilustración 3. Tomada de Estructuras cerebrales implicadas. (2016).	47
Ilustración 4. Tomada de Estructuras cerebrales implicadas. (2016).	47
Ilustración 5. Instalación de electrodos.....	61

1. Introducción

Los avances tecnológicos impactan y son un claro determinante en variedad de ciencias. Cada vez más las ciencias médicas recurren a tecnología de punta para hacer intervenciones y operaciones de suma complejidad al interior del cuerpo humano. La mejora en la capacidad tecnológica ha permitido conocer como nunca en la historia humana los intrincados canales de comunicación del cerebro humano. De igual forma, estas nuevas tecnologías potencian una comprensión de las dinámicas e integraciones de los distintos sistemas del ser humano, el cual funciona de forma perfecta como un todo, gracias a que cada una de sus partes realiza, generalmente su función con un alto nivel de precisión.

Pero, el cuerpo humano suele presentar algunos desajustes, los cuales en otras épocas eran considerados como afecciones comunes que había que aprender a tolerar. El desarrollo farmacológico, por su parte y hasta ahora, ha sido el principal medio paliativo para una gran variedad de trastornos, desde los neurológicos a los comportamentales, algunos de ellos tan complejos como la esquizofrenia y las variadas formas de bipolaridad y de depresión.

Así las cosas, se han logrado, como lo hace la Guía de Consulta de los Criterios Diagnósticos, DSM-5, acuerdos substanciales en cuanto a la catalogación y definición de cada uno de esos trastornos. Pero, se carece todavía de una salida sostenible y efectiva en el tiempo en cuanto a la curación de dichos trastornos.

Dado lo anterior, se continúa con la exploración de programas y procesos alternos que permitan, desde un enfoque distinto y aprovechando el camino recorrido, la formulación de nuevas formas de curación. El Neurofeedback es una de esas opciones, que basadas en la implementación de nuevas tecnologías ofrece procesos no invasivos y con una creciente efectividad.

1. Planteamiento del problema

El proceso de aprendizaje de los seres humanos está relacionado con los procesos cognitivos de los sujetos; depende, en parte, de una serie de habilidades o capacidades que le permiten a través de ellas ejecutar una simple actividad como desviar la atención cuando escuchó un sonido fuerte o dar solución a un problema complejo matemático. Entre los procesos cognitivos básicos se reconocen habilidades como la percepción, la memoria, la atención, entre otros (Rivas, 2008).

La atención ha sido definida como un estado neurocognitivo de preparación, que precede a la percepción y a la acción siendo el resultado de una red de conexiones corticales. (Rueda, 2015). Estas redes funcionales diferenciadas se encargan de los procesos atencionales, de orientación, de alerta y de componentes más complejos como el control ejecutivo, siendo el trastorno de déficit de atención (TDA) el que presenta más dificultad en el proceso de atención (Ríos *et al.*, 2007). De la misma manera, la atención es considerada como la capacidad mental para generar y mantener un estado de activación que permita el procesamiento de información (Ríos Lago y Periañez, 2010).

El informe del programa internacional para la Evaluación de Estudiantes o Informe PISA (por sus siglas en inglés: Programme for International Student Assessment) es un estudio llevado a cabo por la OCDE a nivel mundial que mide el rendimiento académico de los alumnos en matemáticas, ciencia y lectura. Son aplicadas cada tres años y examinan el rendimiento de alumnos de 15 años. En esta prueba se mide una gama amplia de resultados educativos, entre los que se encuentran: la motivación de los alumnos por aprender, la concepción que éstos tienen sobre sí mismos, sus estrategias de aprendizaje, entre otros (OCDE, 2018).

Según los resultados de la OCDE (2018) Colombia, ocupó el puesto (61) de los 65 países miembro. Dentro de los tres ítems evaluados, Colombia presentó menores resultados en las competencias lectoras (412 puntos), en ciencias (413) y en matemáticas (391), siendo

en lectura un (12%) lo que está por debajo de la media de la OCDE que es de (14%). Según De Zubiría (2018) las falencias en la competencia lectora de los estudiantes afectan adicionalmente las competencias en matemáticas y ciencias. En forma complementaria, Benítez (2017) sustenta que hay una estrecha relación entre el proceso cognitivo de la atención y la competencia lecto-escritora.

Según el Icfes (2015), las pruebas Saber Pro es el examen de Estado que mide la calidad de la Educación Superior. Estas pruebas cubren 31 programas académicos específicos que cuentan con preguntas genéricas realizadas en dos sesiones; una sesión genérica y otra específica. Según el MEN los resultados en el área de comprensión lectora en el 2015 fueron de (49,7) y en el 2016 (52,6), sin embargo, en un estudio de la Red de Lectura y Escritura en Educación Superior, liderado por la Universidad de La Sabana, en el que los estudiantes universitarios de primer año obtienen bajos resultados, según el análisis, en el que participaron 13 universidades colombianas, la mayoría de los estudiantes llegan con falencias en comprensión de lectora (MEN, 2016). Lo que indica que hay que fortalecer esta área como lo afirma Benítez (2017) hay una estrecha relación entre los niveles de atención y la comprensión lectora.

El Neurofeedback (NF), es un tipo de EEG, que entrena habilidades de autorregulación mediante tecnología computarizada. El Neurofeedback es una de las denominadas técnicas de biofeedback, mediante las cuales una persona puede obtener información acerca de algún proceso fisiológico o psicofisiológico (con la ayuda de un dispositivo especializado) tal como la temperatura de la piel, tasa cardíaca, tensión muscular, actividad cerebral, etc., con el propósito de aprender a modificar dicho proceso de manera voluntaria (Evans et al., 2007).

En el uso del NF han estudiado las ondas cerebrales, con el objetivo de identificar cuáles son los más apropiados para potenciar el proceso de atención; con la autorregulación, la inhibición y la estimulación de ciertos ritmos cerebrales. Los softwares comerciales de Neurofeedback tienen canales de audio y vídeo para corregir los patrones de ondas

cerebrales irregulares y el flujo sanguíneo asociado con la salud mental y/o los problemas cognitivos (Hammond, 2011, p. 27).

El Neurofeedback es uno de los métodos más promisorios para potenciar el proceso cognitivo de la atención, porque es un tratamiento no invasivo, sin efectos secundarios negativos significativos o duraderos conocidos, se ha demostrado que mejora la neuro regulación y la función metabólica en los niños con TEA (Coben y Padolsky, 2007). Los resultados positivos del tratamiento de retroalimentación neurológica a menudo se logran en el transcurso de varios meses, en contraste con la terapia conductual, que a menudo lleva un año o más de entrenamiento intensivo. Además, se ha informado que los resultados del tratamiento terapéutico del entrenamiento de Neurofeedback con individuos con TDAH (aumento de la atención, disminución de la impulsividad e hiperactividad) se mantienen con el tiempo y no se revierten después de suspender el tratamiento, como en la terapia con medicamentos y la dieta (Linden *et al.*, 1996).

Los ritmos cerebrales con los cuales han diseñado algunos protocolos de Neurofeedback para potenciar la atención, se clasifican en ondas cerebrales delta, Theta, alfa Beta, gamma. (Marzbani *et al.*, 2016) afirman que los diferentes componentes de frecuencia se clasifican en delta (menos de 4 Hz), Theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), Beta (13-30 Hz) y Gamma (30-100 Hz) donde cada uno representa una función fisiológica particular.

Luego de la revisión de estos estudios se evidencia un interés por conocer más a fondo las dinámicas cerebrales y su relación con los procesos atencionales. El Neurofeedback aporta cada vez más posibilidades, valiéndose particularmente de los avances tecnológicos. En este contexto es que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué protocolos basados en ritmos cerebrales Theta/Beta y Ritmo Sensoriomotor, utilizando procesos de realimentación con Neurofeedback, permiten potenciar la atención en personas sanas?

1.1. Objetivo general

Implementar dos protocolos basados en ritmos cerebrales Theta/Beta y Ritmo Sensoriomotor con Neurofeedback para potenciar la atención en personas sanas.

1.2. Objetivos específicos

Diseñar dos metodologías basadas en las técnicas de Neurofeedback en un caso con ritmos cerebrales Theta/Beta y en otro caso con ritmos sensoriomotores para potenciar el proceso cognitivo de atención en sujetos adultos no diagnosticados con TDAH.

Identificar la influencia del protocolo basado en ritmos cerebrales Theta/Beta en el proceso cognitivo de atención.

Identificar la influencia del protocolo basado en ritmos cerebrales sensoriomotores en el proceso cognitivo de atención.

Contrastar los resultados de los protocolos de Neurofeedback con ritmos cerebrales Theta/Beta y ritmos sensoriomotores en la potenciación del proceso cognitivo de la atención.

2. Estado del arte

Para seleccionar los antecedentes del presente trabajo se escogieron artículos y tesis doctorales en tres áreas, la primera el proceso cognitivo de la atención, en segunda instancia los estudios realizados con la técnica del Neurofeedback en distintas áreas de la salud como el TDAH, la depresión, ansiedad y otras patologías y en tercera instancia el estudio de la atención a través del Neurofeedback en sujetos sanos, es decir sin ninguna patología diagnosticada. Se reseñan en particular textos abordan los protocolos Theta/Beta y Ritmo Sensoriomotor

Dorna (2009) llevó a cabo la investigación titulada: “El efecto del entrenamiento con Neurofeedback en los procesos atencionales de un grupo de estudiantes universitarios puertorriqueños: un estudio exploratorio”. La autora describe la importancia de mejorar los procesos atencionales. Para lo anterior presenta el Neurofeedback como una herramienta para la autorregulación de las ondas del cerebro (p. 11).

Dorna (2009) evidencia qué cambios se dan en cuanto a la atención dividida, sostenida y alternante en estudiantes, luego de que se han entrenado con neurofeedback. Se programa un examen de inicial de diagnóstico y una post-prueba, para lo cual recurren a las siguientes: Test de Símbolos y Dígitos, Trail Making. El proceso consistió en 14 sesiones, que se realizaron en cuatro semanas. La autora concluye que el entrenamiento fue positivo en la mejora de los niveles de atención ya citados (Dorna, 2009, p. 12)

En el trabajo de grado para la maestría en tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación de Mauricio Galindo León (2008) titulada “Atención focalizada vs atención dividida” de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Desarrolla un trabajo de investigación sobre el proceso cognitivo de la atención en el que plantea las teorías del foco de luz y la de atención dividida buscando encontrar la diferencia que existe entre las dos teorías utilizando un software UML.

Se aplicó test de Toulouse y el de test de cuadrado de letras, Se crearon 2 grupos de 20 estudiantes, cada uno de ellos conformado por 10 niños y 10 niñas, se hizo una aleatorización para mirar a qué grupo pertenecían. El primero se entrenó con fundamento en la teoría de atención focalizada y el segundo con fundamento en la teoría de atención dividida.

En este trabajo el autor evidencia una mejoría de los procesos atencionales en los dos casos lo que corrobora las afirmaciones de Álvarez, González Castro, Núñez, González Pineda, Álvarez y Bernardo (2007) quienes argumentan que la atención es un proceso enseñable y que se puede entrenar a los individuos en el proceso cognitivo de la atención.

Loaiza *et al.*, (2014), en su investigación titulada: “¿Es efectivo el entrenamiento en Neurofeedback para el tratamiento del TDAH? Resultados a partir de una revisión sistemática”, hacen una revisión de los artículos científicos publicados entre 2011 y 2011. El estudio se centró en la revisión de once documentos (p. 20).

En cuanto al entrenamiento Theta/Beta y el Ritmo Sensoriomotor mostraron un impacto positivo en los niveles de atención. Se observa, además, que la cantidad de sesiones supera las 30. Se dio un impacto positivo en sus procesos escolares. Al respecto consideran que:

[...] se han desarrollado diversos protocolos, entre los cuales se puede mencionar el Theta/Beta, que está basado en incrementar las ondas Beta, mientras se reducen las ondas Theta, con lo cual se logran efectos positivos en la concentración y en la disminución de los síntomas de la hiperactividad. (Loaiza *et al.*, 2014, p. 19),

Con respecto a los efectos positivos de los entrenamientos a lo largo del tiempo, los autores sugieren que:

Un aspecto de especial interés es la efectividad en la modificación de las ondas cerebrales luego de 20 sesiones de entrenamiento en más del 30% de los pacientes con TDAH y la permanencia de sus efectos, la cual se estima de uno a diez años. (Loaiza *et al.*, 2014, p. 20),

En el trabajo de Alexandra, Glink Lezana (2018) en su tesis doctoral “Eficacia de un entrenamiento en Neurofeedback de la onda cerebral alfa en el tratamiento del estrés, la ansiedad, la depresión y los síntomas psicósomáticos”, afirma que se comprueban los efectos positivos de un entrenamiento con Neurofeedback estructurado en tres fases (condiciones basales, reactividad frente a un estímulo estresante y recuperación tras la estimulación estresante) sobre el estrés, la ansiedad, la depresión y los síntomas psicósomáticos de las participantes. Contribuyeron en el estudio catorce mujeres de entre 25 y 60 años. La muestra inicial estuvo formada por catorce mujeres y un hombre que decidieron participar de forma voluntaria, donde el entrenamiento con el Neurofeedback de ondas cerebrales alfa, tuvo un total de 5 horas distribuidas en dos sesiones semanales de 30 minutos (10 sesiones), las participantes aprenden a aumentar la amplitud de sus ondas cerebrales alfa, proporcionándoles la capacidad de aprender a aumentar su onda cerebral alfa para reducir su sintomatología; en este estudio sugieren investigar en otras áreas de la salud como (cefaleas, insomnio, trastornos gastrointestinales, etc.) para comprobar en qué medida mejoran tras el entrenamiento.

Fajardo y Guzmán (2016), en su investigación titulada: “Neurofeedback, aplicaciones y eficacia”, hacen una revisión sistemática en la literatura respecto a la técnica del neurofeedback y su funcionalidad para la intervención en el tratamiento de la atención. En primer lugar, plantean una definición de este método y de las ondas cerebrales. Al respecto concluyen que: “el neurofeedback es una técnica efectiva y no invasiva usada como tratamiento y entrenamiento en diversos campos cuyo resultado ha sido satisfactorio”.

Entre los hallazgos más importantes en cuanto a las aplicaciones del neurofeedback reconocen que se presenta en tres ámbitos cerebrales:

[...] la conectividad global que suponen los circuitos neuronales, la neuroplasticidad o capacidad del cerebro tanto para reintegrar información en las distintas localizaciones, como para categorizar la totalidad del contenido percibido por los sentidos y el refuerzo automático de la red ejecutivo central y de prominencia; es decir, la red de atención responsable

de la supervisión y regulación del control atencional voluntario y de las capacidades atencionales necesarias para realizar tareas cognitivas complejas que requieren un grado de atención particular para ser ejecutadas. (Fajardo y Guzmán, 2016)

Como se puede evidenciar, la atención es una cuestión transversal a los procesos de neurofeedback. De hecho, los autores reconocen que su utilidad en ámbitos como el psiquiátrico, el artístico, el deportivo y a cuestiones relacionadas con la formación de la personalidad (Fajardo y Guzmán, 2016)

Otro elemento para resaltar en esta investigación es el hecho de que el neurofeedback es una herramienta adaptable a las necesidades de los pacientes y usuarios, lo cual le da un alto grado de aplicabilidad. De igual forma reconocen que la evidencia científica recomienda que para un resultado más efectivo el número de sesiones deben estar entre las veinte y cuarenta (Fajardo y Guzmán, 2016).

Camelo *et al.*, (2018), realizan la investigación titulada: “Entrenamiento cerebral con neurofeedback en autismo y déficit de atención”, en ella reconocen cómo en los últimos años se evidencia un aumento del uso de la técnica del neurofeedback. Durante mucho tiempo la cuestión de los procesos cerebrales estuvo a la deriva en cuanto a posibilidades de lectura y conocimiento de qué era lo que realmente ocurría. Ahora, gracias a los procesos de retroalimentación en tiempo real, la persona puede “optimizar su funcionamiento cerebral” (p. 153).

Luego de hacer una revisión de la literatura, los autores realizaron procesos de entrenamiento cerebral con neurofeedback con cincuenta personas. Para ello utilizaron el equipo Neurobit Optima con el cual realizaron una bioretroalimentación electroencefalográfica. También utilizan el Bioexplorer, Bio Era, y los protocolos de entrenamiento para mejorar procesos como el atencional (Camelo et al., 2018, p. 159-160).

Los autores concluyen que:

[...] la creación de nuevas interconexiones sinápticas en las áreas entrenadas abre un nuevo paradigma a la plasticidad cerebral, no solo por dejar en claro dicha plasticidad, sino porque también sugiere la alta capacidad del cerebro para desarrollar nuevos aprendizajes sin la necesidad de la ejecución física de la tarea que se pretende desarrollar.

Así el neurofeedback se afianza cada vez más como una opción no farmacológica y no invasiva en el tratamiento de la atención, lo cual conlleva una mejora sustancial en la calidad de vida de las personas.

Babiloni *et al.*, (2007) en su estudio del Neurofeedback realiza investigaciones en sujetos sanos basándose en protocolos tipo alfa/Theta y Theta/Beta. Esta clase de protocolos es común que se apliquen a personas que se dedican al deporte, a quienes se mueven en el mundo de las artes y de la música, a médicos cirujanos y a estudiantes y docentes. En este caso se les aplicaron los protocolos a siete hombres y cinco mujeres golfistas expertos con un rango de edad entre 16 y 25 años, donde se redujeron las ondas alfa y Beta lo que arrojó resultados de tiros de golf más eficientes. Se evidenció que cuanto más fuerte es la reducción de los ritmos alfa menor es el margen de error de los putts de golf fallidos, se sugieren que para futuras investigaciones estos ritmos alfas frontales pueden ser entrenados para mejorar los putts en Golf realizando una capacitación simulada por computadora del rendimiento de colocación.

En la investigación de Thomas & Cuntai (2013), en la cual diseñaron un juego en línea para validar si luego de varias sesiones mejoraban la atención y la memoria, se utilizaron 5 sujetos sanos, los resultados fueron que los sujetos completaron la tarea con éxito en un tiempo más corto durante la última sesión en comparación con las primeras sesiones, lo que es un indicación clara de la mejora del rendimiento con la práctica del juego. Los resultados muestran que el rendimiento de los sujetos sanos se puede mejorar significativamente jugando el juego propuesto dirigido por la atención, los investigadores sugieren que se realicen más estudios para que el diseño de un videojuego que se pueda usar para mejorar el proceso de atención en niños con TDAH.

Duarte (2015) en su investigación aplicó el protocolo Theta/Beta en un grupo de niños que presentaban TDAH, sesenta y un niños de ambos sexos, a ellos se les aplicaron veinticinco sesiones con Neurofeedback. El investigador encontró que al grupo que se le aplicó el protocolo de neurofeedback logró un aprendizaje significativo, particularmente logrando autorregulación cortical en las bandas Theta y Beta y en la ratio Theta/Beta. Los resultados del Posttest evidenciaron que dicho entrenamiento con Neurofeedback es efectivo en la mejora de los procesos cognitivos involucrados en la atención, y no tanto con los de control de respuesta. La investigación también encontró que en grupos de niños inatentos los protocolos Theta/Beta tienden a ser más eficientes, esto con la particularidad de los subtipos de TDA. Se recomienda que en próximos estudios se tenga en cuenta la curva de aprendizaje en cada uno de los protocolos y que luego se hagan las respectivas comparaciones para identificar las variables y su eficiencia.

En el estudio realizado por Borja (2012) analizó los niveles de atención con niños en el área de lectoescritura. La muestra estuvo conformada por 198 niños cuyas edades fluctuaban entre los 6 a 11 años. Para medir los niveles de atención aplicó el Test de Percepción de Diferencias-Caras, que arrojó los siguientes resultados: Los niveles alto y muy alto de atención, representan un 40% de dicha muestra, mientras que los niveles bajo y muy bajo de atención corresponden al 46%, lo que demuestra que más de la mitad de la muestra tiene dificultades de atención en la lectoescritura; corroborando así la teoría de Chaves y Heudebert (2007), en la que sostienen que con una atención débil o ausente, no se producirá el aprendizaje; en cambio, sí existe la atención, se garantiza que los contenidos se capten mejor.

Benítez (2017) realizó un estudio que tuvo como objeto conocer en qué medida se relaciona la atención con la lectoescritura en niños de primer grado de primaria de una institución del Perú. La muestra estuvo conformada por 100 niños, donde concluye que existe una relación significativa entre la atención sostenida y la dimensión lecto-escritura en estudiantes de primer grado de primaria, esto indica que una deficiencia en el proceso de la atención afecta otros procesos de aprendizaje como la lecto-escritura (Benítez, 2017). El autor de esta propuesta sugiere la realización de investigaciones destinadas al

reconocimiento de las variables que interfieren en los niveles de atención, y la creación de nuevas estrategias para potenciar dicho proceso. Además, se reconoce la diversidad en cuanto a las formas de atención, lo cual lleva a entender que los procesos y sus análisis deben plantearse desde el análisis de casos, para evitar las generalidades que reduzcan los hallazgos a formulaciones de carácter teórico.

Barbosa *et al.*, (2019), llevaron a cabo un estudio en el que evaluaron los condicionamientos instrumentales que dan por el uso del neurofeedback, particularmente con pacientes que padecen fibromialgia. Se trabajó con cuarenta pacientes, a quienes se les aplicaron veinte sesiones. Antes de iniciar las sesiones, desarrollaron el test diagnóstico del cuestionario Trail Making; se aplicó el mismo test al final de las sesiones. Hubo un progreso sustancial del 25% al comparar los dos test. Se reseña una mejora en cuanto a la atención sostenida. En las sesiones se trabajó en el Ritmo Sensoriomotor y Theta, lo cual permitió evitar la saturación del sistema nervioso central (pp. 316-317). Este estudio demuestra, además, que el neurofeedback es una herramienta con cada vez mejores resultados en el tratamiento de la atención.

Carrobles (2016) en su investigación da cuenta de la evolución histórica de la técnica del neurofeedback, reconociendo su aplicación en los distintos ámbitos de las ciencias médicas, que ha sido impulsado por los desarrollos en informática y neurociencia. el autor reconoce que estas técnicas se sitúan dentro de la psicología del aprendizaje, por tanto: “lo realmente útil o terapéutico del biofeedback no estriba en la simple utilización de unos sofisticados aparatos electrónicos, sino en la adecuada aplicación de los principios y técnicas de aprendizaje desarrolladas por la psicología, especialmente el condicionamiento operante” (p. 126). También reconoce que el neurofeedback es un campo particular del biofeedback. El artículo también hace una reseña de las ondas cerebrales y sus frecuencias. El autor concluye que la efectividad de estos tratamientos para diversos ámbitos de la salud y el bienestar de las personas.

Collura (2014), es el autor del libro: “Fundamentos técnicos del neurofeedback”, el cual es uno de los primeros intentos de sistematización y fundamentación de estos

procedimientos. El autor describe cómo los ritmos cerebrales revelan los procesos reguladores más importantes del cerebro. También describe cómo se llevan a cabo las mediciones y cómo se desarrollan los procesos de medición, y en particular lo que se entiende por retroalimentación y biorretroalimentación. En términos generales entiende el neurofeedback el registro de la actividad cerebral por medio de un equipo de electroencefalografía. Básicamente se trata de brindarle información en tiempo real al cerebro sobre su actividad, de forma tal que se pueda ejercitar y mejorar su potencial (p 23). De esta forma, el neurofeedback ayuda a que se hagan cambios o se mejoren los procesos, en este caso atencionales. Dichos cambios demuestran que el cerebro tiene la capacidad de crear nuevos procesos, de aprender de sí mismo, y todo gracias a la estimulación que le brinda el neurofeedback.

Luctkar, F., & Groll, D. (2015) son las autoras de la investigación titulada: “Una revisión sistemática de la seguridad y el efecto del neurofeedback sobre la fatiga y la cognición.”. En él demuestran que el neurofeedback, a diferencia de otros tratamientos está libre de fármacos y que no se enfoca en aliviar los síntomas, sino en abordar una salida para que el cerebro gestione nuevos procesos. La investigación se plantea como una revisión sistemática de la literatura, teniendo en cuenta diversas bases de datos. En cuanto a las conclusiones se afirma que el neurofeedback es cada vez más eficaz y no invasivo, logrando en el cerebro una autorregulación saludable. Se insiste en la necesidad de ampliar la cantidad de sesiones, para que el progreso sea más notorio, tanto en desempeños físicos como atencionales.

La investigación titulada “Cuando se habla de neurofeedback, ¿importa la modalidad? NeuroRegulación”, pertenece a Krigbaum & Wigton (2014). Los autores muestran las distintas modalidades del neurofeedback. Entre los factores que influyen en los resultados de un modelo a otro están: la cantidad de sesiones y las formas como se estructuran los tratamientos; considerando treinta y cuarenta una cantidad óptima de sesiones. La investigación demuestra que no se trata solo de aumentar o inhibir la frecuencia de las ondas, sino que se debe buscar la normalización de ellas. Otro aporte de este artículo es que considera la posibilidad de construir protocolos personalizados, con los cuales se adecua el

neurofeedback a las necesidades particulares. Lo anterior es fundamental, pues los diagnósticos de índole general lo que hace es estandarizar a los pacientes o usuario y creando ciertos patrones de normalidad.

Fortenbaugh *et al.*, (2017), llevaron a cabo la investigación titulada: “Avances teóricos, neuronales y clínicos recientes en la investigación de la atención sostenida”. En este documento se reseña cómo en los últimos años ha aumentado el interés por conocer más sobre la atención sostenida, incluso en pacientes sanos. Una de las variables de este tipo de atención es la disposición la vigilancia, la cual va decreciendo con el paso de la vida. Los actuales avances en nanomedicina permiten un mejor seguimiento de estos procesos; para ello se utilizan los biomarcadores. Para que se dé la atención sostenida se ha identificado que se necesita la participación de varias funciones cerebrales, así que se estudia cada vez más esas interacciones dinámicas. Se espera que cada vez se logre una mejor predicción y por ende una mejor comprensión de la atención enfocada. Los autores también reconocen que la atención sostenida es la puerta de entrada para las funciones ejecutivas y del aprendizaje. Se reconoce que cada vez hay más intereses por recurrir a métodos no invasivos y no farmacológicos.

Domingos *et al.*, (2021), centran su atención en la frecuencia cómo se dan las sesiones de neurofeedback, pues esto influye en el resultado del tratamiento. En primer lugar, reconocen que, al ser un campo del saber tan reciente, no existe todavía un cierto consenso en cuanto a los métodos y sus variables. Aun así, el estudio se enfoca en la cuestión metodológica del desarrollo de las sesiones. Para tal fin, diseñaron tres esquemas de sesiones. Una en la que se aplicaban tres sesiones por semana, en otra dos, y en la última hizo de Grupo Control.

Como resultado se concluyó que cuando se desarrollan tres sesiones por semana se logró más grado de efectividad; al tal punto que se afirma: “[...] un protocolo de entrenamiento más condensado conduce a mejores resultados, proporcionando orientación sobre el diseño del protocolo de neurofeedback para optimizar la eficacia del entrenamiento” (Domingos *et al.*, 2021). Entre los posibles campos de acción para futuras investigaciones estará el

constatar si al aumentar las sesiones de tres a cuatro, o de tres a cinco, se daría un mayor avance en el afianzamiento de la atención. Sería necesario verificar los lugares adecuados para las bandas, y si estos, dependiendo de la frecuencia, deberían variar o mantenerse

Michael Esterman publicó en 2019 el artículo titulado: “Modelos de atención sostenida”, allí reconoce que los procesos atencionales no mantienen una constante y que son más comunes las fluctuaciones. Lo anterior se debe a la interacción de varios factores neurocognitivos. Reconoce que es común que se presente momentos de divagación y de excitación mental. Entonces, se hace necesaria la asignación de varios recursos cognitivos. Un punto clave es entender que para que se logre un óptimo procesamiento de la información se debe lograr una estabilización de las fluctuaciones y un control de los distractores.

Un trabajo atento con los estímulos e incluso las representaciones motoras hará que se identifiquen las causas de dichas fluctuaciones. Otro elemento que aporta esta investigación es que se requiere de unos recursos atencionales; o sea, no se trata sólo de eliminar los distractores, sino que se debe generar un ambiente en el que la atención esté enfocada y sostenida. La atención, además, no debe entenderse de forma rígida, como la capacidad de estar enfocado en un objeto por largo tiempo, sino en cuanto a la calidad de abstracción del objeto o realidad que se esté observando.

Adam & deBettencourt (2019), son las autoras del artículo: “Fluctuaciones de la atención y la memoria de trabajo”, en el que establecen varias relaciones de operatividad entre la memoria y la atención. Por memoria entienden todo aquello que puede mantenerse en la mente; es por ello por lo que reconocen la centralidad que juega en este proceso la atención. Además, por atención entienden: “una colección de mecanismos que mejoran la presentación de un subconjunto de información” (p. 2).

Básicamente, la memoria de trabajo requiere que la atención sostenida opere con normalidad. Las autoras no descartan las fluctuaciones, las cuales, si se aprovechan de forma adecuada, pueden favorecer a la consolidación de la memoria de trabajo. Otro

aspecto que se resalta en este artículo de investigación es el hecho de que las fallas de la memoria podrían: “[...] surgir porque no nos preparamos, aprehendemos, individulizamos, mantenemos, o recuperamos la información; las fluctuaciones de la atención podrían afectar globalmente algunos o todos estos subcomponentes del rendimiento exitoso de la memoria de trabajo” (Adam & deBettencourt, 2019, p. 4)

Cassani *et al.*, (2021), plantean su investigación en torno al deterioro cognitivo leve. Para lo anterior realizan una búsqueda sistemática en la literatura científica, haciendo una revisión de los principales protocolos basados en la técnica del neurofeedback. Se evidencia que en la mayoría de los estudios analizados se dio una mejora en los procesos atencionales. Pero se reconoce que las formas en cómo se miden los resultados, al no ser estandarizadas o fruto de un consenso, no se pueden considerar como evidencia fáctica, para lo que se recomienda mejorar en las condiciones de control.

Se reconoce que la técnica del neurofeedback es no invasiva, los planes de muestreo, una asignación de tratamiento aleatorio, la posibilidad del cegamiento del evaluador (Cassani *et al.*, 2021, p. 15). Por otra parte, no hay que olvidar que, en los procesos de control de las evidencias, el neurofeedback, aunque es considerado como no invasivo no se debe catalogar como informal. En este sentido, se debe procurar mantener un rigor científico en el desarrollo de las sesiones.

Thibault *et al.*, (2016), son los autores de la investigación titulada: “El cerebro autorregulado y el neurofeedback: ciencia experimental y promesa clínica”. En el artículo se reconoce al neurofeedback como una de las herramientas o metodologías para mejorar la autorregulación; esto se hace por medio de unas técnicas que permiten el entrenamiento cerebral y que permiten la mejora sustancial de sus funciones, entre ellas su dimensión atencional. Aunque la eficacia clínica de estos tratamientos está en proceso de validación por la comunidad científica, es evidente que las nuevas tecnologías de acceso a los procesos cerebrales permiten mapearlo con excelentes resultados.

Además, según Thibault *et al.*, (2016), se ha logrado aumentar el conocimiento sobre cómo operan estos mecanismos subyacentes, lo cual permite plantear rutas de acción y entender cómo es que el cerebro aprende. En cuanto a las aplicaciones clínicas del neurofeedback, los autores afirman que se necesitan más evidencias que permitan asentar la aceptación de esta técnica. Otro de los elementos que la investigación considera fundamental es la utilización de los grupos control, pues enfatiza que, aunque no se les haga la retroalimentación con el neurofeedback, se tiende a generar una influencia por parte de quien dirija las sesiones. Se plantea, entonces, la técnica del doble ciego, como estrategia para que los resultados sean más imparciales.

Ihne *et al.*, (2016), plantean su investigación en torno a la eficiencia de la memoria de trabajo. Los autores consideran que dicha memoria reúne diversas funciones cognitivas como: “almacenar información, actualizar constantemente este almacenamiento e inhibir las distracciones” (p. 8). Los ejercicios que se utilizaron fueron de corte espacial, secuencial y simultáneo. Las sesiones de entrenamiento se desarrollaron con ejercicios de atención en los que los participantes observaban por un espacio de cuatro segundos un grupo de cuatro letras. En los siguientes ensayos las letras aumentaban en cantidad, hasta un máximo de diez. Se hicieron en total doce ensayos por sesión (p. 18).

En cuanto a la memoria de trabajo, Ihne *et al.*, (2016), plantean la discusión en torno a si esta es un receptáculo en el que se almacena información, o es una función cerebral que se puede ejercitar. Estos dos enfoques amplían la investigación, pues a partir de la claridad que se tenga es que se deciden y organizan las actividades o sesiones de entrenamiento (p. 39-40). Otros elementos que aporta esta investigación son: la importancia de la información espacial, de la repetición y su frecuencia, en tipo de información y cómo se almacena ésta en el cerebro. También se debe considerar el constructo cognitivo y la actividad neuronal (p. 38).

Schettino *et al.*, (2019), desarrollaron la investigación titulada: “La orientación atencional involuntaria en ausencia de conciencia acelera el procesamiento sensorial temprano”. Los autores parten de una controversia que se ha dado en el campo de la

neurociencia, con relación a cómo se da el procesamiento de los estímulos no atendidos; y sí los que son atendidos se dan con más velocidad (p. 3). Para lo anterior plantean dos procedimientos o escenarios con lo cual querían corroborar si la atención involuntaria acelera el procesamiento sensorial. Al reconocer que hay procesos de atención que se dan de manera automática, los autores no excluyen que estos puedan ser mejorados. Lo importante es que demuestran que son procesos ordenados y no esporádicos del cerebro, por tanto, siguen unas lógicas.

Los autores encontraron que sí hay una tendencia del sistema atencional previamente anunciado, y que la función visual de la atención tiene una predisposición a captar esta información. Pero hay que tener en cuenta que este registro atencional no sugiere de forma automática que la memoria recuerda o almacene esta información, ya que esta referenciación puede ser utilizada como forma de ubicación u orientación atencional (Schettino *et al.*, 2019, pp. 18-19).

Reiner *et al.*, (2014) publicaron la siguiente investigación; “Mejor que dormir: el entrenamiento de neurofeedback Theta acelera la consolidación de la memoria”. Los autores parten de la premisa de que el sueño contribuye a mejorar la memoria. Además, plantean la hipótesis de que al elevar Theta en las horas de la vigilia se logrará una mejora sustancial en la consolidación de la memoria. El entrenamiento con neurofeedback se realizó durante siete días, logrando la consolidación de la memoria, y tiene una evidente relación con las mejoras en rendimiento atencional.

Para esta investigación los participantes fueron organizados en tres grupos: neurofeedback Theta; Beta de neurofeedback; y el Grupo Control. Los investigadores reconocen una mejora importante en cuanto al rendimiento en el grupo Theta; esto en relación con quienes hicieron el proceso con el protocolo Beta y los del Grupo Control. Al respecto, afirman que: “La potencia Theta durante el entrenamiento se correlacionó con el nivel de mejora, lo que indica una relación clara entre la consolidación de la memoria y el neurofeedback Theta” (Reiner *et al.*, 2014, p. 50). Al momento de aplicar las sesiones se

debe tener en cuenta cómo influyen aspectos como el género, la edad y el contexto de formación de cada una de las personas.

Stefano *et al.*, (2014) realizan una investigación en torno a una “Comparación de neurofeedback tomográfico EEG y biofeedback EMG en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad”. En principio observaron una mejora sustancial en ambos procesos. En cuanto a los procesos que involucran la visión y las funciones motoras tuvo un mejor impacto el biofeedback; además, en este se realiza un refuerzo entre sesiones. Pero se evidenció que con el neurofeedback las frecuencias entrenadas tienden a normalizarse.

Para estos entrenamientos se diseñaron 36 unidades, aplicadas en sesiones dobles con una frecuencia de tres veces por semana, con una duración de doce semanas. Se aplicaron sesiones diagnósticas tanto al inicio como al final del entrenamiento, además de una prueba de corte neuropsicológico. También se tuvo en cuenta la influencia que sobre los participantes podrían tener sus maestros y padres (Stefano *et al.*, 2014, p. 33). Se aplicó un protocolo tónico y uno fásico. En el primero se requería que los usuarios mantuvieran el estado de atención, y en el otro alternaban momentos de activación y desactivación que fueron aumentando en complejidad.

Enriquez *et al.*, (2014), publicaron el artículo titulado: “Modulación de Theta frontal-media por neurofeedback”. Los protocolos se aplicaron a 31 personas sanas, con edades alrededor de los 25 años, que estaban en condiciones de salud sanas y además tenían una visión normal o regulada a normal. Antes de iniciar con las sesiones los participantes resolvieron un test diagnóstico. Los autores reconocen la influencia de los espacios de descanso, tanto entre sesiones, con relación a días, o en cuanto a minutos con relación a ejercicios entre una misma sesión. Reconocen que esos tiempos, si tienen una duración prudente, influyen en el resultado final (p. 10).

Los procesos neuronales se valen de los espacios de descanso para una especie de reorganización. De allí que se dé una consolidación que tiene aspectos como: uno sináptico o de sistema, que se produce en las primeras horas de entrenamiento a partir de la

denominada plasticidad sináptica en las que se forman nuevas conexiones y reestructuración de las existentes. También se da una reorganización del sistema, la cual es lenta y que permite la estabilización de la memoria (Enriquez *et al.*, 2014, p. 10). Lo cierto es que en el desarrollo de cada protocolo se debe buscar la secuencia de descanso óptima, de forma que no se produzcan alteraciones y que las interrupciones no afecten el objetivo de la mejora de la atención.

Dekker *et al.*, (2014), investigaron “El curso temporal de los efectos del entrenamiento con neurofeedback alfa en participantes sanos”. Las sesiones, un total de quince, se aplicaron a dieciocho personas en días hábiles. En cada sesión se hacía una secuencia de tareas que se repitió por lo menos cuatro veces. Los electrodos se ubicaron en C3 y C4), con la particularidad de que las personas podían oír música de su preferencia, lo cual sirvió como retroalimentación. Cuando estaba en desatención la música sonaba con bajo volumen y cuando mejoraba su proceso atencional, la música subía de volumen (pp. 1-2).

Los autores registran un aumento en el proceso de aprendizaje, tanto en los espacios entre ejercicios de cada sesión, como entre una y otra sesión. Deducen que por las menos diez sesiones son necesarias para aumentar la capacidad atencional, y que en las siguientes sesiones el aumento no fue significativo. De hecho, en los inicios de cada sesión se evidenció un mejoramiento sustancial, y luego los participantes tendían a cansarse y en ocasiones a relajarse demasiado. Los autores recomiendan que se evalúe la pertinencia de que en cada sesión haya unos ejercicios cognitivos previos (Dekker *et al.*, 2014, p. 3).

Ros *et al.*, (2014), son los autores de la investigación titulada: “Neurofeedback facilitation of implicit motor learning”. Parten de la siguiente hipótesis: “la presentación de una nueva tarea de aprendizaje procedimental inmediatamente después del protocolo de neurofeedback impulsa el rendimiento motor”. Para lo anterior, los autores aplicaron neurofeedback a diez personas mediante una sesión de supresión, de esta forma hicieron una activación en la zona de la corteza motora primaria entre 8 y 12 Hz. Este proceso duró treinta minutos. Después, en varios ensayos, se les pidió que realizaran una tarea con su mano no dominante

Hay que anotar que el Grupo Control fueron las personas, a quienes se les pidió una semana antes que realizaran dichas actividades, pero sin neurofeedback. Este dato es importante, porque al ser ellos mismos el Grupo Control, hay menos variables en cuanto a edad y a otros elementos de contexto tanto metabólicos como psicológicos y sociales que pudieran influir en el entrenamiento.

En cuanto a conclusiones, Ros *et al.*, (2014), concluyen que es sí se da una mejora sustancial en el proceso de atención, en particular si se desarrollan tareas motoras o procedimentales inmediatamente después de la sesión de Neurofeedback. Hay que anotar que los autores indican que estas mejoras se pueden lograr luego de una sola sesión de entrenamiento.

Gruzelier *et al.*, (2014), realizaron una investigación en torno a los “resultados beneficiosos del EEG-neurofeedback sobre la interpretación musical creativa, la atención y el bienestar de los niños en edad escolar. El estudio buscaba mejorar la interpretación musical de los participantes. Para ello se hizo una comparación entre el entrenamiento en atención con SMR en niños de once años con un control sin intervención. Los ejercicios fueron tanto de interpretación musical como de improvisación.

Los autores evidencian un mejoramiento en la forma de la interpretación e improvisación musical en los ejercicios con SMR. Con respecto a la atención sostenida se evidencia que la técnica del neurofeedback cuando se aplica de forma repetida en el entorno escolar puede ser aplicada al nivel de una herramienta pedagógica. Un aporte importante de esta investigación es el hecho de que el neurofeedback puede ayudar a despertar o generar creatividad en los usuarios. Este es un elemento de carácter dinámico y propositivo que se espera aumente sus posibilidades con los avances en la investigación.

Schabus *et al* (2014) analizan la “Mejora de la calidad del sueño y la memoria en el insomnio mediante el condicionamiento instrumental del Ritmo Sensoriomotor”. Los registros de EEG sobre la corteza sensoriomotora muestran un patrón oscilatorio prominente en un rango de frecuencia entre 12 y 15 Hz (Ritmo Sensoriomotor, SMR) bajo

vigilia tranquila pero alerta. Este rango de frecuencia también es abundante durante el sueño y se superpone con la banda de frecuencia del huso del sueño. En el presente estudio piloto probamos si el acondicionamiento instrumental de SMR durante la vigilia puede mejorar el sueño y el rendimiento cognitivo en el insomnio.

Se probaron veinticuatro sujetos con síntomas clínicos de insomnio primario en un diseño contrapeso dentro de los sujetos. Cada paciente participó en un bloque de entrenamiento de SMR y de acondicionamiento simulado. Se programaron grabaciones polisomnográficas del sueño antes y después de los bloques de entrenamiento. Los resultados indican un aumento significativo de la actividad de 12-15 Hz en el transcurso de diez sesiones de entrenamiento SMR. Al mismo tiempo, el número de despertares disminuyó y el sueño de ondas lentas, así como la calidad del sueño subjetivo, aumentaron. Curiosamente, la mejora del entrenamiento de SMR también se asoció con la consolidación de la memoria durante la noche y los cambios en el huso del sueño, lo que indica un efecto cognitivo beneficioso del protocolo de entrenamiento de SMR para los "respondedores" de SMR (16 de 24 participantes). Aunque los resultados son prometedores, se debe concluir que los resultados actuales son de naturaleza preliminar y esperan más pruebas antes de que se pueda promover el entrenamiento con SMR como un enfoque no farmacológico para mejorar la calidad del sueño y el rendimiento de la memoria.

Kober et al., (2014), realizan la investigación titulada: “El entrenamiento de neurofeedback basado en espectroscopia de infrarrojo cercano aumenta la activación cortical relacionada con imágenes motoras específicas en comparación con la retroalimentación simulada”. En este estudio se implementa un sistema de retroalimentación en tiempo real basado en espectroscopía multicanal de infrarrojo cercano (NIRS). Estudios anteriores indicaron que el neurofeedback basado en NIRS puede mejorar la activación cortical relacionada con las imágenes motoras. Para especificar estos resultados previos y confirmar la eficacia del neurofeedback basado en NIRS, examinamos los cambios en el nivel de oxigenación de la sangre recopilados en ocho sesiones de entrenamiento.

Un grupo recibió comentarios reales sobre su propia actividad cerebral (N=9) y un grupo vio una reproducción de la grabación de comentarios de otra persona (N=8). Todos los participantes realizaron imágenes motoras de un movimiento de la mano derecha. El neurofeedback real indujo una activación cerebral específica y enfocada sobre las áreas motoras izquierdas. Esta activación cerebral focal se volvió aún más específica durante las ocho sesiones de entrenamiento. Por el contrario, la retroalimentación simulada condujo a patrones de activación cerebral difusos en toda la corteza. Estos hallazgos pueden ser útiles cuando se entrena a pacientes con lesiones cerebrales focales para aumentar la actividad de áreas específicas del cerebro con fines de rehabilitación.

El anterior estado del arte evidencia la creciente utilización de protocolos de neurofeedback para el tratamiento del déficit de atención, y para el mejoramiento de las capacidades atencionales en personas sanas. Aun así, el espacio de las posibilidades de entrenamiento de las ondas cerebrales son un campo de la investigación por descubrir en muchos ámbitos. Ahora bien, es necesario profundizar en los diversos conceptos relacionados con esta investigación, a continuación, se desarrollan las principales variables y su caracterización.

3. Marco teórico

La presente investigación busca la implementación de dos protocolos para la mejora de la atención en pacientes sanos, para eso se trabajará en un plan de entrenamiento con Neurofeedback en un protocolo Theta/Beta y uno para las ondas del Ritmo Sensoriomotor. Dado lo anterior, en este capítulo se profundiza en los conceptos de: la atención, de la cual se reseñan las distintas teorías o modelos, sus fases, y las partes del cerebro que están implicadas en ella; en un segundo momento se describen las ondas cerebrales y se desglosan las ondas Theta, Beta, y las del Ritmo Sensoriomotor. Luego se hace una descripción del Neurofeedback, las tecnologías que lo componen.

3.1. La atención

En el trabajo de grado de Galindo (2010) cita a Tudela (1992) quien define la atención como “un mecanismo central de capacidad limitada cuya función primordial es controlar y orientar la actividad consciente del organismo de acuerdo con un objetivo determinado”. De la misma forma, Posner y Petersen (1990) sostienen que la atención es un mecanismo múltiple de naturaleza modular que consta de diferentes sub-mecanismos que se hallan coordinados entre sí y controlados por diferentes zonas cerebrales.

Por otro lado, la atención es la interfaz entre la gran cantidad de estimulación proporcionada por nuestro entorno complejo y el conjunto más limitado de la información de la que somos conscientes (Rueda *et al.*, 2012). La atención es un constructo multidimensional que se refiere a un estado en el que tenemos un nivel óptimo de activación que permite seleccionar la información que queremos dar prioridad con el fin de controlar el curso de nuestras acciones (Rueda *et al.*, 2012).

William James fue uno de los pioneros en el abordaje de la atención. En su obra de 1890 “The Principles of Psychology” la entendía como:

[...] la toma de posesión de la mente, en forma clara y vívida, de uno de lo que parecen varios simultáneamente posibles objetos o trenes de pensamiento. Focalización, concentración de la conciencia son su esencia. Implica la retirada de algunas cosas con el fin de hacer frente eficazmente a las demás, y es una condición que tiene un verdadero opuesto en el estado mental de despiste, confusión y aturdimiento. (Fernández, 2014, Pág. 2)

Posner afirma que sin la atención nuestra percepción, memoria y aprendizaje no tienen lugar o se empobrecen. Sin embargo, la atención ha sido uno de los últimos procesos complejos cerebrales en adquirir la categoría de función cerebral.

3.1.1. Modelos de la atención

En la actualidad se registra que en cuanto a los modelos cerebrales hay por lo menos una docena de variantes. Esto se debe a que su interpretación o sobre su diseño se plantea desde distintos campos o intereses científicos. Hernández, (2014, Pág. 2) reseña los siguientes:

[...] Pribram y McGuinness (1975), Baddeley (1986), Norman y Shallice (1986), Sohlberg y Mateer, (1989), Mesulam (1990), Posner y Petersen (1990), Whyte (1992), Bracy (1994), van Zomeren y Brower (1994), Mapou (1995), Cohen, Malloy y Jenkins (1999), Mirsky y Duncan (2001), Corbetta y Shulman (2002).

Hernández (2014) reseña que autores como Solhberg y Mateer, consideran en su modelo la existencia de por lo menos cinco componentes en la atención: “atención focalizada, sostenida, selectiva, alterna y dividida”; en cambio, autores como Posner y Petersen ven la atención sólo desde tres componentes: “orientación, vigilancia y redes ejecutivas”. Los anteriores modelos contrastan con el de Mirsky y Duncan, quienes consideran por lo menos cinco aspectos: “focalización, ejecución, codificación, cambio, sostenimiento y estabilidad” (Mirsky & Duncan, 2001).

No hay que olvidar que se han dado largos debates en torno a las relaciones, diferencias y similitudes entre lo que se entiende por atención y por conciencia. Para algunos la conciencia está implicada en los procesos atencionales, y para otros ocurre lo contrario. En lo que se entiende por conciencia se implica lo que se entiende por inconsciente y los procesos que podrían llamarse autónomos o involuntarios. Aun así, para Fernández (2014) prevalecen los modelos de Mirsky y Duncan y el de Posner y Petersen; los cuales se reseñan a continuación.

3.1.2. Modelo de atención de Mirsky y Duncan

Mirsky y Duncan (2001) efectuaron un análisis factorial a sus cinco componentes (focalización / ejecución, codificación, cambio, sostenimiento y estabilidad) con ocho pruebas neuropsicológicas que se utilizan para la evaluación de la atención. Las pruebas que utilizaron fueron: Test de Stroop, Test de Clasificación de Cartas de Wisconsin la Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-Revisada y otros. (Fernández, 2014, Pág. 3)

El factor Focalización/Ejecución se refiere a "la capacidad de concentrarse en una tarea con estímulos distractores, y ejecutar rápidamente las respuestas manuales o verbales que requiere la tarea" (Mirsky & Duncan, 2001, Pág. 20). Los procesos de la atención parecen corresponderse con algunas regiones cerebrales, entre ellas:

[...] el lóbulo parietal inferior, giro temporal superior y partes del cuerpo estriado. La atención sostenida, es la capacidad de mantener un foco de atención durante un período considerable de tiempo. En este caso las áreas del cerebro implicadas son las regiones del tectum y la formación reticular del tallo cerebral, así como el núcleo reticular del tálamo medio. El factor Alternancia ha sido definido como la capacidad de cambiar el foco de atención de alguna característica específica del estímulo a otra. (Fernández, 2014, Pág. 3)

Tanto la atención sostenida como la alternancia son procesos complejos, es por ello por lo que el planteamiento de mecanismos que los reorientan requiere de que se entiendan las relaciones que se dan mayoritariamente de forma inconsciente.

Las funciones cerebrales requieren de uno o varios sistemas que les permitan una óptima comunicación. A este recurso se le conoce como la codificación, y se entiende como “la capacidad de mantener la información en la memoria durante breves períodos de tiempo con el fin de permitir la ejecución de operaciones mentales con esta información” (Fernández, 2014, Pág. 3). Hay una cierta cercanía con la llamada “memoria de trabajo”, y de nuevo se presenta la cuestión sobre cuáles son las similitudes entre atención y memoria. Con respecto a la atención, autores como Mirsky y Duncan (2011) la ubican próxima del hipocampo y la amígdala; como se evidencia en la siguiente imagen.

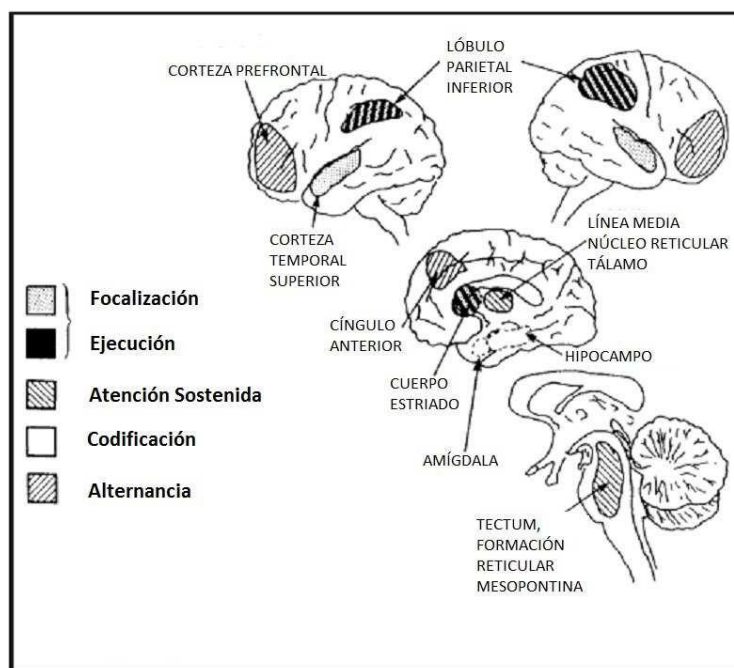


Ilustración 1. Sistema cerebral atencional del modelo de Mirsky y Duncan (adaptado de Mirsky, 1987)

3.1.3. Modelo de atención de Posner y Petersen

Posner y Petersen (1990) basaron su modelo en la noción de redes cognitivas y anatómicas de la atención. Afirmaban que estas redes son independientes y específicas en su funcionamiento, pero interactúan entre sí. Según su teoría las redes atencionales son supramodales, es decir, estas redes desempeñan diferentes tareas de forma independiente de la modalidad de estímulos (visuales, auditivos, etcétera). Identificaron tres principales funciones de la atención: la red de orientación, que tiene como función dirigir los estímulos sensoriales a lugares ubicados en el espacio visual; la red de vigilancia, a quien le corresponden los estados de alerta; y por último a la red ejecutiva, quien es la encargada de las acciones voluntarias (Fernández-Duque & Posner, 2001, p. 75).

De igual forma, la atención es entendida como:

[...] la capacidad de seleccionar la información sensorial. La mayor parte de la investigación de este modelo se ha realizado con estimulación visual. Dentro del dominio visual se han identificado dos formas de orientar: Orientación manifiesta y orientación encubierta. La orientación manifiesta se realiza dirigiendo los ojos hacia el lugar de interés, mientras que la orientación encubierta puede llevarse a cabo mediante la asignación de prioridad a un área del campo visual sin mover los ojos. (Fernández, 2014, Pág. 6)

Existe una relación entre los niveles de atención y la agudeza visual pues no pocos de las pruebas que se hacen para medir la capacidad atencional están basados en el uso de la búsqueda visual. Estos se dan en la orientación encubierta y en visual. Para lo anterior se recurre a ejercicios de retirada de los estímulos, también se recurre a el movimiento de la atención y a la participación en una nueva ubicación. En la siguiente imagen se ubican los lugares del cerebro en los que se envía la alerta, la vigilancia y la atención ejecutiva.

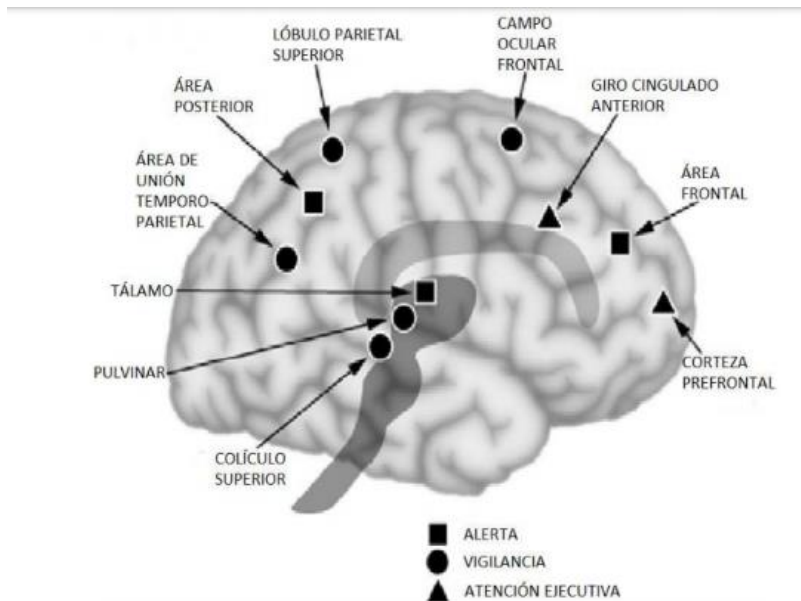


Ilustración 2. Áreas cerebrales involucradas en el modelo de Posner y Petersen (adaptado de Posner & Rothbart, 2009)

El soporte neuronal de la orientación se localiza subcorticalmente, y está formado por el tálamo y la formación reticular ascendente, desde la cual se originan proyecciones difusas al sistema límbico y al neocórtex; se ubica en:

[...] la corteza parietal (que participa en la orientación encubierta y manifiesta), el surco precentral de la corteza frontal, el colículo superior y el tálamo. Se supone que las cortezas parietal y frontal participan en la gestión de las señales automáticas, así como en la utilización voluntaria de claves en la atención visoespacial. El colículo superior (o tectum), una estructura situada en el cerebro medio se ha relacionado con el cambio de atención, mientras que el núcleo pulvinar del tálamo tiene un papel en el acoplamiento de la atención (Posner & Rothbart, 2009), (citado en Fernández, 2008).

En cuanto a la vigilancia, es considerada como “la capacidad de lograr y mantener el estado de alerta” (Fernández, 2014, Pág. 7). Las investigaciones recientes se enfocan en mejorar los estados de alerta, identificando los tiempos en que una persona logra sus

máximos. Por otra parte, se reconoce que en dichos estados de alerta cumplen un papel preponderante los sonidos y las imágenes. Se ha identificado que también tiene su importancia una cierta predisposición interna para la detección de objetos. En cuanto a los test que se aplican para la vigilancia, Fernández (2014) reseña que muchos de ellos se basan en tareas monótonas y extensas, como forma de validación la capacidad de mantener la atención.

El soporte neuronal de la vigilancia se ubica en las regiones del cerebro como son las cortezas frontal y parietal derechas. La activación de las áreas frontales por un estado de alerta se produce incluso en ausencia de estimulación. Esta activación disminuye a medida que pasa el tiempo y se relaciona con signos de comportamiento que indican una disminución en el rendimiento cognitivo. El estudio de Lim, *et al.*, (2010) muestra que una disminución en la señal de imagen de resonancia magnética funcional (FMRI, por sus siglas en inglés) se correlaciona con la disminución del rendimiento a lo largo de 20 minutos en tareas de vigilancia. Estas correlaciones se observaron en la corteza cingulada anterior, la circunvolución frontal medial y el lóbulo parietal inferior. Estos autores demuestran que la clonidina y la guanfacina bloquean el efecto de las señales de advertencia y disminuyen el rendimiento en las tareas de atención sostenida, y plantean la hipótesis de que la noradrenalina está implicada de manera significativa en el logro y el mantenimiento de la atención en el tiempo (Fernández, 2014).

La atención ejecutiva es la coordinación voluntaria de los recursos en la ejecución de tareas nuevas o no estructuradas. Como tal, involucra cambios de tarea, control inhibitorio, resolución de conflictos, detección de errores, distribución de recursos de atención, planificación, procesamiento de los estímulos novedosos y la ejecución de las acciones nuevas. El soporte neuronal de la atención ejecutiva se ubica en las regiones del cerebro como son, la corteza cingulada anterior y el área motora suplementaria, la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal dorsolateral, así como secciones de los ganglios basales y el tálamo. Atención especial, dentro de esta teoría ha recibido el estudio de la corteza cingulada anterior, que se ha relacionado con la regulación cognitiva (porción dorsal anterior) y emocional (porción ventral anterior) (Posner, Sheesea, Odludas & Tang, 2006).

La atención ejecutiva está asociada con la dopamina que es un neurotransmisor que ejerce una regulación de las zonas frontales a través de la vía mesocorticolímbica que involucra al área tegmental ventral, el núcleo accumbens, y la corteza prefrontal. La principal fortaleza del modelo de Posner es su fundamento experimental. Además, los conceptos cognitivos tienen vínculos con el funcionamiento cerebral. Las principales redes atencionales han sido relacionadas con redes cerebrales sobre la base de sólida investigación empírica. Existe también, un esfuerzo para relacionar estas redes de atención con los distintos neurotransmisores. La debilidad más importante del modelo es el escaso esfuerzo de los autores para hacer que el modelo sea útil en entornos clínicos. A diferencia del modelo de Mirsky, no hay test clínicos adecuados para evaluar estas redes. La herramienta que han diseñado para evaluar dichas redes parece ser sólo aplicable en el entorno experimental. (Fan *et al.*, 2006).

3.2. Aspectos biológicos de la atención

La información sobre la anatomía y los circuitos de atención son claves para la investigación, entender los mecanismos neuronales implicados en las diferencias individuales en la eficiencia, y cómo se relacionan con las influencias genéticas / ambientales.

La atención está relacionada con diferentes sistemas neuronales, por componentes motivacionales, motores, límbicos y perceptores, el córtex prefrontal y medial desempeña un papel fundamental en el proceso voluntario de la atención. Es una amplia red neuronal entrelazada por estructuras corticales y subcorticales como son: El núcleo caudado, el pulvinar, el colículo superior y la parte reticular de la sustancia negra, el parietal posterior occipital y visores principales. Estructuras subcorticales involucradas en la atención visual son: Visuales occipitales, visuales temporales, Córtex temporal inferior, el córtex parietal posterior, los campos oculares frontales, Córtex prefrontal lateral, Córtex singular.

Posner estableció tres redes atencionales de la atención como son: red de alerta, red de orientación y red ejecutiva en la siguiente tabla, se correlaciona cada red atencional con las regiones cerebrales involucradas.

Tabla 1. Redes atencionales y su ubicación en regiones del cerebro modelo de Posner (Tomada de Hernández, 2014).

Redes atencionales	Ubicación regiones cerebrales
Red Alerta	Área frontal, tálamo, área posterior:
Red de Orientación	campo visual frontal, el pulvinar, el folículo superior, la unión temporoparietal, y el lóbulo parietal superior,
Red Ejecutiva	El córtex prefrontal, y circunvolución anterior singular.

3.3. Estructuras cerebrales implicadas en la atención

El conocimiento de las estructuras cerebrales avanza cada vez hacia consensos en los que se establecen tanto las funciones como las ubicaciones de los procesos cerebrales. La forma como se da la atención en el cerebro ya ha sido descrita, aunque con algunos matices por la búsqueda científica y médica. Pero en términos generales se puede reconocer la distribución y ubicación que da la siguiente imagen en las que se evidencian las estructuras cerebrales implicadas en la atención.

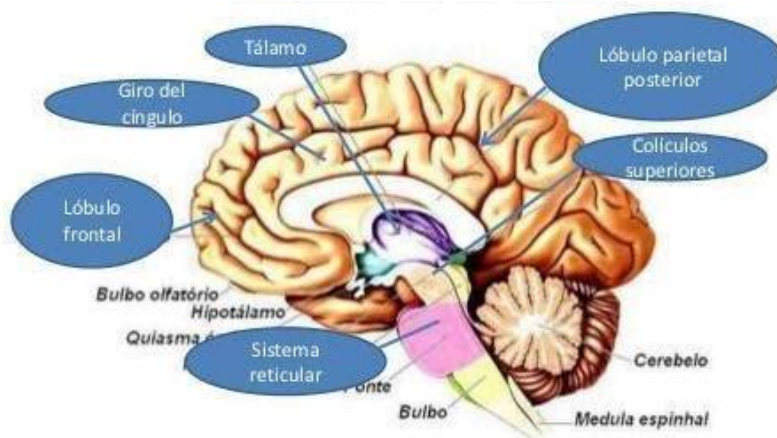


Ilustración 3. Tomada de Estructuras cerebrales implicadas. (2016).

La formación reticular, la cual se encuentra en el centro del tallo cerebral. Se asocia con el mantenimiento de un estado de alerta. Por ésta, el cerebro se alista para recibir información y posteriormente brindar una respuesta. -La FRAA conduce a la corteza los impulsos y estímulos que se originan en eventos cíclicos biológicos, así mantiene a la corteza en vigilia. Regula la entrada de información sensorial del exterior.

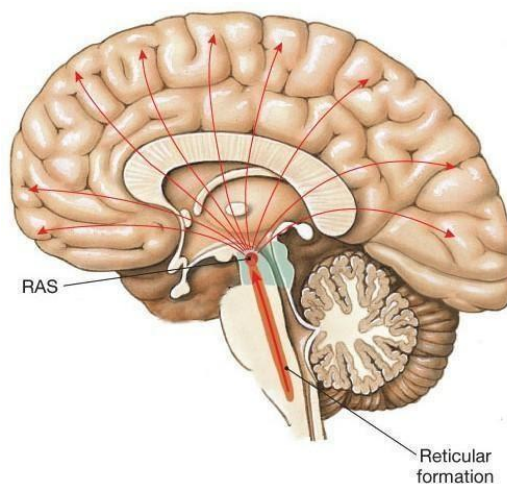


Ilustración 4. Tomada de Estructuras cerebrales implicadas. (2016).

Neuronas de la Novedad o “Células de la atención”, que están en el hipocampo y los ganglios basales. Se habitúan a un estímulo y dejan de dar respuesta. Reaccionan ante cualquier modificación del estímulo (incremento o decremento de éste).

Los Colículos Superiores que realizan un gran aporte en el proceso visual. Su función es el control del movimiento ocular y llevar los estímulos externos al campo visual. Los Colículos inferiores probablemente hacen lo mismo, pero con la información auditiva.

El Núcleo Pulvinar que regula la atención selectiva. Filtra la información para que luego sea procesada. El Giro del Cíngulo que incorpora contenido emocional a la información recibida, para que se dé una respuesta adecuada.

El Lóbulo Parietal, en el que se da el procesamiento y uso de aspectos espaciales de la atención. Gracias a su función, la atención puede localizar estímulos específicos o particulares. Orienta y dirige la atención hacia los estímulos que intenta localizar, que le proporcionan la información relevante.

También está el Lóbulo Frontal, que participan en la regulación de todos los procesos psicológicos. En situaciones que requieren atención sostenida (Solución de un problema matemático), se presenta actividad EEG en estos lóbulos y desaparece cuando el problema ha sido solucionado.

3.4. Ubicación de la atención según las áreas de Brodman

La corteza visual primaria, fusionar la información analizar la información. La corteza prefrontal se encarga de la función ejecutiva: cómo planificar una acción, iniciarla, regular si se está haciendo mal o bien, darse cuenta de los errores y corregirlos, ver si se está siguiendo un plan, evitar distracciones por estímulos irrelevantes, rechazar interferencias, ser flexible si las circunstancias cambian, y ser capaz de acabar una acción iniciada.

Cuando observamos la conducta de los niños/as con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), observamos que cometen errores en estas áreas y presentan dificultades a la hora de realizar la mayoría de estas acciones. Esto se debe a que el funcionamiento cerebral subyacente de los afectados con TDAH está caracterizado por una menor actividad funcional y un menor tamaño en este córtex prefrontal responsable de estas acciones.

El cerebro tiene circuitos especiales para cada una de sus diferentes funciones. Los circuitos de la atención están en la corteza cerebral de la zona frontal, en el área llamada prefrontal, y que controlan la memoria de trabajo, la atención, y la inhibición de las respuestas. (Soutullo y Díez, 2007).

3.5. Estadios de la atención

Retomando a (Rueda et al., 2012) clasifica la atención en tres estadios: La activación, La selección, y el Control.

La activación: Es un estado que algunos autores le denominan red de alerta, que depende del estado de motivación ya sea endógena o exógena, la primera se refiere a la motivación intrínseca del sujeto y la segunda, a la motivación extrínseca, dependiendo de los cambios en la estimulación. (Rueda, 2015).

La selección: se llaman redes de orientación y atención ejecutiva, donde permite seleccionar la información relevante o de interés para el individuo para un procesamiento consciente de la información. (Rueda, 2015).

El Control: Este estado se refiere al control de la acción de esta manera podemos detectar los errores, el control voluntario es una dimensión dinámica del temperamento determinada por una multiplicidad de factores, que incluyen tanto la disposición de la propia constitución física como también la experiencia. Captura las diferencias individuales

en la regulación voluntaria y mediante el esfuerzo de los pensamientos, las emociones y las respuestas.

3.7. Tipos de atención

Atención selectiva: como menciona Russell (1975), la atención selectiva o focalizada es la capacidad para atender a uno o dos estímulos relevantes sin confundirse ante el resto de los estímulos que actúan como distractores (Pérez, 2008).

En ocasiones se ha matizado una diferenciación entre atención focalizada y atención selectiva considerando la primera como la capacidad para responder a los estímulos, y la segunda como la capacidad para mantenerse ajeno a los distractores como mencionan (Sohlberg y Mateer, 1989; Junqué, Bruna y Mataró (1998), (citado en Pérez, 2008).

Atención dividida: es la capacidad para responder, al menos, a dos tareas al mismo tiempo (Kahneman, 1973; Navon y Gopher, 1979; Navon, 1985). La atención dividida está dirigida fundamentalmente al estudio de los déficits como consecuencia de la presentación simultánea de información o de la realización concurrente de varias actividades. Desde un punto de vista teórico, el enfoque es de capacidad o de recursos (Pérez, 2008).

3. 8. Ritmos cerebrales

En el Neurofeedback, la actividad cerebral se capta en forma de impulsos eléctricos. Según (Márquez *et al.*, 2018) estos impulsos se producen siguiendo distintos patrones que se conocen como ondas cerebrales que según su frecuencia (número de ondas por segundo, medido en hercios (Hz) y su amplitud (la potencia de esas ondas, medido en microvoltios (μV)), encontramos ondas de tipo:

- Delta (0.5-3 Hz): predominan durante el sueño profundo, sin presencia de sueños.
- Theta (4-8 Hz): asociada a estados de calma profunda, aparece en la fase de sueño REM.

- Se relaciona con la memoria y la capacidad de responder a estímulos.
- Alfa (8-13 Hz): relacionada con estados de relajación.
- Beta (12-30 Hz): asociada con estados de alerta, resolución de problemas lógicos y tareas que requieren atención.
- SMR (13-15 Hz): forma parte de la banda de frecuencia Beta, está relacionada con una reducción en la alerta a una nueva entrada sensorial y una disminución en la salida motora.
- Gamma (30-100 Hz): aparece en estados de vigilia, es una onda menos explorada, pero se asocia con el procesamiento de la información.

Adicionalmente, subdivisiones dentro de los rangos mencionados han sido estudiadas y establecidas, como es el caso de Ritmo Sensoriomotor (SMR) cuya frecuencia se encuentra entre 13 y 15Hz y está asociado a estados de alerta y relajación física; o el ritmo mu, ubicado entre 7 y 11Hz asociado con interacción social (Arroyo et al,1993), (citado en Barbosa, 2017).

Ondas Theta: comúnmente se relaciona a este tipo de ondas con estados cercanos al sueño, pero también con la creatividad y la memoria. La banda Theta Según Duarte (2015):

Es una banda de frecuencias entre 4-8 Hz (+/- 1). Su origen parece estar relacionado con los ritmos talámicos y con el área septal del sistema límbico. Parece estar relacionada con memoria y con la capacidad de responder o no a un estímulo. Son predominantes en el EEG de niños entre 6 meses y 6-7 años. Un exceso de Theta se ha asociado con Déficit de Atención.

Dado lo anterior, se evidencia que la inhibición de la banda Theta está relacionada con el mejoramiento de los niveles de atención, ya que estas inducen tanto la relajación como el sueño.

Ondas Beta: estas bandas oscilan entre los 12 y los 30 hz y se presenta en periodos de vigilia, se asocia con procesos cognitivos externos. Cuando una persona está desarrollando sus tareas diarias, en particular las que requieren cierta concentración y toma de decisiones.

Por lo general se recomienda aumentar la amplitud de Beta para mejorar los niveles de atención., incrementando de esta manera la relación Theta/Beta. Es un protocolo efectivo para pacientes donde la relación Theta/Beta es baja (Swingle, 2015). Según Swingle (2015), la razón por la que este protocolo es efectivo es porque el 70% de los pacientes tienen una deficiencia de Theta/Beta en el área occipital del cerebro.

Ondas de Ritmo Sensoriomotor: El SMR es un protocolo que se aplica en la zona sensoriomotora al que también se le llama entrenamiento del Ritmo Sensoriomotor. Según Carrobles (2016) es una práctica común reforzar SMR en el hemisferio derecho y reforzar también la Beta de 15-18 Hz o 16-20 Hz. Lo común de este protocolo es reforzar SMR a la vez que se inhibe Theta y, al igual que en el protocolo anterior, suele inhibirse la Beta alta.

En los años sesenta Barry Stermán llevó a cabo varios estudios con gatos para el entrenamiento de refuerzo de la banda SMR. En uno de estos estudios descubrió que al reforzar las ondas SMR los gatos eran más resistentes a las crisis convulsivas. Siguiendo esta senda, Stermán demostró que era capaz de reducir estas crisis en pacientes epilépticos (Stermán, Macdonald & Stone, 1974). El objetivo de Stermán era aumentar la amplitud del sistema sensoriomotor en reposo para, de esta manera, llevar al cerebro a un estado de menor excitación. Aunque en un principio predominaba solo el refuerzo de SMR, Stermán introdujo la inhibición de 4-7 Hz, Theta, en función de los estudios que realizó con personas epilépticas. Más adelante también introdujo la inhibición de las altas frecuencias.

3.9. Neurofeedback

El primer autor que definió a la atención fue Williams James, quien la describió como la capacidad del ser humano para orientar su estado de conciencia hacia un determinado estímulo en la realidad subjetiva u objetiva. Posteriormente, este concepto ha ido evolucionando, y actualmente se propone que, la atención es una función neuropsicológica básica para llevar a cabo toda actividad de tipo comportamental o cognitiva, que actúa como un sistema de filtro que permite seleccionar, priorizar, procesar y supervisar la

información propioceptiva (del propio organismo), como exteroceptiva (del medio en el que se desenvuelve el individuo).

Una formulación elemental de los programas de Neurofeedback es ampliar unas ondas e inhibir otras, de forma que se logre un equilibrio. Los planes de entrenamiento no varían en demasía sus modalidades, porque el proceso es, en muchos aspectos sólo restar o sumar. Pero lo cierto es que al lograr esos niveles de integralidad se produce un impacto positivo en otras funciones cerebrales y en otros sistemas del cuerpo humano.

Por otra parte, y aunque se ha dicho que el software es quien optimiza el entrenamiento, no todo debe estar supeditado al algoritmo, pues todavía no logra un nivel de autonomía confiable, debido a la complejidad de los procesos neuronales del ser humano. La función principal del software es hacer una lectura electroencefalográfica de cada persona, para lo cual no le envía impulso alguno, sino por el contrario los recibe. La música, los audios y videos son los recursos o materiales que se utilizan, y tampoco tienen una función invasiva en el entrenamiento.

El neurofeedback es un software informático utilizado generalmente como apoyo a tratamientos contra el TDAH. A pesar de ser un dispositivo de creciente uso, no existe una evidencia científica que ahonde en su uso para mejorar la atención en usuarios sanos. Esta investigación, al reseñar cómo se desarrolla este proceso, tiene un enfoque cuasi experimental. A continuación, se describen las fases a desarrollar, tanto en el desarrollo de la investigación como en la ejecución de los protocolos.

En el ámbito de la investigación, se ha realizado una búsqueda en la literatura científica para identificar cómo el neurofeedback se ha hecho cada vez más presente como un recurso alternativo para tratamientos terapéuticos y neurológicos.

El Neurofeedback (NFB), es un tipo de EEG, que entrena habilidades de autorregulación mediante tecnología computarizada. El hardware y el software tienen canales de audio y vídeo para corregir los patrones de ondas cerebrales irregulares y el flujo sanguíneo asociado con la salud mental y/o los problemas cognitivos (Hammond, 2011, p. 27).

A lo anterior, según Márquez 2018 se define el Neurofeedback además como:

El método que permite aprender a autorregular la actividad electrofisiológica del cerebro utilizando un condicionamiento de tipo operante. Se trata de un campo especializado del Biofeedback, un grupo de procedimientos que utilizan instrumentos para medir y procesar la actividad autónoma y neuromuscular para ofrecerla al paciente a modo de retroalimentación por un canal que puede ser auditivo y/o visual. Su objetivo es ayudar a las personas a darse cuenta de sus procesos fisiológicos que de otra manera permanecerían inconscientes, para aprender a modificarlas. (p. 5)

Las tecnologías informáticas cada vez avanzan más, la técnica del Neurofeedback combina estas tecnologías utilizando el EEG, que nos permite un monitoreo en tiempo real, con el condicionamiento operante (modificación de la conducta). Aplicando los protocolos de tratamientos específicos como la recompensa o la inhibición en ondas cerebrales específicas, esto permite que el cerebro se reconozca a sí mismo y cambie o autorregule su actividad eléctrica Theodoro quien cita a (Swingle, 2010).

Neurofeedback se basa en dos principios principales (Thompson y Thompson, 2003). La primera es que el EEG refleja de manera confiable estados mentales medibles. El segundo es que estos estados pueden ser entrenados. Está bien establecido que el EEG mide varios estados de ondas cerebrales (delta, Theta, alfa, Beta y gamma) relacionados con estados mentales consistentes (sueño, relajación profunda, enfoque tranquilo, resolución de problemas y eficiencia cognitiva). La palabra "entrenamiento" se usa en lugar de "tratamiento" porque el entrenamiento requiere un compromiso activo y un esfuerzo repetido para fortalecer una respuesta, mientras que el tratamiento implica una intervención pasiva en la que se hace algo a un cliente sin su participación activa.

Entre los fundamentos teóricos del neurofeedback, se encuentra que se utiliza como soporte teórico el Condicionamiento clásico de Pávlov (1927).

El condicionamiento clásico de Pávlov utilizaba un estímulo neutro (EN) junto a un estímulo condicionado (EC). Es un estímulo neutro aquel que no produce ninguna respuesta sobre el organismo que se está investigando y los más utilizados son una luz o el sonido de una campana o un timbre. Para aseverar que el estímulo es realmente neutro, éste se muestra varias veces hasta que es totalmente ignorado. El estímulo incondicionado produce una respuesta innata. Si el estímulo neutro se presenta junto a (EI), el estímulo neutro adquirirá las propiedades del (EI) transformándose en un estímulo condicionado (EC). (Díaz *et al.*, 2012).

Para afirmaba que el aprendizaje requería una relación condicional o dependiente entre el EI y el EC Si el EC y el EI. Siempre se presentan asociados y nunca aislados, se produce una relación perfectamente condicional o dependiente que lleva a que el organismo produzca una respuesta al EC, esta respuesta fue denominada respuesta condicionada (RC). Pávlov utilizó el término condicional (no el término condicionado) para referirse a los productos del condicionamiento (EC y RC), no obstante, debido a errores en las primeras traducciones de los trabajos de Pávlov al inglés el término condicionado se usa de forma generalizada (Plaud, 2003), (citado en Díaz *et al.*, 2012).

3.10. Electroencefalografía

Una señal de electroencefalografía (EEG) es generada a partir de corrientes producidas por la actividad sináptica de las neuronas. (Sanei & Chambers, 2013) que al ser activadas producen pulsos eléctricos que pueden ser detectados por medio de electrodos localizados sobre el cuero cabelludo, permitiendo que la actividad eléctrica del cerebro, conocida como EEG, pueda ser registrada. De esta manera, el EEG se genera a partir de un tipo específico de actividad sincrona de neuronas piramidales y la respuesta eléctrica que estas presentan en el área en el que se localiza el electrodo (Marzbani et al, 2016), (citado en Barbosa, 2017). El EEG se caracteriza por la manifestación de ritmos cerebrales con diferentes amplitudes y componentes frecuenciales. Dichos ritmos han sido categorizados a partir de

rangos frecuenciales asociados a estados fisiológicos particulares (Marzbani et al., 2016), (citado en Barbosa, 2017).

El tratamiento de la atención por medio del Neurofeedback, no solamente se ha aplicado en sujetos con alguna alteración en este proceso, sino que también se han hecho intervenciones de este tipo con sujetos sanos.

Existe evidencia a favor de que individuos sanos pueden aprender a incrementar componentes específicos de su actividad eléctrica cerebral (Vernon et al., 2003), y se han demostrado beneficios clínicos y validación de ganancias cognoscitivas, las cuales incluyen ganancias en la atención sostenida, orientación, atención ejecutiva (Gruzelier, 2014) y atención focalizada (Vernon *et al.*, 2003).

3.11. Sistema 10-20

El Sistema 10-20, es un sistema estándar de posicionamiento de electrodos, distancias correspondientes al 10% o 20% de la longitud total entre puntos específicos del cráneo. Estudios han demostrado que dicho sistema de localización presenta una correlación con las correspondientes regiones corticales del cerebro. Es decir, la nomenclatura de los electrodos corresponde a cada región cortical. Cada posición es usualmente referenciada con una letra y un número. Las letras F, T, P y O que indican la zona frontal, parietal, temporal, occipital y central del cerebro (Marzbani et al., 2016), (citado en Barbosa, 2017). Ver figura (4.2.3.1). y los números hacen referencia al hemisferio. Se utiliza también la letra C para referenciar la parte central del cerebro y la letra “z” se refiere a la línea media del cerebro. Los números pares (2, 4, 6, 8) asocian el electrodo a posiciones en el hemisferio derecho, mientras que los números impares (1,3,5,7) hacen referencia a posiciones en el hemisferio izquierdo (Tatum, 2007), (citado en Duarte, 2015).

El sistema 10-20 tiene cuatro puntos de referencia que son el nasión, el inión y los dos que van en el lóbulo de la oreja. El nasión es una depresión que se ubica entre la nariz y la

frente. El inión es una protuberancia que se encuentra en la parte posterior de la cabeza entre cuello y cabeza. Los puntos prearticulares se ubican en la oreja izquierda y derecha, específicamente en una depresión arriba del cartílago que cubre las orejas. (Stern et al, 2005), (citado en Sarmiento, 2015).

4. Metodología

Las investigaciones en torno a la eficacia del neurofeedback como opción de tratamiento para personas con TDAH evidencian resultados con un alto grado de eficacia. Esto, en parte, se debe a que hay una posibilidad de medición, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. Por ahora se le utiliza como un proceso de apoyo para otros tratamientos. En esta investigación se busca un análisis al interior de las fases y los protocolos para así aportar a su conocimiento. La novedad es que se aplican estos protocolos a personas sanas. Se realizará un análisis a profundidad de dos protocolos: El ritmo Theta/Beta y el Ritmo Sensoriomotor.

4.1. Enfoque metodológico

En el presente trabajo se aplicará un enfoque descriptivo. Los datos descriptivos se expresan en términos cualitativos y cuantitativos. Se puede utilizar uno de ellos o ambos a la vez.

Se usan en estudios cuyo objetivo es examinar la naturaleza general de los fenómenos. Los estudios cualitativos proporcionan una gran cantidad de información valiosa, pero poseen un limitado grado de precisión, porque emplean términos cuyo significado varía para las diferentes personas, épocas y contextos. Los estudios cualitativos contribuyen a identificar los factores importantes que deben ser medidos.

Cuantitativos (por medio de símbolos matemáticos): Los símbolos numéricos que se utilizan para la exposición de los datos provienen de un cálculo o medición. Se pueden medir las diferentes unidades, elementos o categorías identificables.

[...] Los datos descriptivos se expresan en términos cualitativos y cuantitativos. Según Sabino se puede utilizar uno de ellos o ambos a la vez. Cualitativos (mediante símbolos verbales): Se usan en estudios cuyo objetivo es examinar la naturaleza general de los fenómenos. Los estudios cualitativos proporcionan una gran cantidad de información valiosa, pero poseen un limitado grado de precisión, porque emplean términos cuyo significado varía para las diferentes personas, épocas y contextos. Los estudios cualitativos contribuyen a identificar los factores importantes que deben ser medidos. (Pág. 47)

Cuantitativos (por medio de símbolos matemáticos): Los símbolos numéricos que se utilizan para la exposición de los datos provienen de un cálculo o medición. Se pueden medir las diferentes unidades, elementos o categorías identificables.

Muestra: se trabaja con seis personas sanas. A dos personas se le aplica el protocolo Theta/Beta y a las otras dos el protocolo del Ritmo Sensoriomotor. Esta muestra, como se evidencia, arrojará datos cuantitativos.

4.2. Fases del proyecto

Para esta metodología se tienen en cuenta las siguientes variables: la comprensión de la atención en sus diferentes expresiones; la relación que hay entre la atención y las ondas cerebrales; y la forma como el cerebro aprende e identifica el condicionamiento operante para mejorar habilidades en los sujetos.

En cuanto a la atención, como facultad cerebral tiene varias funciones, y que además se corresponden con partes concretas del cerebro. Autores como Hampson et al (2020) aplicaron procesos con ejercicios de neurofeedback con resultados óptimos para varios

tipos de atención, entre ellos: la memoria visual; el desempeño continuo; capacidad para mantener la atención; la atención a corto plazo; y el seguimiento de múltiples objetos.

Desde Posner (1992) se puede entender la atención como un mecanismo de alerta y de selección. El cual es controlado por varias áreas cerebrales que están conectadas entre sí por circuitos o de redes neuronales.

Los procedimientos de los protocolos suelen mantenerse a lo largo de las sesiones. Autoras como Van Son *et al.*, (2020) mantienen la aplicación de los protocolos establecidos. O sea, que hay una clara intención por saber las variables que se desprenden e incluso las alteraciones en las ondas, y existe cada vez más una intención de reformular y formular protocolos. En esa intención de búsqueda de nuevos protocolos es que se enmarca la presente investigación, la cual propone una variabilidad sustancial en dichos protocolos.

En la literatura se evidencia, por otra parte, la utilización de protocolos de frecuencia aleatoria tipo placebo (Safont, 2015, p. 24-25). Esto permite que la validación de la eficacia del protocolo no quede supeditada sólo al post test. Otros autores como Gruzelier (2013) entienden que la atención, lo cognitivo e incluso los procesos afectivos, logran avanzar o transformarse recurriendo a los ejercicios de retroalimentación.

El aprendizaje en el desarrollo del protocolo por parte del cerebro se da de forma gradual, de modo tal que al incluir ejercicios placebos, se debe evidenciar la pausa en el proceso. Esta aceleración y detención podría ser un desencadenante de más aprendizaje, en la medida que el cerebro reconozca que está ante dos opciones y que en una ha logrado un avance considerable. La inclusión del efecto placebo aporta información sobre el avance, a la vez que potencia la reincorporación en el proceso.

4.2.1. Primera fase.

Preparación y sensibilización. En esta fase de sensibilización se les informa a los participantes el proceso que se va a analizar con el entrenamiento con neurofeedback para

mejorar su proceso de atención y la importancia que tiene este para un aprendizaje exitoso. Se les entregará en el formato de consentimiento informado el cual debe ser firmado para autorizar dicha intervención. Este proceso no es invasivo

Luego de recibir al usuario y de hacer un primer contacto en el que se le escucha y se le indican las posibilidades del proceso, se le realiza una entrevista psicológica y un mapeo cerebral. Para lo anterior se utiliza el test de Stroop según Rodríguez, Pulido y Pineda (2016) “posee adecuadas características de validez y confiabilidad y, en consecuencia, puede ser usado en evaluación neuropsicológica” (p. 270). En esta fase el test se concibe como un pretest, como fuente de diagnóstico.

4.2.2. Segunda fase.

Diseño del plan de entrenamiento. Con la información recopilada se hace un primer diagnóstico, con el objetivo de proponer un cronograma de entrenamiento en el que se explicitan fechas, horarios, intensidad y objetivos. Para el caso particular de este ejercicio investigativo, se tiene en cuenta los intereses de cada usuario en cuanto sus prioridades a trabajar con el neurofeedback. Inicialmente el software organiza cinco bloques de entrenamiento, cada uno con cuatro protocolos.

4.2.3. Tercera fase.

Ejecución del plan de entrenamiento. En cada sesión de entrenamiento los procedimientos van a ser de dos bloques. Una vez el usuario esté cómodo, se procede a ubicarle de forma correcta los ocho electrodos, para lo cual se utiliza una solución salina. Dichos electrodos van vinculados a un casco Emotiv® EPOC (ver Ilustración 5). Se utiliza el software Simulink® de MATLAB®. y se constata que el proceso comunicativo entre el computador, la interfaz y la pantalla de proyección. Es importante que los usuarios reciban las indicaciones con relación a la comunicación de la retroalimentación va a ser por sombra, sonido, música o estimulación visual.



Ilustración 5. Instalación de electrodos.

En cada sesión, el usuario es ubicado en frente de una pantalla en la cual se le proyecta una película o un video en el que se le transmite información visual y auditiva. El material que se le proyecte ha sido escogido y adaptado con antelación. En el momento que la persona se desconcentra o distrae, el sistema capta esta variación y hace que la pantalla del usuario se ponga negra o se oscurezca, o se activa un sonido o música de alerta. Esto funciona como aviso al usuario de que ha cambiado el foco de atención y de que es necesario que retome su labor de atención.

El feedback, y esta es una de las claves de este programa, se hace en tiempo real. En todos los protocolos se hace algún tipo de estimulación, los cuales son sugeridos por el software. En algunas investigaciones se ha optado por hacer variaciones en cuanto a la velocidad de reproducción como forma de incentivar la estimulación (Sánchez et al., 2014). Esto depende de las características del software empleado. Para los protocolos que son de estimulación visual se tiene en cuenta una variable, y es la posibilidad de que el proceso se vea alterado cuando el video es conocido por el usuario, pues él podría verse conducido por sus conocimientos previos.

De acuerdo con las instrucciones del protocolo, será con ojos cerrados o con ojos abiertos. Al inicio se debe verificar que el sistema esté tomando toda la señal y procesando

la información. Es necesario que el o la profesional mantenga en todo momento el control de la sesión y de que verifique que el usuario no altere con algún movimiento la ubicación de los electrodos.

Luego de que se instalen los electrodos, cada sesión dura treinta minutos. Hay que tener en cuenta el plan de entrenamiento para tomar decisiones en cuanto a la priorización de la atención; lo sugerido es que dure treinta minutos, por lo menos diez se dediquen a esto. Por otra parte, y basándose en el mapeo inicial, además de los intereses manifestados por el usuario, hay que trabajar en sus estados más alterados.

Las imágenes que se le transmiten son seleccionadas, no para que mantenga al 100% su atención, sino para que se sienta en un ambiente agradable y en cierta forma real. Este protocolo se repite por varias sesiones, de forma tal que el usuario se ejercite y adquiera el hábito de la atención con los condicionamientos operantes que se pretenden.

Al principio del tratamiento se aplican sesiones con protocolos para inhibir ondas lentas en la parte frontal o si no hay suficientes ondas alfa o gamma en la parte parietal. El software, en la medida que la persona no reporta algunos cuadros de inatención, entiende que ya se desarrolló esta habilidad y que su cerebro se autorregula, por lo cual sugiere que la persona puede trabajar otros aspectos. La cantidad de sesiones es dinámica, puesto que lo importante es que cada inatención sea superada.

El profesional o la profesional debe estar alerta y tomar las mejores decisiones, enfocadas en la consecución del objetivo final. Hay que evaluar el estado de ánimo y la disposición que el usuario tenga en cada sesión, y de ser necesario se debe optar por una sesión más acorde.

Aunque en los procesos “normales” las veinte sesiones se dividen en cuatro bloques, y estos son cíclicos dentro del plan de entrenamiento, esta investigación opta por hacer algunos cambios. Además, en una sesión pueden trabajarse varios protocolos, tanto como los sugiera el plan, pues es un diagnóstico holístico.

Con el grupo A se opta por trabajar las ondas del Ritmo Sensoriomotor, lo cual se hace desde la variable del tiempo (Sánchez *et al.*, 2014). Este protocolo se centra en la estimulación y aumento de velocidad de procesamiento. Para el grupo B se aplicará el protocolo Theta/Beta, la secuencia que regirá las sesiones será la de los tipos de atención (Hampson *et al.*, 2020).

4.2.4. Estructura de las sesiones

Como se indica en la tabla siguiente, a los usuarios se les aplicará un pretest antes de iniciar las sesiones, y un Postest al finalizar todo el entrenamiento. Se tendrá un Grupo Control, al que sólo se le aplicará el pretest y el Postest, como lo indica Reiner *et al.*, (2014). La distancia temporal entre cada test se regirá por la misma duración de los usuarios del bloque 1 y el bloque 2.

Tabla 2. Estructura del entrenamiento

		Bloque 1		Bloque 2		
	Pretest	1. Memoria a corto plazo (3 sesiones)	2. Memoria de trabajo (3 sesiones)	1. Memoria a corto plazo (3 sesiones)	2. Memoria de trabajo (3 sesiones)	Postest
Atención Focalizada	Grabación señales test de atención.	Auditivo. (3 sesiones)	Auditivo. (3 sesiones)	Visual. (3 sesiones)	Visual. (3 sesiones) rompecabezas	Grabación señales test de atención.
Atención Dividida	Grabación señales test de atención.	Auditivo. (3 sesiones)	Auditivo. (3 sesiones)	Visual. (3 sesiones)	Visual. (3 sesiones)	Grabación señales test de atención.

Atención focalizada. Bloque 1 memoria a corto plazo. Auditivo. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en Fp1, Fp2, F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles,

2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). El entrenamiento consiste en lo siguiente: el usuario escuchará un audio de un minuto, donde se le reproduce el nombre de 6 letras y 1 repetida. De inmediato se le pregunta cuál letra se repitió. Luego de su respuesta se le dará un minuto de descanso, para continuar con otras dos secuencias del mismo ejercicio; pero con los siguientes grados de complejidad: segunda secuencia, 8 letras y 2 repetidas, en la tercera 10 letras y 3 repetidas, y en la cuarta 12 letras y 4 repetidas. Se dará un intervalo de descanso de 1 minuto entre cada secuencia. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 1. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: La sesión consiste en lo siguiente: se le indica al usuario que durante veinte segundos se le reproducirá un audio en el que escuchará 6 letras y una repetida; seguido de ello, se le pedirá en un audio que diga en voz alta la letra que se repitió en el audio anterior. Inmediatamente de su respuesta se le dará un minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 2. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: Se le indica al usuario que durante veinte segundos se le reproducirá un audio en el que escuchará 8 letras y 2 repetidas; seguido de ello, se le pedirá en un audio que diga en voz alta las 2 letras que se repitieron en el audio anterior. Inmediatamente de su respuesta se le dará un minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 3. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (O). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: se le indica al usuario que durante veinte segundos se le reproducirá un audio en el que escuchará 10 letras y 3 repetidas; seguido de ello, se le pedirá en un audio que diga en voz alta las 3 letras que se repitieron en el audio anterior. Inmediatamente de su respuesta se le dará un minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Atención focalizada. Bloque 2. Memoria a corto plazo – visual. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). El entrenamiento consiste en lo siguiente: Durante 20 segundos se le presenta una imagen al usuario, en la que hay 6 letras. Luego se le presenta una segunda imagen donde se le pregunta si identifica la letra que se repitió en la imagen anterior. Se realizan otras dos secuencias del mismo ejercicio, con los siguientes grados de complejidad: Segunda secuencia 8 letras y 2 repetidas, en la tercera 10 letras y 3 repetidas y en la cuarta 12 letras y 3 repetidas. Se dará un intervalo de descanso de 1 minuto entre cada secuencia. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 1. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: Se le indica al usuario que durante veinte segundos se le presentará una imagen en la que observará seis letras; seguido de ello, se le presentará una segunda imagen donde se le pide que diga en voz alta la letra que se repitió en la imagen anterior. Luego de su respuesta se le dará un minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario

el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 2. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: se le indica al usuario que durante veinte segundos se le presentará una imagen en la que observará ocho letras, seguido de ello, se le presentará una segunda imagen donde se le pide que diga en voz alta las dos letras repetidas en la imagen anterior. Luego de su respuesta se le dará un minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 3. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes de Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: se le indica al usuario que durante veinte segundos se le presentará una imagen en la que observará diez letras, seguido de ello, se le presentará una segunda imagen donde se le pide que diga en voz alta las tres letras repetidas en la imagen anterior. Luego de su respuesta se le dará un minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario

el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Atención dividida. Bloque 1. Memoria a corto plazo. Auditivo. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en Fp1, Fp2, F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). El entrenamiento consiste en lo siguiente: se escuchará un audio con sonidos de objetos, animales, nombres de personas y ciudades. En el primer audio escucharán cuatro sonidos, luego se le preguntará qué sonidos recuerda; seguido de ello se dará un descanso de un minuto. Este ejercicio se repetirá dos veces más, aumentando el grado de dificultad teniendo en cuenta que en el segundo ejercicio serán seis y en el tercero serán ocho sonidos. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 1. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en Fp1, Fp2, F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: se escuchará un audio con sonidos de objetos, animales, nombres de personas y ciudades. En el primer audio escucharán 4 sonidos, luego se le preguntará qué sonidos recuerda; seguido de ello se dará un descanso de un minuto. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla

informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 2. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en Fp1, Fp2, F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: se escuchará un audio con sonidos de objetos, animales, nombres de personas y ciudades. En el segundo audio escucharán 6 sonidos, luego se le preguntará qué sonidos recuerda; seguido de ello se dará un descanso de un minuto. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 3. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en Fp1, Fp2, F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos cerrados (OC). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). La sesión consiste en lo siguiente: se escuchará un audio con sonidos de objetos, animales, nombres de personas y ciudades. En el tercer audio escucharán 8 sonidos, luego se le preguntará qué sonidos recuerda; seguido de ello se dará un descanso de un minuto. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Memoria a corto plazo. Visual. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). Para este entrenamiento se proyecta un video animado de 90 segundos en el que un sujeto maneja un camión por una autopista, de allí se harán una serie de preguntas aumentando el grado de dificultad, este ejercicio se repite 2 veces, se dará un intervalo de descanso de 1 minuto entre cada ejercicio. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 1. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobbles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). En esta sesión se proyecta un video animado de 90 segundos en el que un sujeto maneja un camión por una autopista, luego se le plantea la siguiente pregunta, la cual debe responder en voz alta: ¿Cuál era el color del camión?, finalizando la respuesta se le dará un 1 minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 2. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). En esta sesión se proyecta un video animado de 90 segundos en el que un sujeto maneja un camión por una autopista, luego se le plantean las siguientes 2 preguntas, las cuales debe responder en voz alta: ¿Cuántas veces comió Sándwich el conductor?, y ¿Qué letra estaba caída en el letrero del café?, finalizando la respuesta se le dará 1 minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Sesión 3. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3, C4 y C3 activos (Carrobles, 2016, p. 128). Se les invita a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). En esta sesión se proyecta un video animado de 90 segundos en el que un sujeto maneja un camión por una autopista, luego se le plantean las siguientes 3 preguntas, las cuales debe responder en voz alta: “¿Cuál es el orden de las señales de tránsito? ¿Qué velocidad marcó el velocímetro? ¿Qué número aparece en la placa del vehículo?” Finalizando las respuestas se le dará un 1 minuto de descanso. Al terminar la sesión se le muestra una pantalla informando al usuario el estado de su proceso, indicándole sus promedios de las señales relacionadas con la atención: Sensoriomotor y Theta/Beta.

Memoria de trabajo. Visual. Se instalan los electrodos a los usuarios, estos se ubican en F4 y F3 (características de los electros), C4 y C3 (características de los electros); con dos electrodos de referencia Fp1 y Fp2 activos (Carroble, 2016, p. 128). Se les invita a los usuarios estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). El entrenamiento dura 45 minutos, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). Este entrenamiento consiste en tres sesiones; en cada una se realizará un ejercicio de razonamiento matemático para mejorar la memoria de trabajo y la atención. Dichos ejercicios tendrán diferentes grados de complejidad; se dará un intervalo de descanso de 1 minuto entre cada sesión.

Sesión 1. Se les invita a los usuarios a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos aproximadamente, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). En esta sesión se proyecta un ejercicio de razonamiento matemático para mejorar la memoria de trabajo y la atención, en donde el sujeto debe ubicar en cada cuadro un número del 1 al 8, con la condición de que, en dos cuadros contiguos, los números no sean consecutivos. Se dará un intervalo de descanso de 1 minuto para continuar con la siguiente sesión. (imagen del ejercicio)

Sesión 2. Se les invita a los usuarios a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos aproximadamente, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes

Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). En esta sesión se proyecta un ejercicio de razonamiento matemático para mejorar la memoria de trabajo y la atención, en donde el sujeto debe ubicar en cada círculo, los números del 1 al 9, sin repetirlos, con la condición de que la suma de cada línea sea de 27. Se dará un intervalo de descanso de 1 minuto.

Sesión 3. Se les invita a los usuarios a estar en una postura tranquila frente a la pantalla. Esto se hace para permitir que haya una distensión muscular para que las señales neurológicas tengan cierta limpieza en las señales que se van a procesar a través del equipo (Baquero y Valderrama, 2018, págs. 11-12). La sesión dura 15 minutos aproximadamente, se desarrolla con ojos abiertos (OA). Esta sesión se construye a partir de los aportes Galindo (2010), quien considera que se “precisa concentración, para mantener la atención e inhibir las respuestas ante estímulos irrelevantes” (Pág. 44). En esta sesión se proyecta un ejercicio de razonamiento matemático para mejorar la memoria de trabajo y la atención, en donde el sujeto debe ubicar en cada círculo los números del 1 al 6, sin repetirlos, con la condición de que la suma de cada lado sea de 9. Se dará un intervalo de descanso de 1 minuto para continuar con la siguiente sesión.

4.2.4. Cuarta fase.

Evaluación. Esta fase se nutre de: la información que constantemente brinda el software; con los resultados obtenidos en el test de Stroop aplicado al cierre de las sesiones; la valoración del usuario en cuanto a su proceso. Se tendrá en cuenta las particularidades de cada grupo.

5. Descripción del desarrollo del software

Para el procesamiento de señales se utilizó un casco Emotiv® EPOC del cual se selecciona un solo canal para la recepción de datos, el cual corresponde a los electrodos F3 (lóbulo frontal izquierdo), F4 (lóbulo frontal derecho) C3 (zona central izquierdo), C4 (zona central derecho) según el sistema internacional 10-20. El procesamiento de las señales EEG adquiridas se realiza por medio del software Simulink® de MATLAB®. Las señales obtenidas se utilizarán para el desarrollo de dos protocolos: Uno en la banda de frecuencia Theta/Beta y el otro en banda de frecuencia del Ritmo Sensoriomotor.

6. Descripción de los resultados

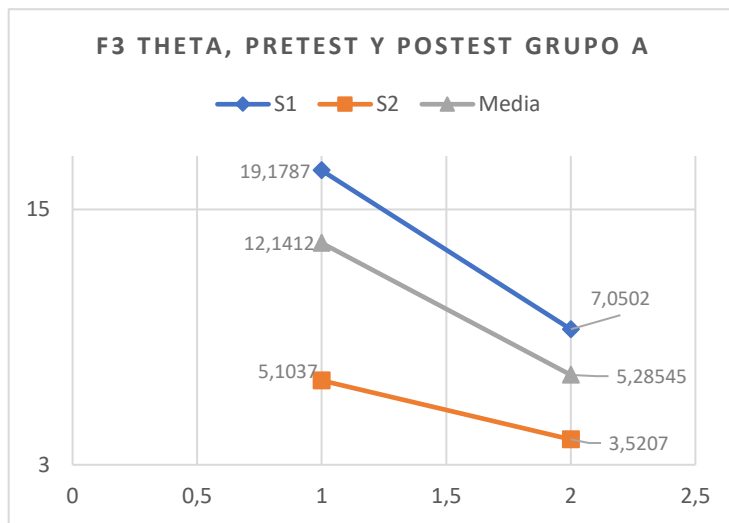
En este apartado se reseñan los resultados obtenidos en el test y Postest del Grupo A, Grupo B y Grupo Control. Estos datos se tomaron antes de iniciar la primera sesión y luego de concluido todo el entrenamiento. Los electrodos utilizados fueron F3, F4, C3 y C4, con los cuales se obtiene la información de las señales cerebrales Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor. De igual forma se describen los resultados de las medias ponderadas entre los grupos A, B y Control.

6.1 Electrodo F3 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Luego de ser ubicados los electrodos se toman los datos en la posición F3 del sistema 10-20, del cual a continuación se presentan los resultados en la banda Theta, Beta y RMS, en los grupos A, B y Control. Los datos obtenidos de las señales cerebrales son expuestos en las gráficas, en la medida de microvoltios. Los sujetos 1 y 2 corresponden al Grupo A, 3 y 4 al Grupo B, y 5 y 6 al Grupo Control. Éste último no desarrolló las sesiones de entrenamiento, por tanto, sus aportes son como referencia en la medición de los grupos A y B.

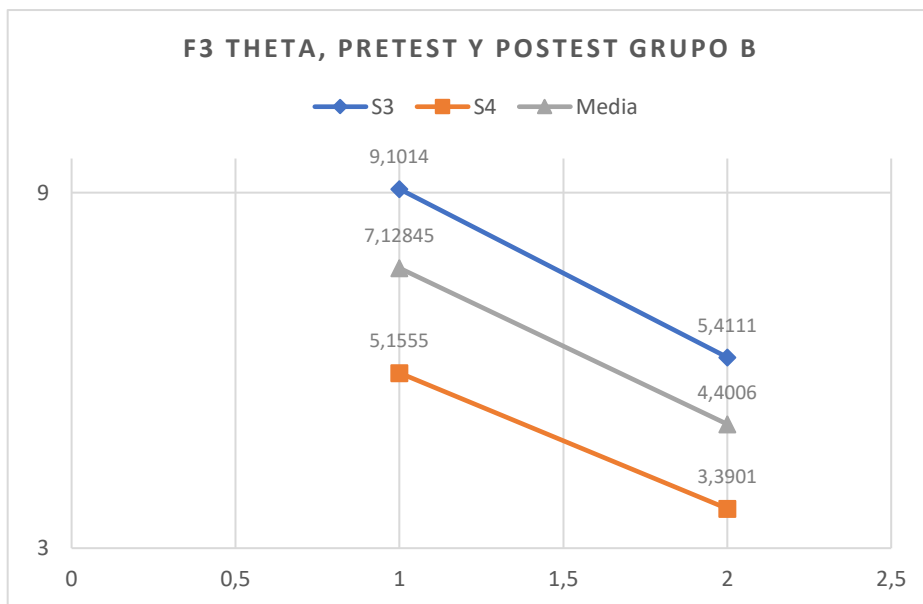
6.1.1. Electrodo F3 en Theta

Grupo A. Se observa en la siguiente gráfica que el sujeto 1 en el pretest registra 19,1787 microvoltios [μV], y en el Postest 7,0502 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 5,1037 μV , y en el Postest 3,5207 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 12,1412 μV ; media del Postest de los sujetos 1 y 2: 5,2854 μV .



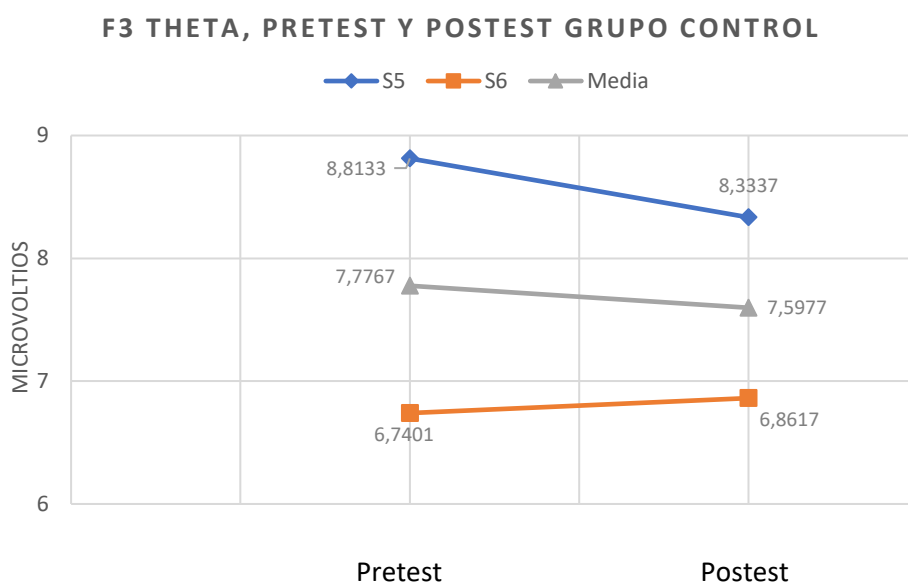
Gráfica 1. F3 Theta, pretest y Postest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra 9,1014 μ V, y en el Postest 5,4111 μ V. El sujeto 4 en el pretest registra 5,1555 μ V, y en el Postest 3,3901 μ V. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: 7,1284 μ V; media del Postest de los sujetos 3 y 4: 4,4006 μ V.



Gráfica 2. F3 Theta, pretest y Postest, Grupo B

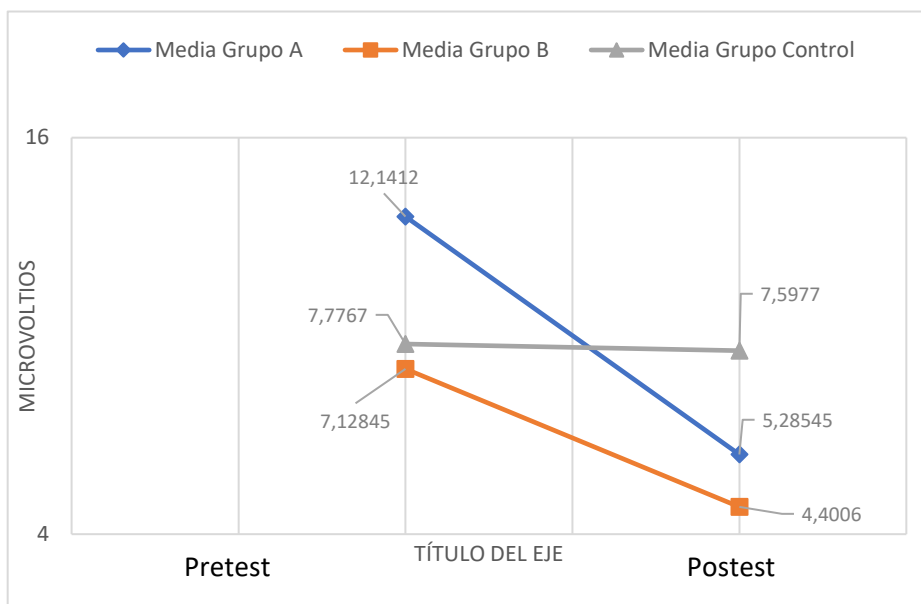
Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $8,8133\mu\text{V}$, y en el Postest $8,3337\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $6,7401\mu\text{V}$, y en el Postest $6,8617\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $7,7767\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 5 y 6: $7,5977\mu\text{V}$.



Gráfica 3. F3 Theta, pretest y Postest Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $12,1412\mu\text{V}$, y en el Postest $5,2854\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $7,1284\mu\text{V}$, y en el Postest $4,4006\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $7,7767\mu\text{V}$, y en el Postest $7,5977\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Postest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó

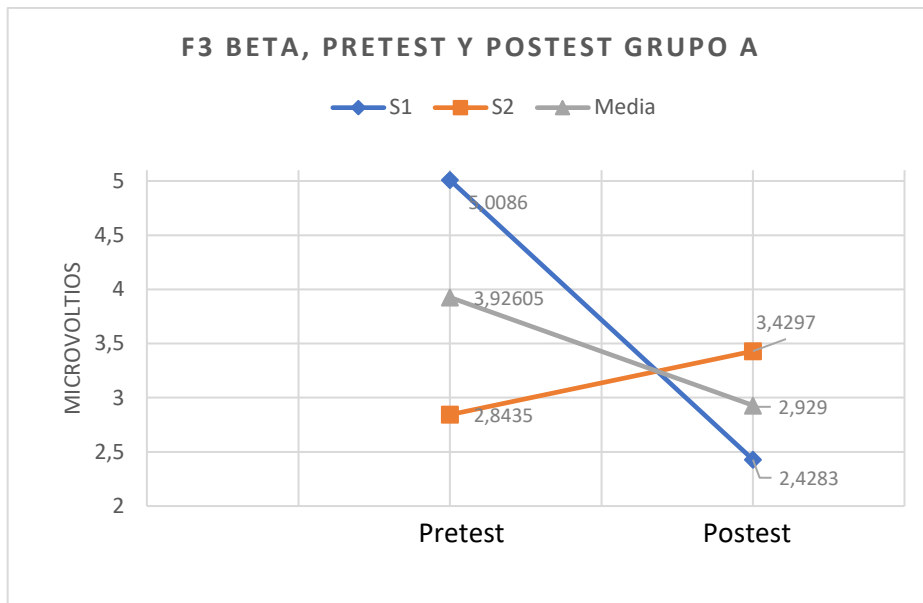
también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Postest tuvo menor oscilación entre dichos rangos



Gráfica 4. Medias ponderadas F3, pretest y Postest

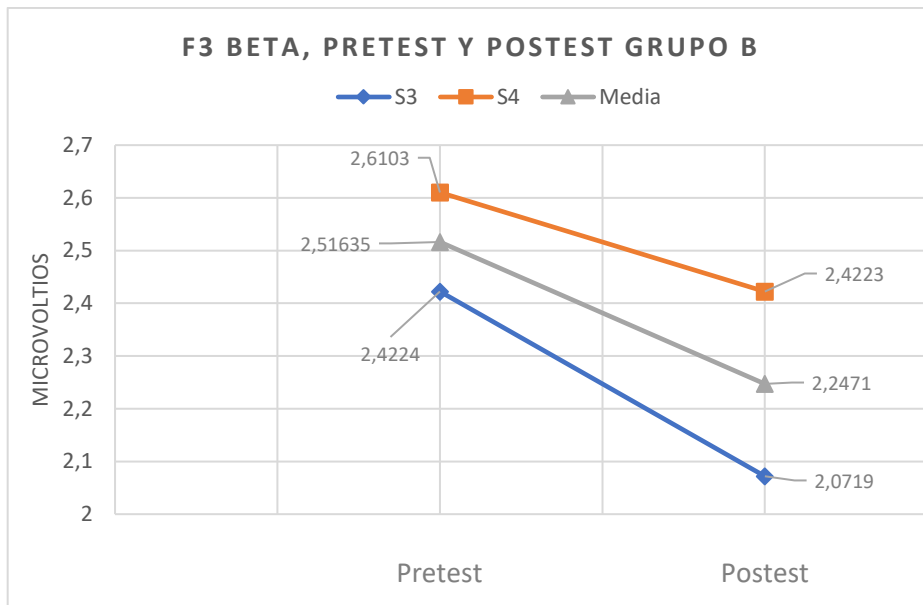
6.1.2. Electrodo F3 en Beta

Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 5,0086 microvoltios [μV], y en el Postest 2,4283. El sujeto 2 en el pretest registra 2,8435 μV , y en el Postest 3,4297 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 3,92605 μV ; media del Postest de los sujetos 1 y 2: 2,929 μV .



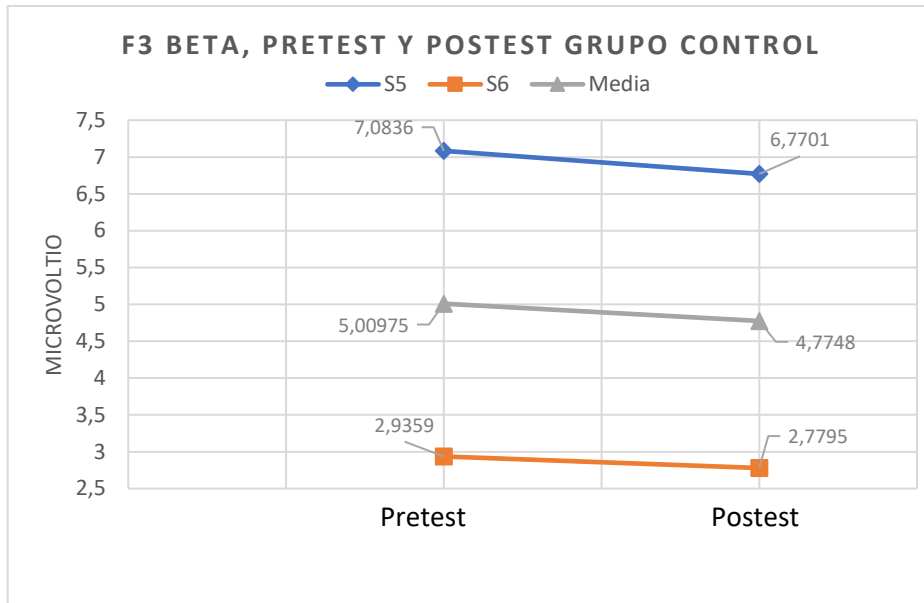
Gráfica 5. F3 Beta, pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra 2,4224, y en el Posttest 2,0719 μ V. El sujeto 4 en el pretest registra 2,6103 μ V, y en el Posttest 2,4223 μ V. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: 2,512635 μ V; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: 2,2471 μ V.



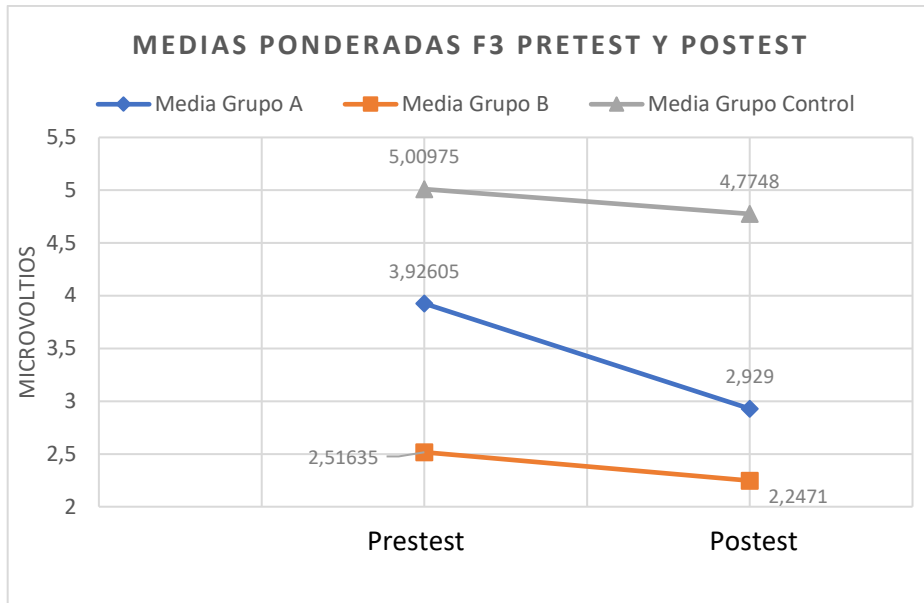
Gráfica 6. F3 Beta, pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $7,0836\mu\text{V}$, y en el Posttest $6,7701\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $2,9359\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,7795\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $5,00975\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: $4,7748\mu\text{V}$.



Gráfica 7. F3 Beta, pretest y Posttest, Grupo Control

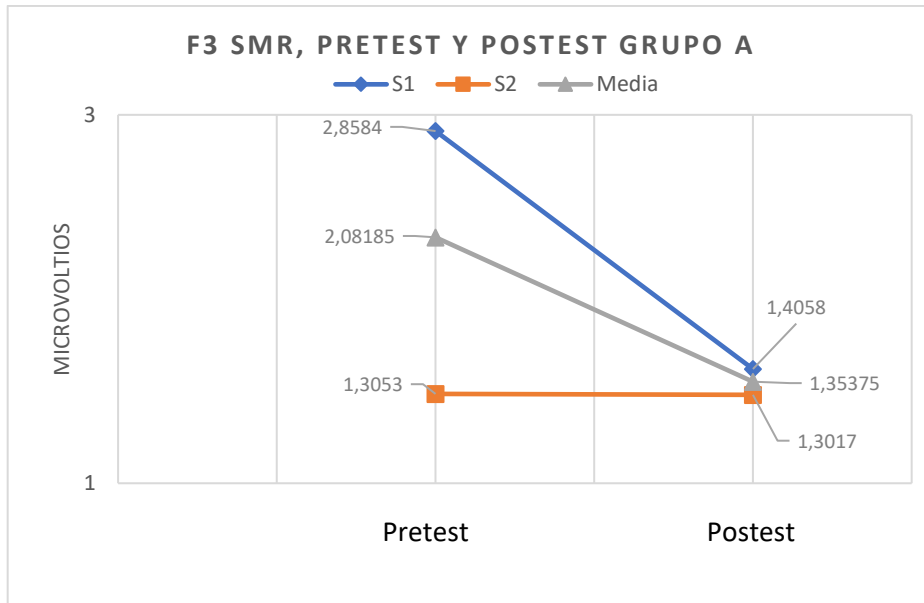
Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $3,92605\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,929\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $2,51635\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,2471\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $5,00975\mu\text{V}$, y en el Posttest $4,7748\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.



Gráfica 8. Medias ponderadas, F3 pretest y Posttest

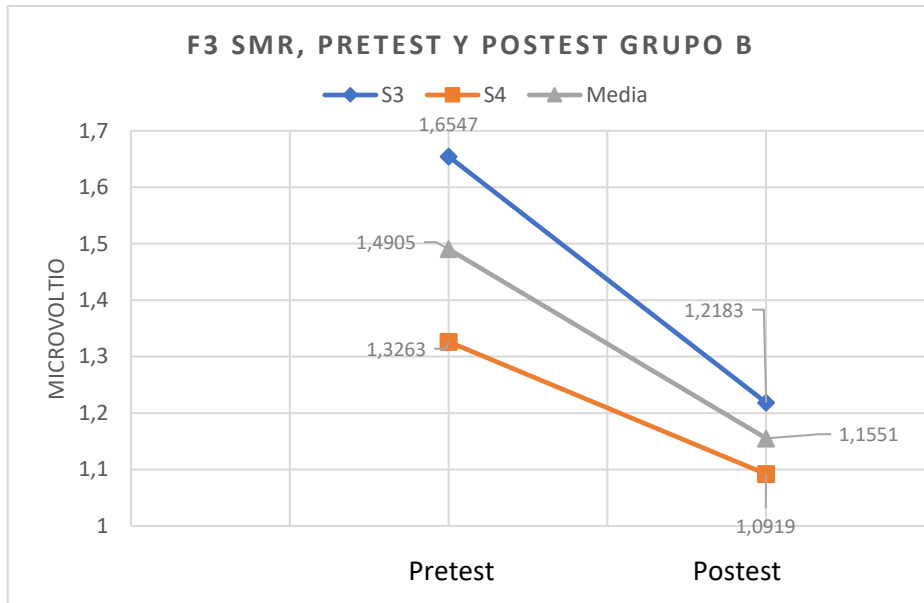
6.1.3. Electrodo F3 en Ritmo Sensoriomotor

Grupo A. Como se evidencia en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 2,8584 microvoltios [μV], y en el Posttest 1,4058 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 1,3053 μV , y en el Posttest 1,3017 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 2,08185 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 1,35375 μV .



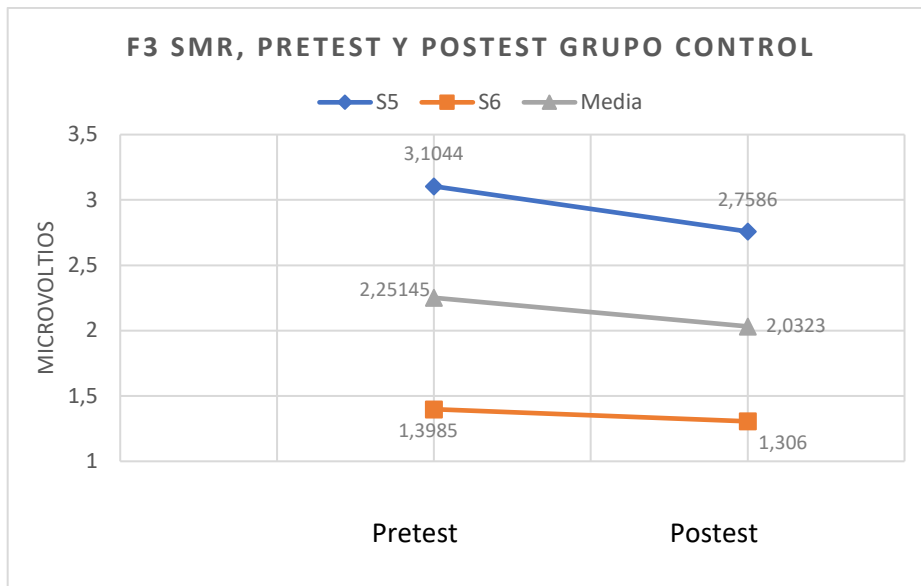
Gráfica 9. F3 SMR, pretest y Postest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $1,6547\mu\text{V}$, y en el Postest $1,2183\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $1,3263$, y en el Postest $1,0919\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $1,4905\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 3 y 4: $1,1551\mu\text{V}$.



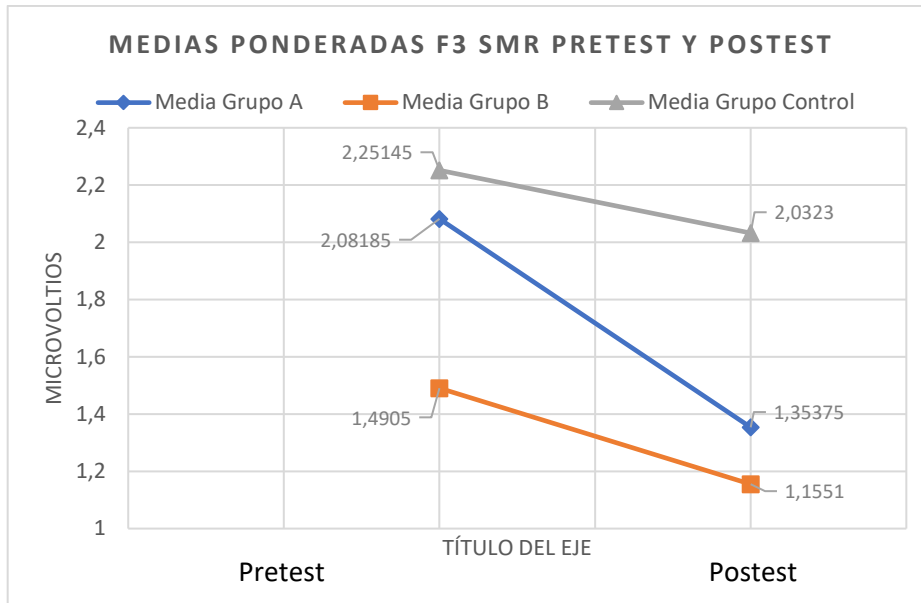
Gráfica 10. F3 SMR, pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $3,1044\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,7586\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $1,3985\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,306\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $2,25145\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: $2,0323\mu\text{V}$.



Gráfica 11. F3 SMR, pretest y Posttest, Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $2,08185\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,35375\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $1,4905\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,15501\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $2,25145\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,0323\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.



Gráfica 12. Medias ponderadas, F3, SMR, pretest y Posttest

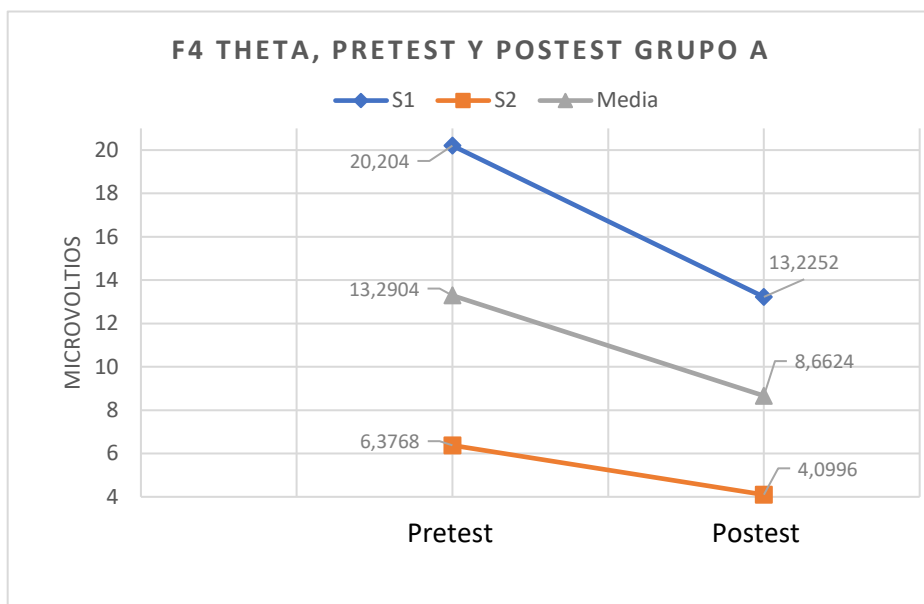
6.2 Electrodo F4 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Luego de ser ubicados los electrodos se toman los datos en F4, del cual a continuación se presentan los resultados en Theta, Beta y RMS, en los grupos A, B y Control. Los datos de las gráficas están en microvoltios. Los sujetos 1 y 2 corresponden al Grupo A, 3 y 4 al Grupo B, y 5 y 6 al Grupo Control. Éste último no desarrolló las sesiones de entrenamiento, por tanto, sus aportes sirven como referencia en la medición de los grupos A y B.

6.2.1. F4 en Theta

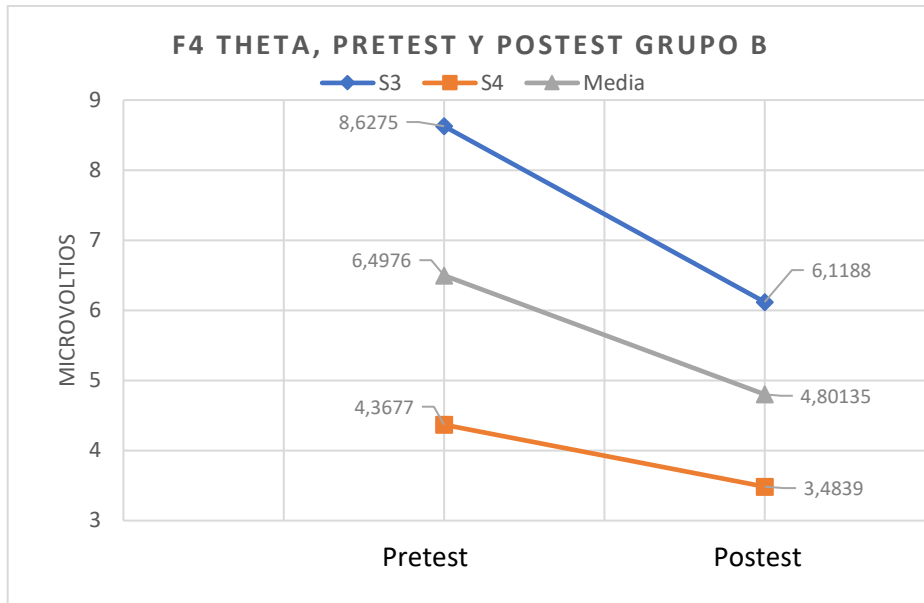
Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 20,204 microvoltios [μV], y en el Posttest 13,2252 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 3,3768 μV , y en el Posttest 4,0996 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes

resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: $13,2904\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 1 y 2: $8,6624\mu\text{V}$.



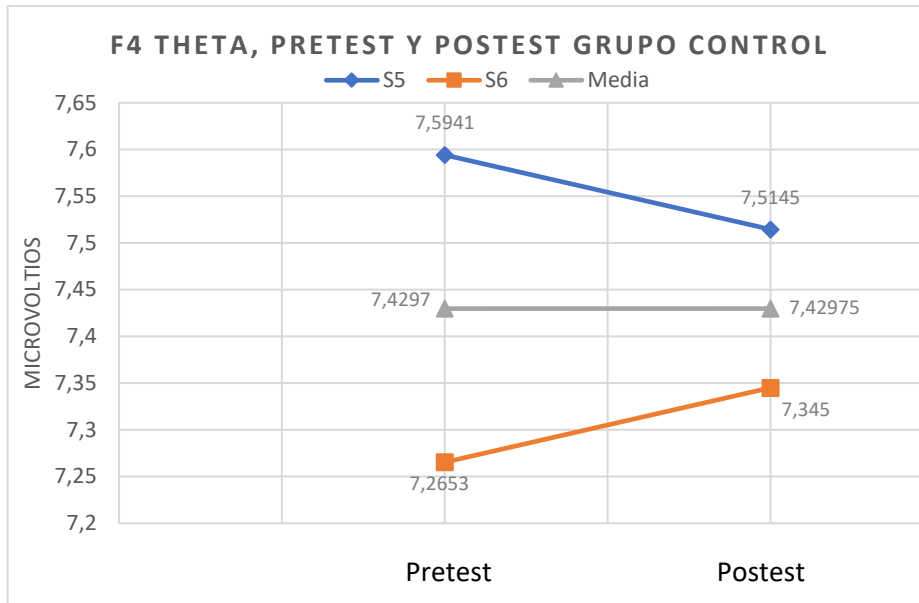
Gráfica 13. F4 Theta, pretest y Postest Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $8,6275\mu\text{V}$, y en el Postest $6,1188\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $4,3677\mu\text{V}$, y en el Postest $3,4839\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $6,4976\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 3 y 4: $4,80135\mu\text{V}$.



Gráfica 14. F4 Theta, pretest y Postest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra 7,5941 μ V, y en el Postest 7,5145 μ V. El sujeto 6 en el pretest registra 7,2653 μ V, y en el Postest 7,345 μ V. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: 7,4297 μ V; media del Postest de los sujetos 5 y 6: 7,42975 μ V.



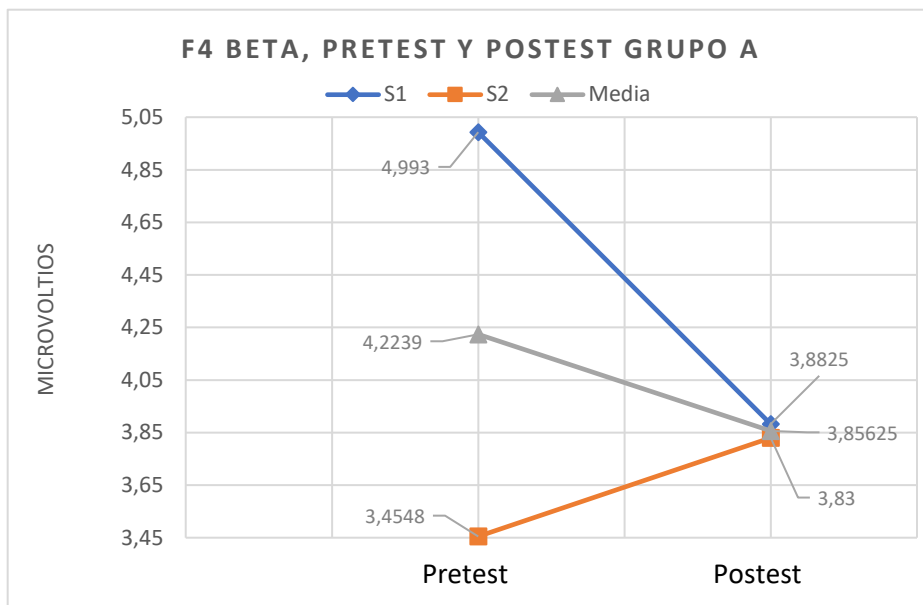
Gráfica 15. F4. Theta, pretest y Posttest, Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $13,2904\mu\text{V}$, y en el Posttest $8,6624\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $6,4976\mu\text{V}$, y en el Posttest $4,80135\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $7,4297$, y en el Posttest $7,42975\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.

6.2.2. F4 en Beta

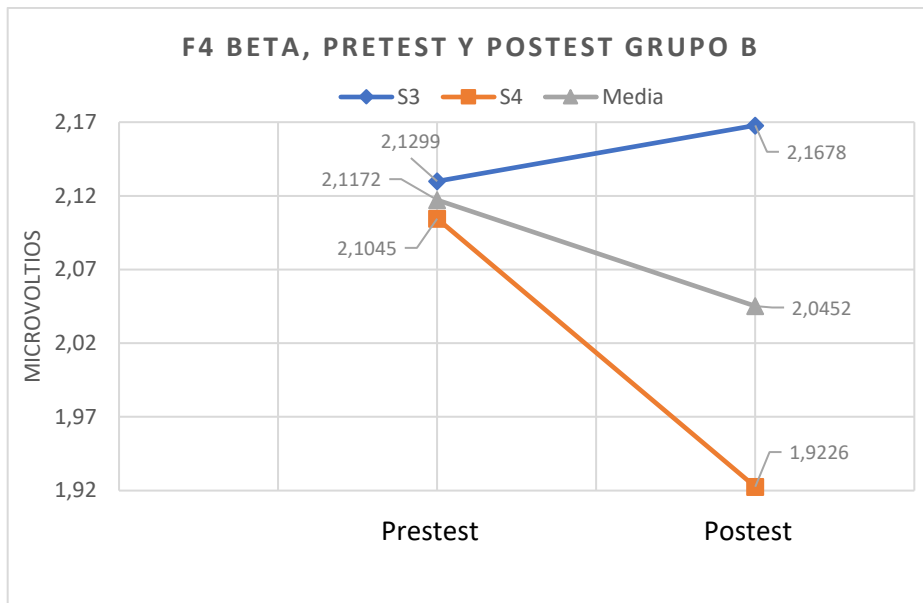
Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra $4,993$ microvoltios [μV], y en el Posttest $3,8825\mu\text{V}$. El sujeto 2 en el pretest registra $3,4548\mu\text{V}$, y en el Posttest $3,83\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada

del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: $4,2239\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: $3,85625\mu\text{V}$.



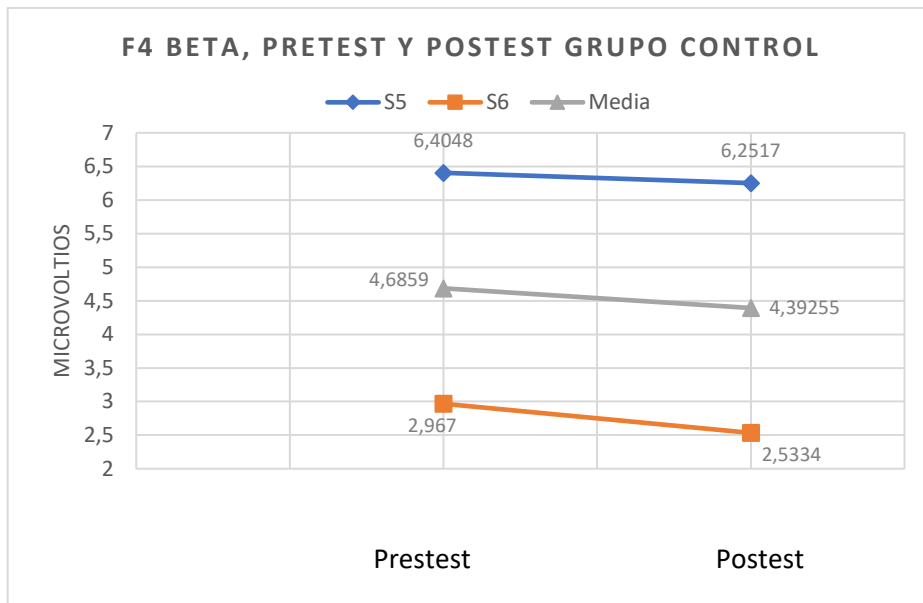
Gráfica 16. F4 Beta, pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $2,1299\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,1678\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $2,1045\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,9226\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $2,1172\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $2,0452\mu\text{V}$.



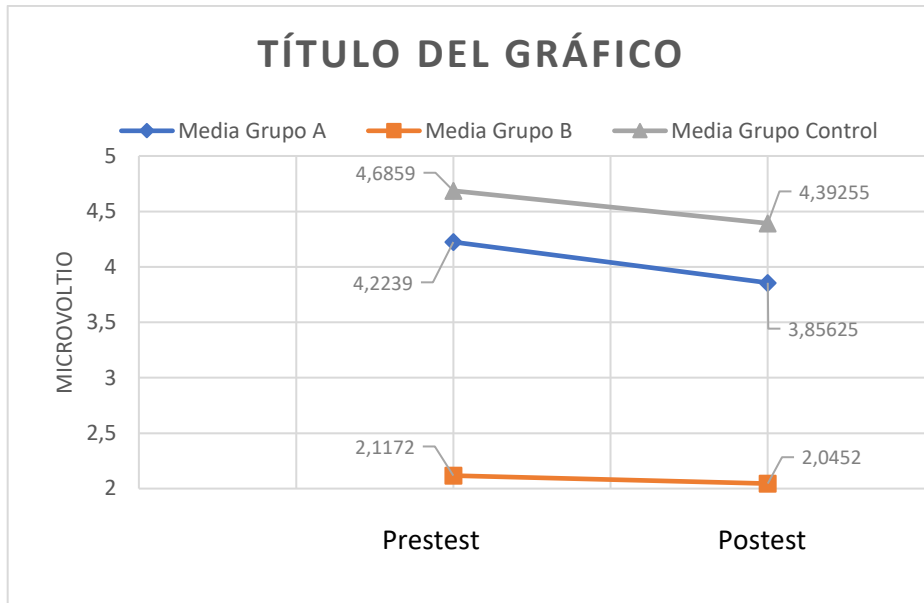
Gráfica 17. F4 Beta, pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $6,4048\mu\text{V}$, y en el Posttest $6,2517\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $2,967\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,5334\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $4,6859\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: $4,39255\mu\text{V}$.



Gráfica 18. F4 Beta, pretest y Posttest, Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo 4,2239 μ V, y en el Posttest 3,85625 μ V. El Grupo B en el pretest obtuvo 2,1172 μ V, y en el Posttest 2,0452 μ V. El Grupo Control en el pretest obtuvo 4,6859 μ V, y en el Posttest 4,39255 μ V. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.

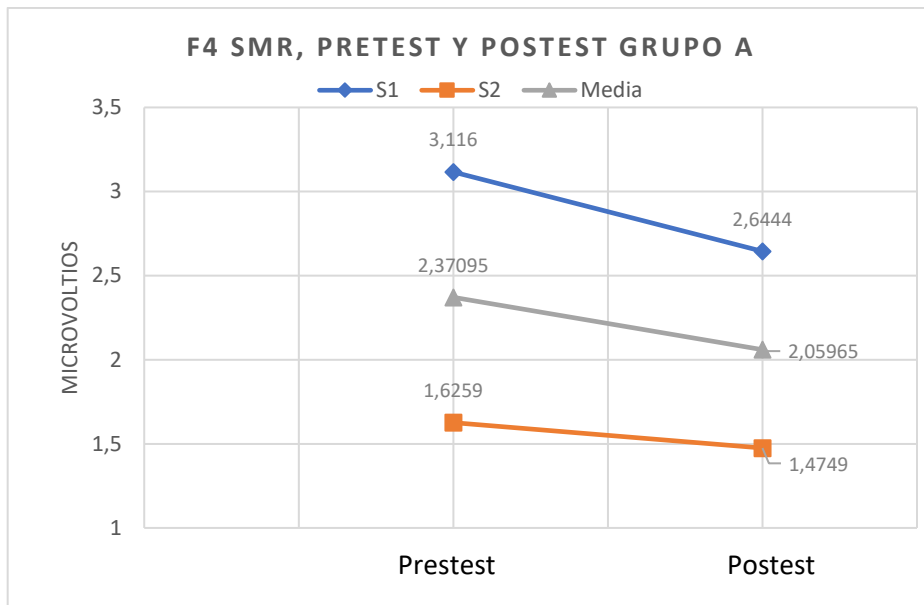


Gráfica 19. Medias ponderadas F4 Beta, pretest y Posttest

6.2.3. F4 en SMR

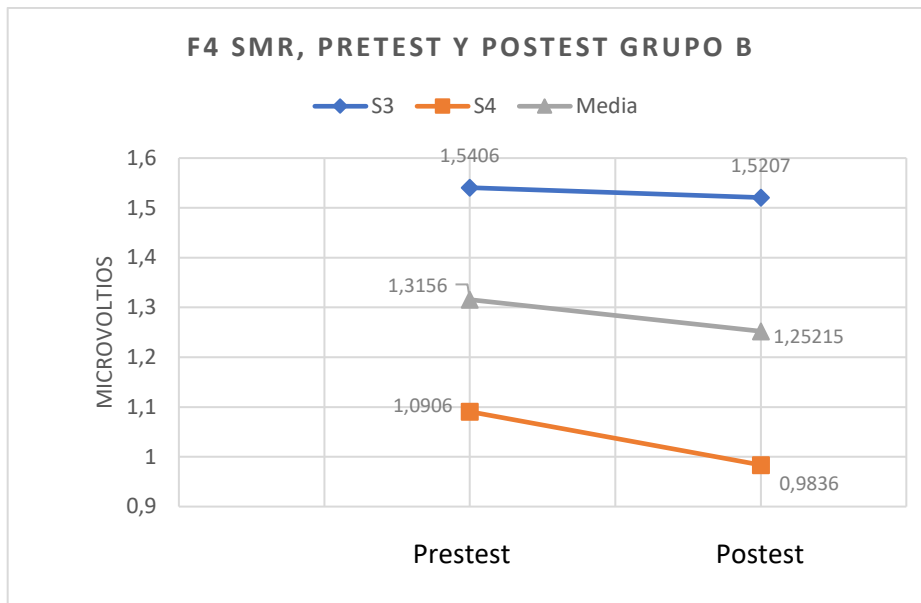
Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 3,116 microvoltios [μV], y en el Posttest 2,6444 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 1,6259 μV , y en el Posttest 1,4749 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 2,37095 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 2,05965 μV .

Gráfica 20. F4 SMR, pretest y Posttest, Grupo A



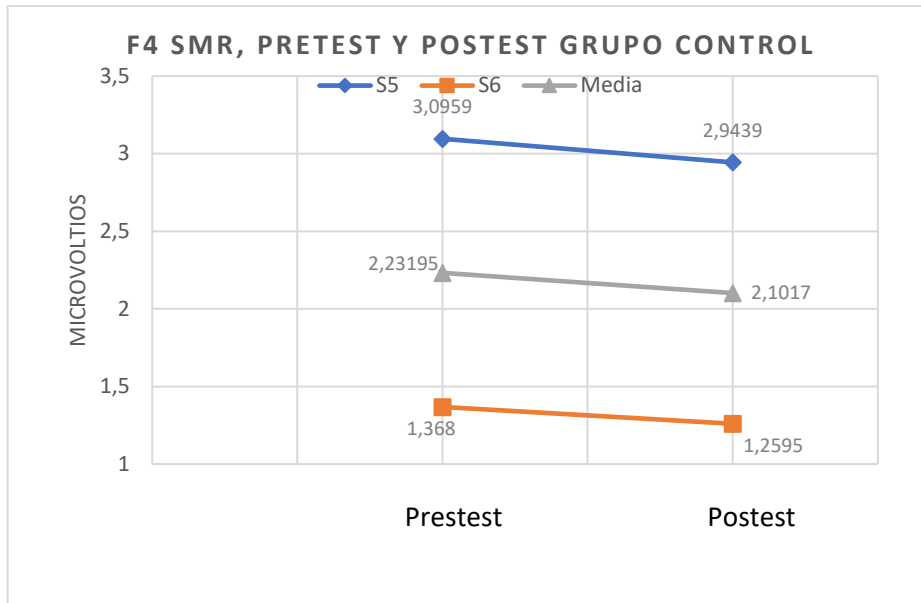
Gráfica 21. F4 SMR, pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $1,5406\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,5207\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $1,0906\mu\text{V}$, y en el Posttest $0,9836\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $1,3156\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $1,35015\mu\text{V}$.



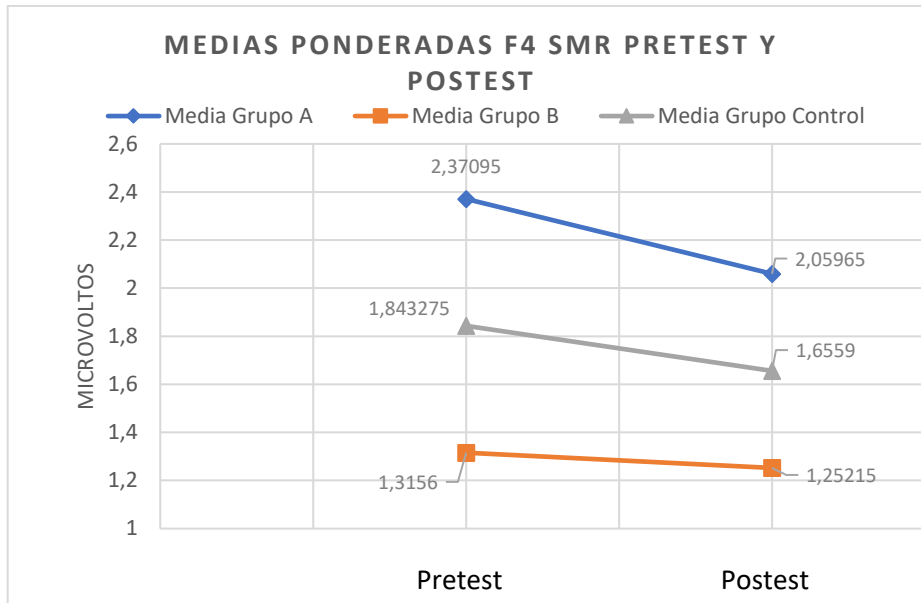
Gráfica 22. F4 SMR, pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $3,0959\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,9439\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $1,368\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,2595\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $2,23195\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: $2,1017\mu\text{V}$.



Gráfica 23. F4, Pretest y Posttest, Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $2,37095\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,05065\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $1,3156\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,25015\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $1,843275\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,6559\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo B, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.

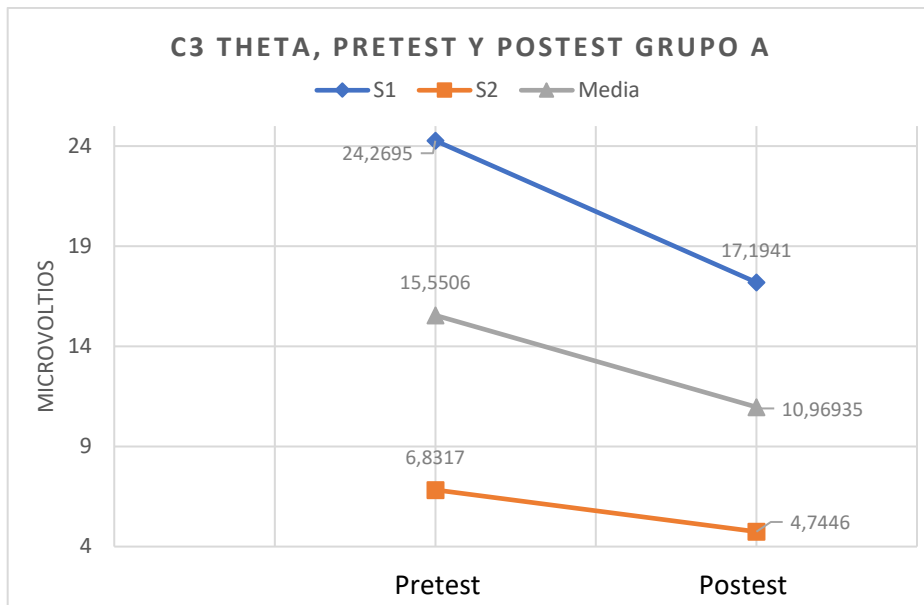


Gráfica 24. Medias ponderadas F4, SMR, pretest y Postest

6.3. Electrodo C3 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

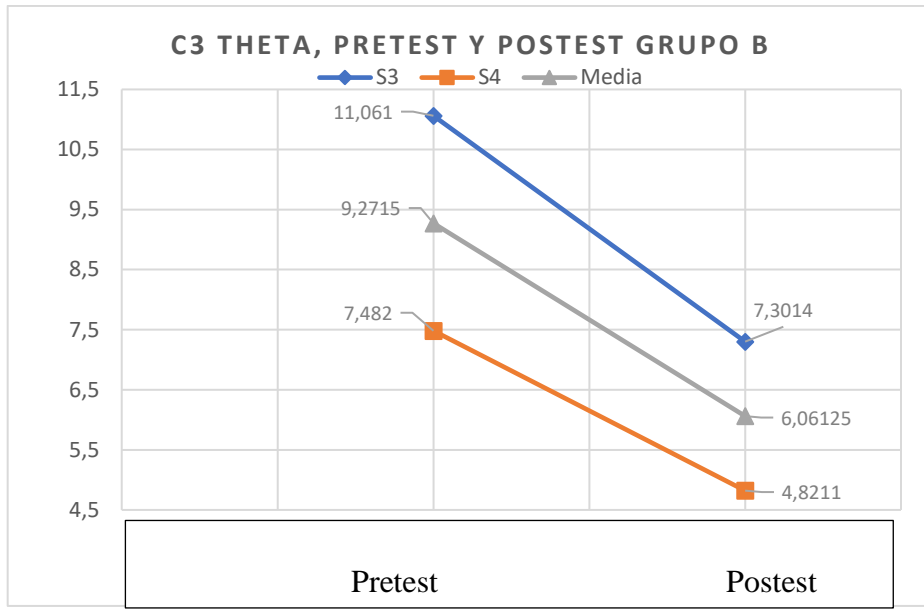
6.3.1. Theta en C3

Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 24,2605 microvoltios [μV], y en el Postest 17,1941 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 6,8317 μV , y en el Postest 4,7446 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 15,5505 μV ; media del Postest de los sujetos 1 y 2: 10,96935 μV .



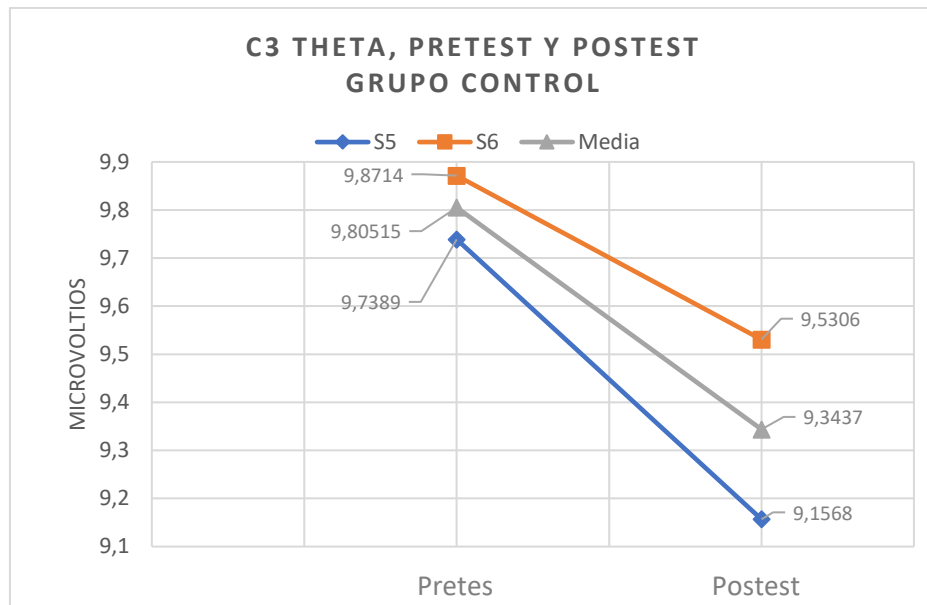
Gráfica 25. C3 Theta, pretest y Posttest Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $11,061\mu\text{V}$, y en el Posttest $7,3014\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $7,482\mu\text{V}$, y en el Posttest $4,8211\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $9,2715\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $6,06125\mu\text{V}$.



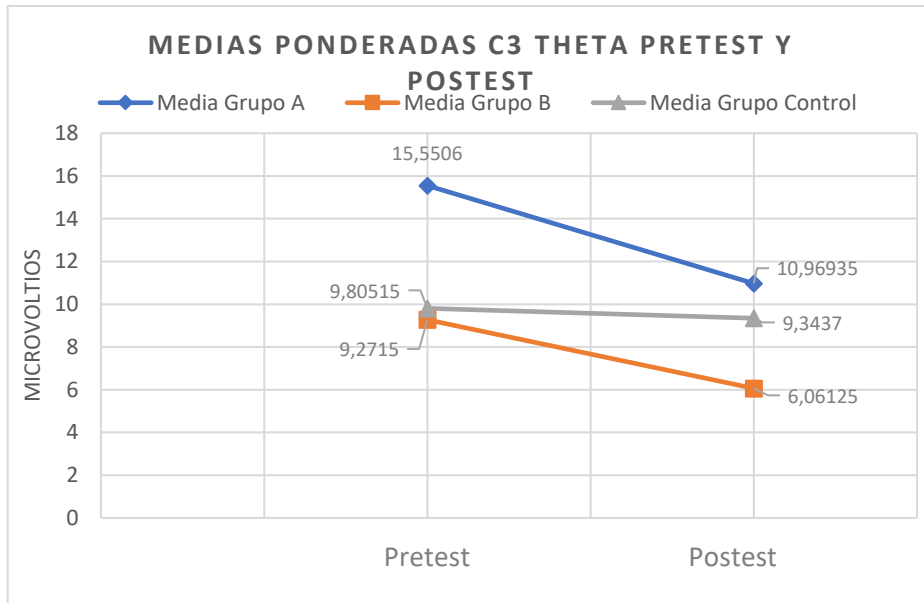
Gráfica 26. C3 Theta, pretest y Postest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $9,7389\mu\text{V}$, y en el Postest $9,1568\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $9,8714$, y en el Postest $9,5306\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $9,80515\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 5 y 6: $9,3437\mu\text{V}$.



Gráfica 27. C3 Theta, pretest y Postest, Grupo Control

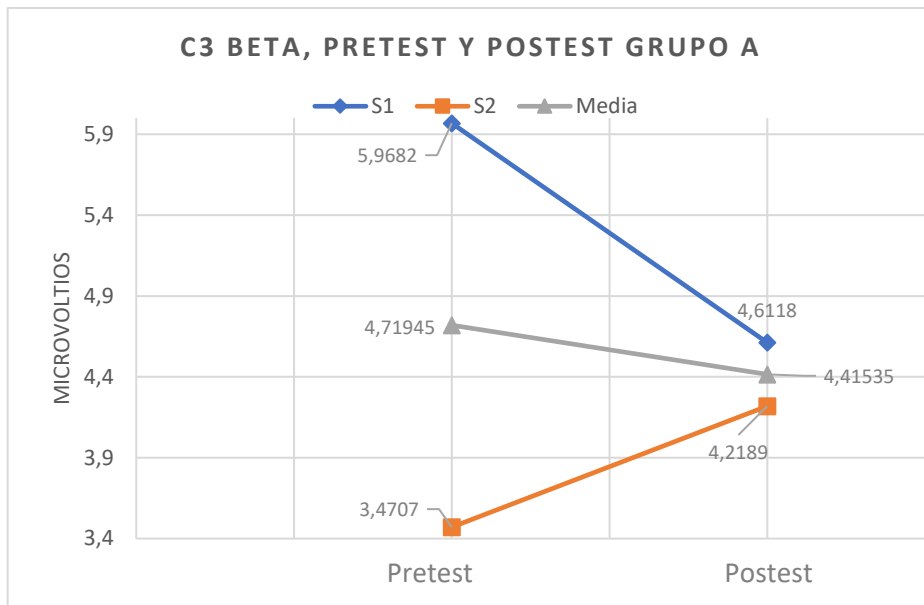
Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $15,1506\mu\text{V}$, y en el Postest $10,96935\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $9,2715\mu\text{V}$, y en el Postest $6,06125\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $9,80515\mu\text{V}$, y en el Postest $9,3437\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Postest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Postest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.



Gráfica 28. Medias ponderadas C3, Theta, Pretest y Posttest

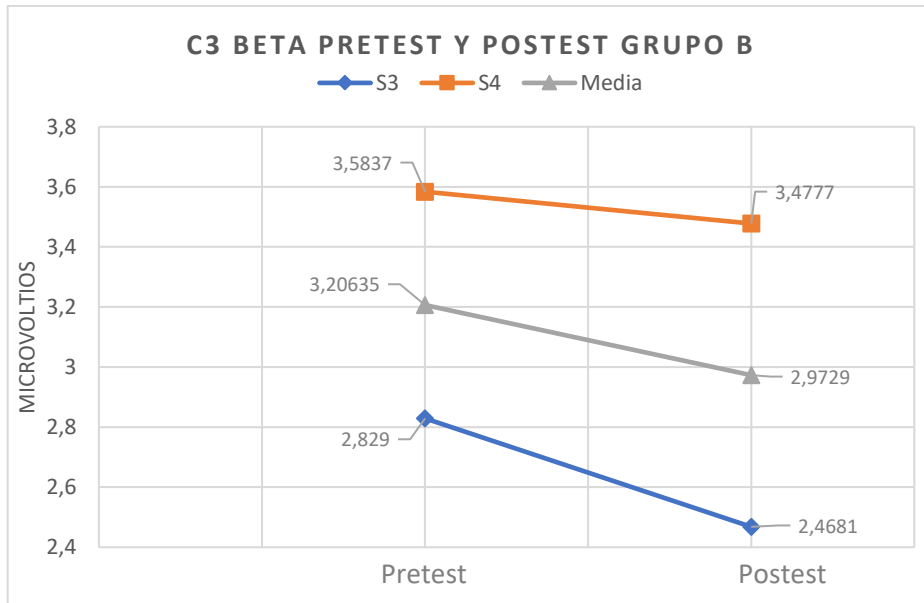
6.3.2. Beta en C3

Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 5,9682 microvoltios [μV], y en el Posttest 4,6118 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 3,4707 μV , y en el Posttest 4,2189 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 4,71945 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 4,41535 μV .



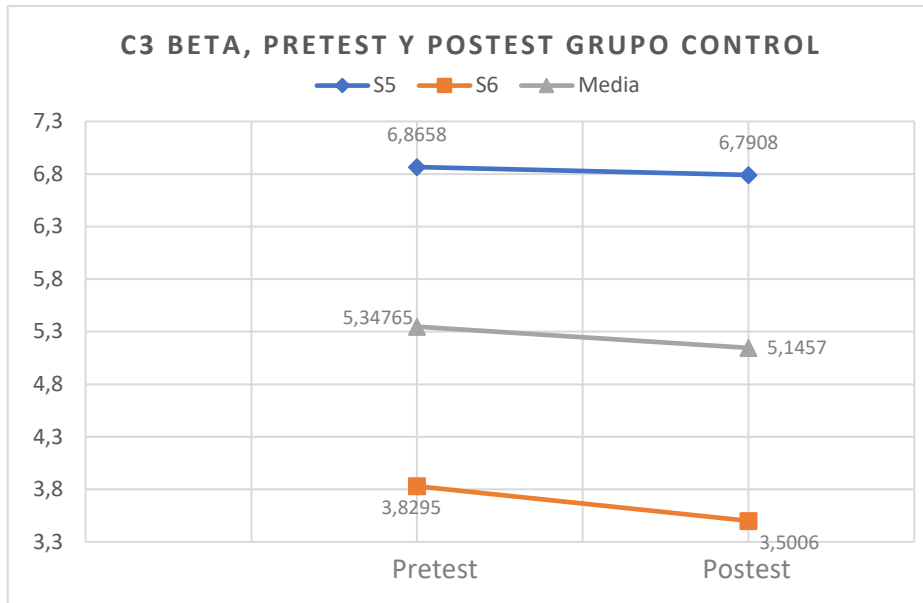
Gráfica 29. C3 Beta, pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $2,829\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,4681\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $3,5834\mu\text{V}$, y en el Posttest $3,4777\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $3,20635\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $2,9729\mu\text{V}$.



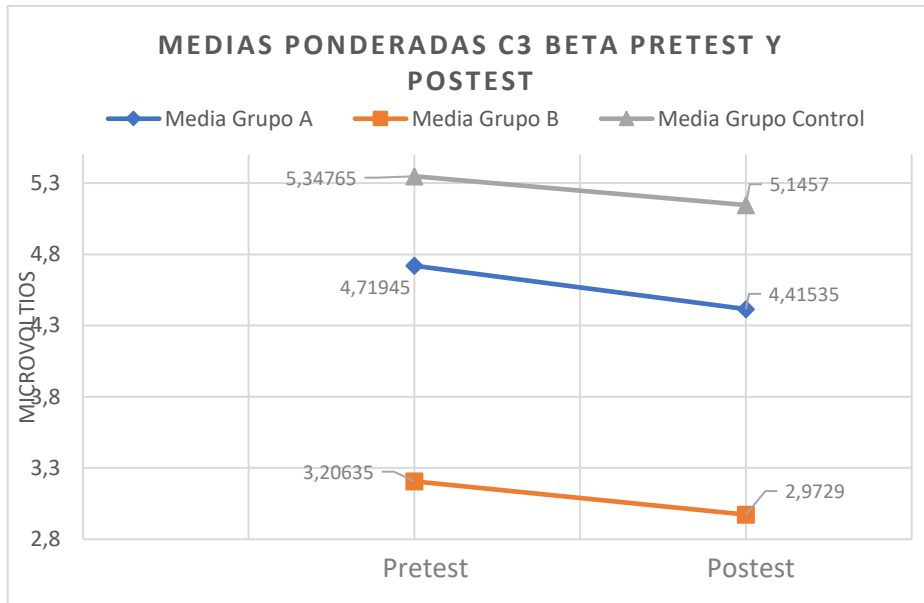
Gráfica 30. C3 Beta, pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $6,8658\mu\text{V}$, y en el Posttest $6,7908\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $3,8295$, y en el Posttest $3,5006\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $5,34765\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: $5,1457\mu\text{V}$.



Gráfica 31. C3 Beta, pretest y Posttest, Grupo Control

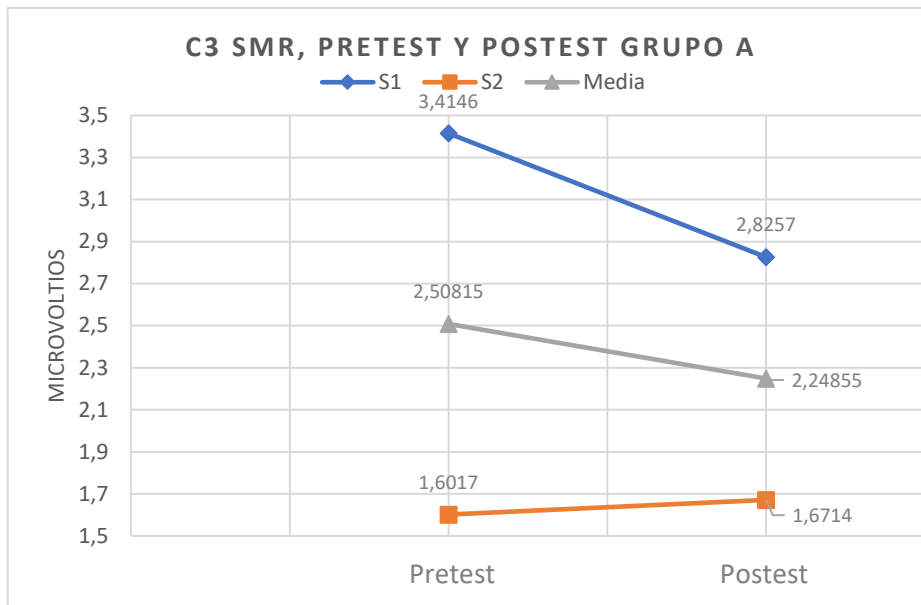
Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $4,71945\mu\text{V}$, y en el Posttest $4,1535\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $3,20635\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,9729\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $5,34765\mu\text{V}$, y en el Posttest $5,1457\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.



Gráfica 32. Medias ponderadas C3 Beta, pretest y Posttest

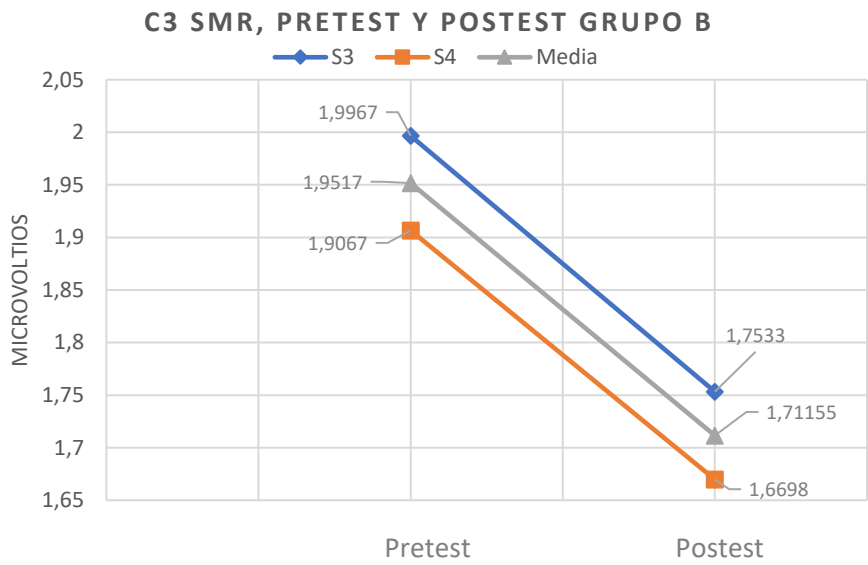
6.3.3. SMR en C3

Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 3,4146 microvoltios [μV], y en el Posttest 2,8257 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 1,8017 μV , y en el Posttest 1,6714 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 2,50815 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 2,24855 μV .



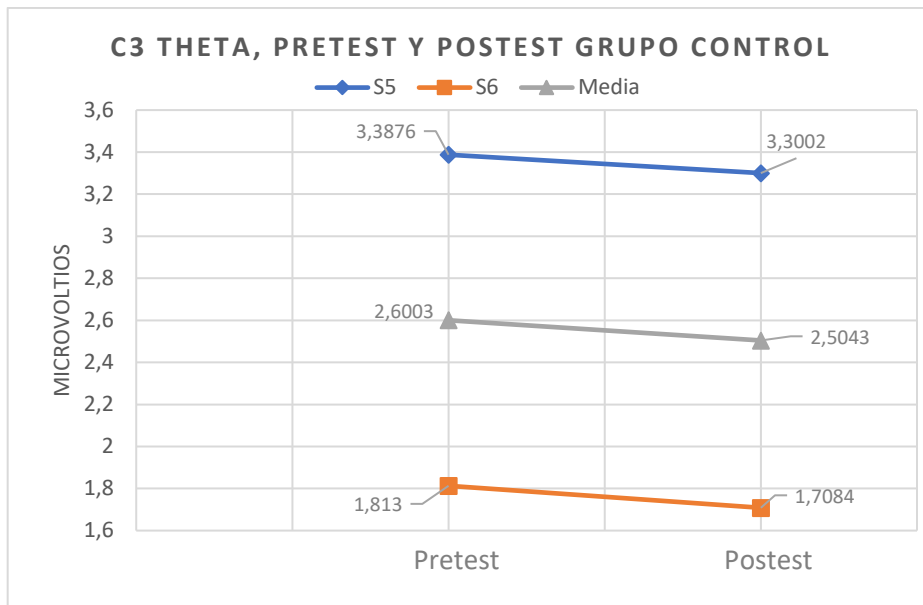
Gráfica 33. C3 SMR, Pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $1,9967\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,7533\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $1,9067\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,6698\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $1,9517\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $1,71155\mu\text{V}$.



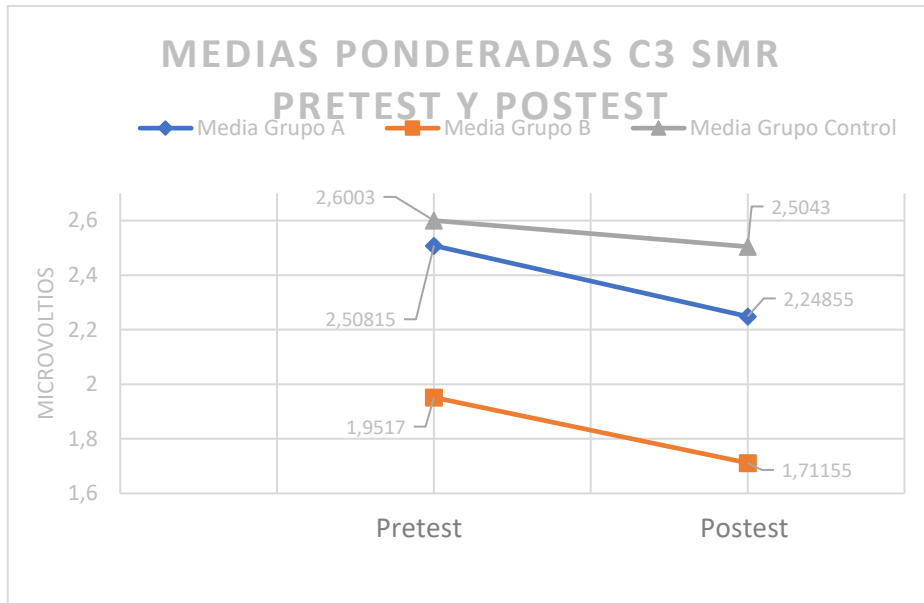
Gráfica 34. C3 SMR, Pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $3,3876\mu\text{V}$, y en el Posttest $3,3002\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $1,813$, y en el Posttest $1,7084\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $2,6003\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: $2,5043\mu\text{V}$.



Gráfica 35. C3 Theta, pretest y Posttest, Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo 2,50815μV, y en el Posttest 2,24855μV. El Grupo B en el pretest obtuvo 1,9517μV, y en el Posttest 1,71155μV. El Grupo Control en el pretest obtuvo 2,6003μV, y en el Posttest 2,5043μV. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos.



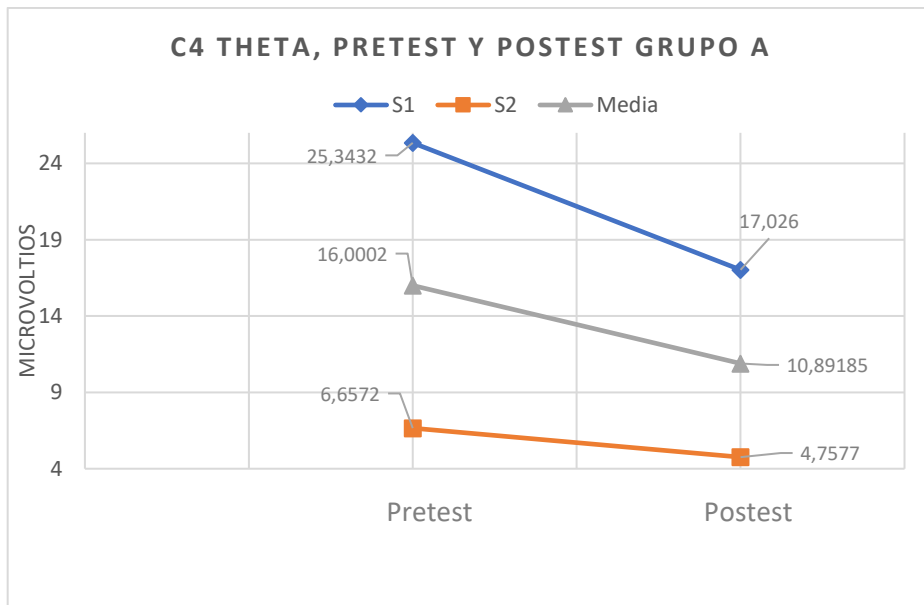
Gráfica 36. Medias ponderadas, C3 SMR, Pretest y Posttest

6.4. Electrodo C4 en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

6.4.1. Theta en C4

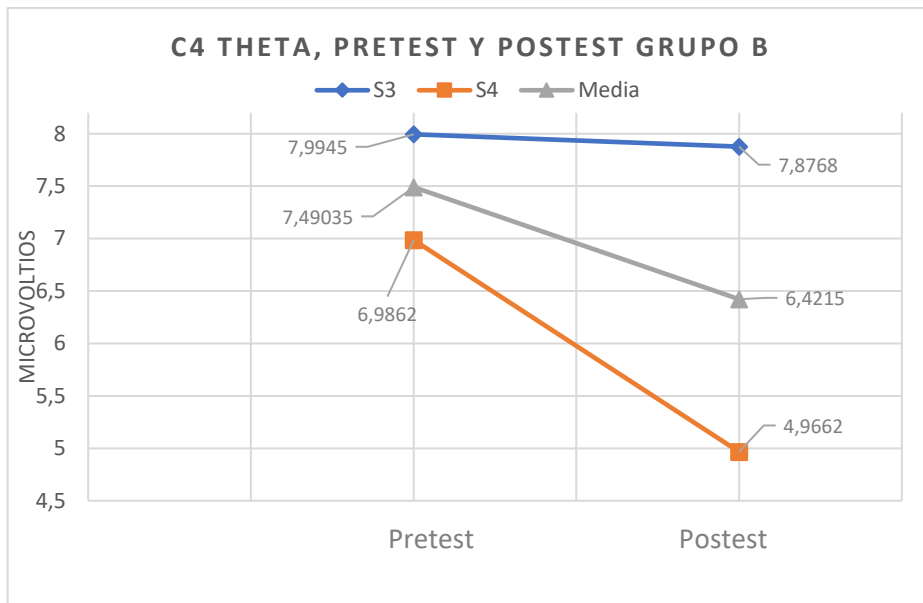
Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 25,3432 microvoltios [μV], y en el Posttest 17,026 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 6,6572 μV , y en el Posttest 4,7577 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 16,0002 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 10,89185 μV .

Gráfica 37. C4 Theta, Pretest y Posttest, Grupo A



Gráfica 38. C4 Theta, Pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $7,9945\mu\text{V}$, y en el Posttest $7,8768\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $6,9862\mu\text{V}$, y en el Posttest $4,9662\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $7,49035\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $6,4215\mu\text{V}$.



Gráfica 39. C4 Theta, pretest y Posttest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra 7,5796 μ V, y en el Posttest 7,9734 μ V. El sujeto 6 en el pretest registra 8,1602, y en el Posttest 8,9747 μ V. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: 7,8699 μ V; media del Posttest de los sujetos 5 y 6: 8,47405 μ V.

Gráfica 40. C4 Theta, pretest y Posttest, Grupo Control

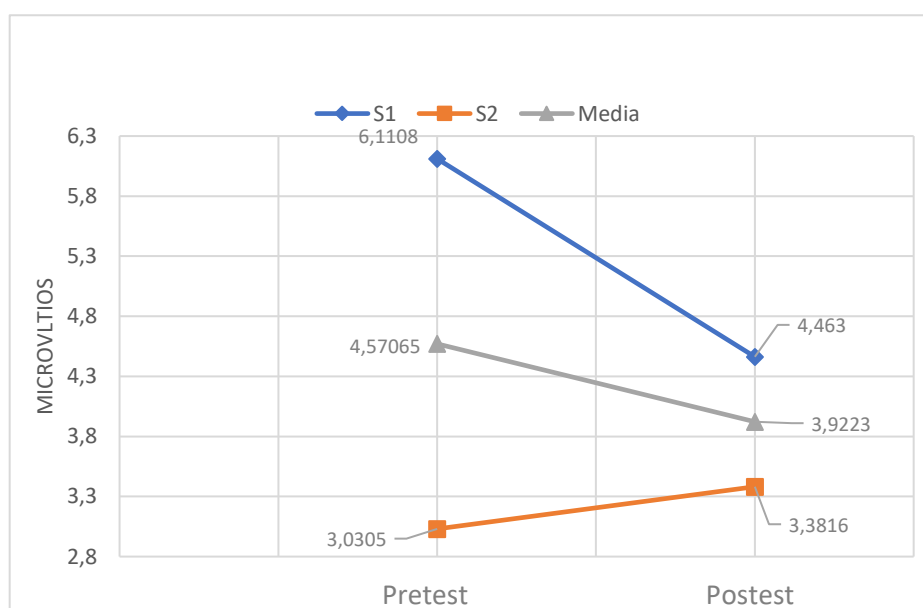
Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo 16,0002 μ V, y en el Posttest 10,89185 μ V. El Grupo B en el pretest obtuvo 7,49035 μ V, y en el Posttest 6,4215 μ V. El Grupo Control en el pretest obtuvo 7,8699 μ V, y en el Posttest 8,47405 μ V. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio

correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos, y que en vez de disminuir aumentó.

Gráfica 41. Medias ponderadas, C4 Theta, Pretest y Posttest

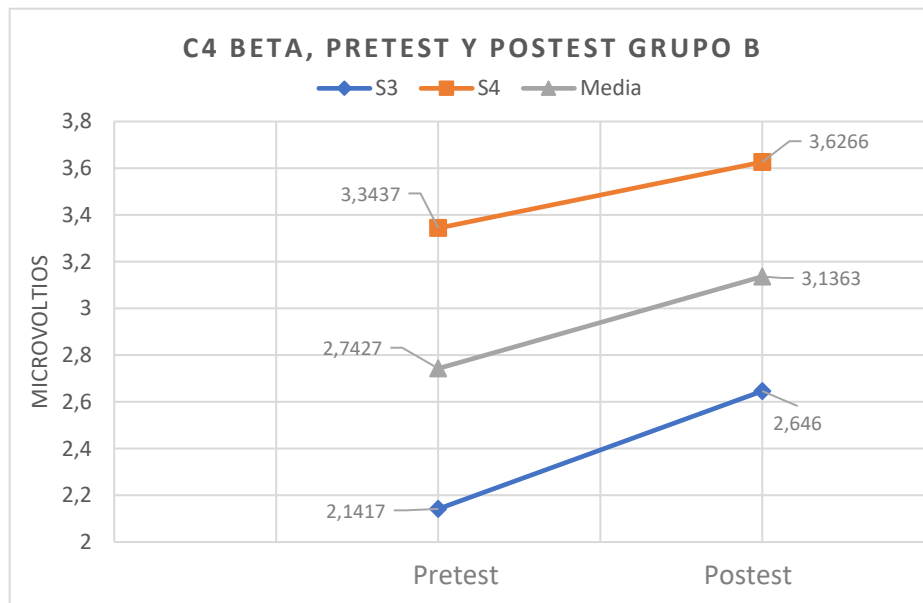
6.4.2. Beta en C4

Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 6,1108 microvoltios [μV], y en el Posttest 4,463 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 3,0305 μV , y en el Posttest 3,3816 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 4,57065 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 3,9223 μV .



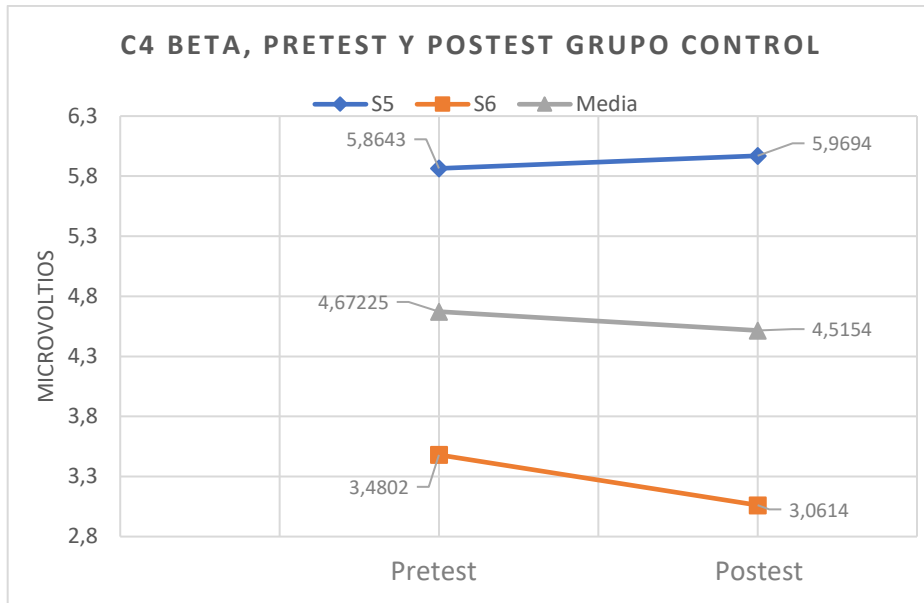
Gráfica 42. C4 Beta pretest y Postest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $2,1417\mu\text{V}$, y en el Postest $2,646\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $3,3437\mu\text{V}$, y en el Postest $3,6266\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $2,7427\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 3 y 4: $3,1363\mu\text{V}$.



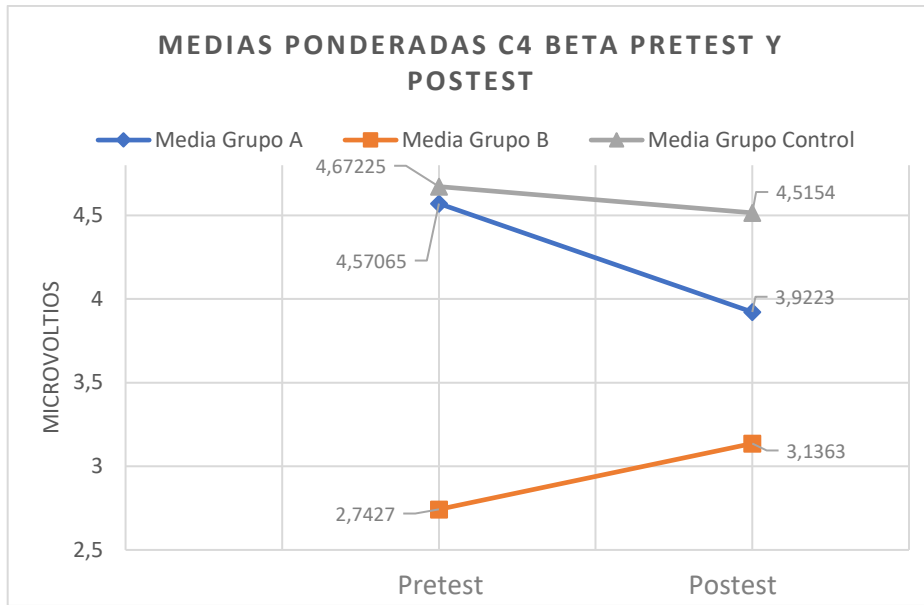
Gráfica 43. C4 Beta, pretest y Postest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $5,8643\mu\text{V}$, y en el Postest $5,9694\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $3,4802$, y en el Postest $3,0614\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $4,67225\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 5 y 6: $4,5154\mu\text{V}$.



Gráfica 44. C4 Beta, pretest y Posttest, Grupo Control

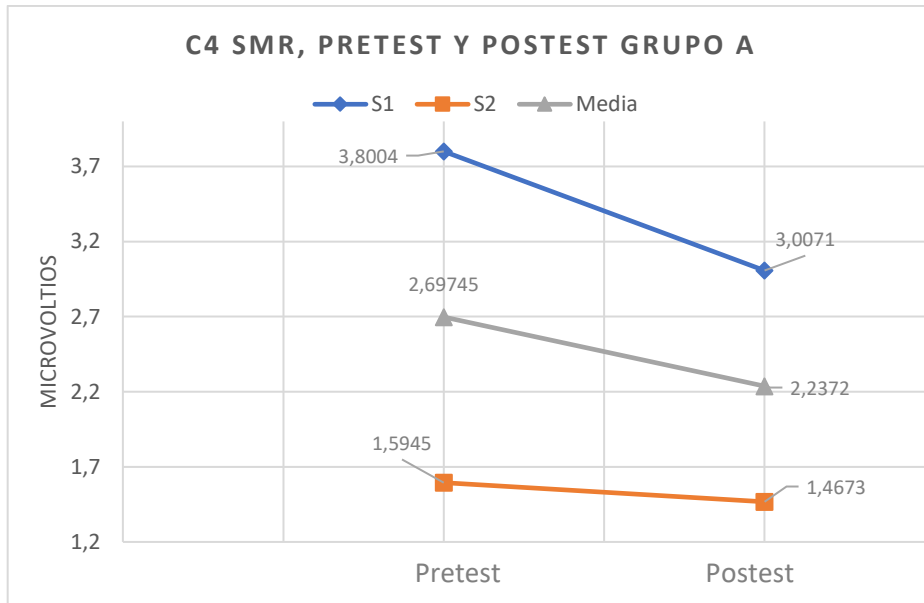
Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $4,57065\mu\text{V}$, y en el Posttest $3,9223\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $2,7427\mu\text{V}$, y en el Posttest $3,1363\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $4,67225\mu\text{V}$, y en el Posttest $4,5154\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo Control, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos. El grupo B fue el único que evidenció un aumento en la frecuencia.



Gráfica 45. Medias ponderadas C4 Beta, pretest y Posttest

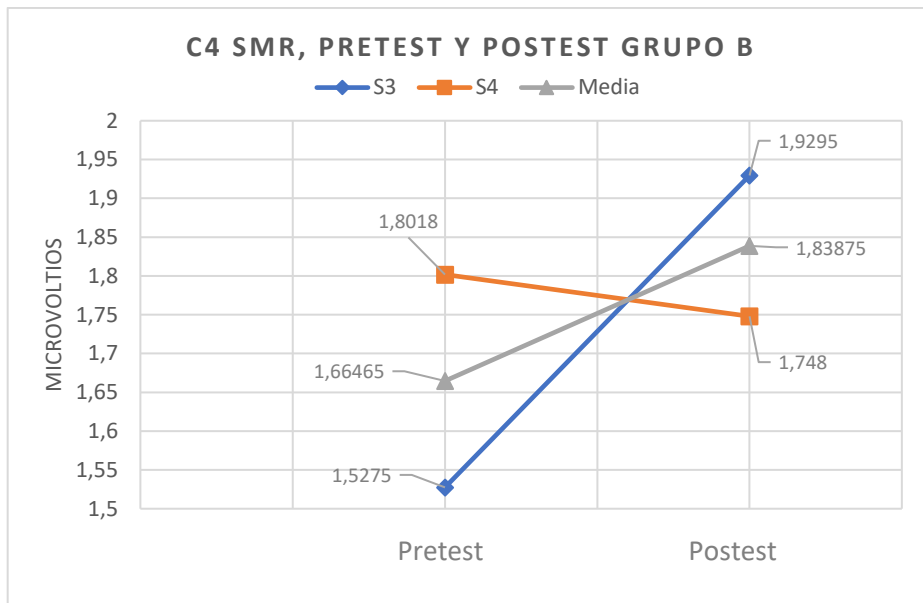
6.4.3. SMR en C4

Grupo A. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registra 3,8004 microvoltios [μV], y en el Posttest 3,0071 μV . El sujeto 2 en el pretest registra 1,5945 μV , y en el Posttest 1,4673 μV . Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 2,6745 μV ; media del Posttest de los sujetos 1 y 2: 2,2372 μV .



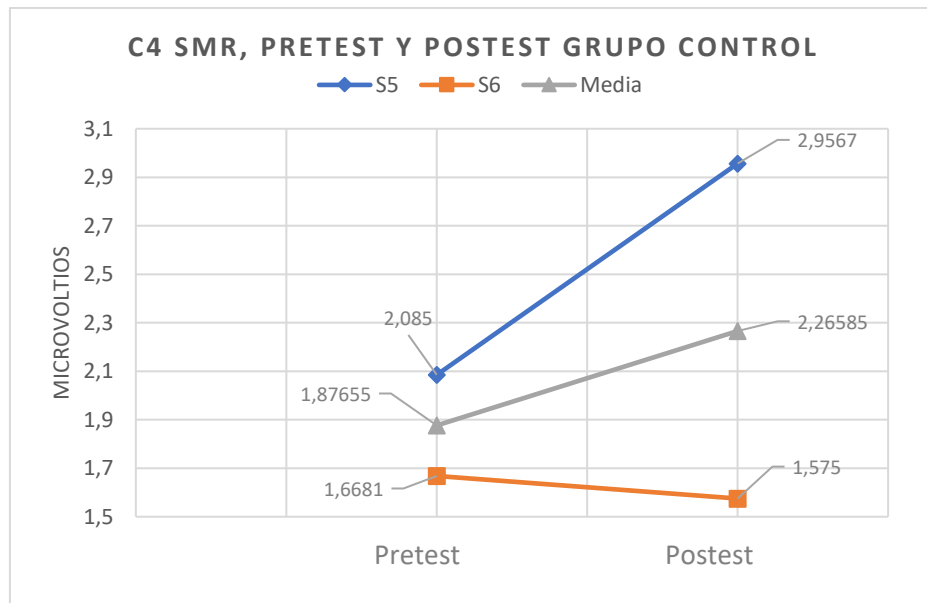
Gráfica 46. C4 SMR, pretest y Posttest, Grupo A

Grupo B. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registra $1,5275\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,9295\mu\text{V}$. El sujeto 4 en el pretest registra $1,8018\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,748\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Posttest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: $1,66465\mu\text{V}$; media del Posttest de los sujetos 3 y 4: $1,83875\mu\text{V}$.



Gráfica 47. C4, SMR, pretest y Postest, Grupo B

Grupo Control. Como se observa en la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registra $2,085\mu\text{V}$, y en el Postest $2,9567\mu\text{V}$. El sujeto 6 en el pretest registra $1,6681$, y en el Postest $1,575\mu\text{V}$. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: $1,87655\mu\text{V}$; media del Postest de los sujetos 5 y 6: $2,26585\mu\text{V}$.



Gráfica 48. C4 SMR, Pretest y Posttest, Grupo Control

Medias ponderadas. Como se observa en la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo $2,69745\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,2372\mu\text{V}$. El Grupo B en el pretest obtuvo $1,66465\mu\text{V}$, y en el Posttest $1,83875\mu\text{V}$. El Grupo Control en el pretest obtuvo $1,87655\mu\text{V}$, y en el Posttest $2,26585\mu\text{V}$. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo Control; y el menor promedio correspondió al Grupo B. Mientras que en el Posttest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo A; y el menor promedio se reflejó en el Grupo B. Se observó también que el promedio ponderado del Grupo B, tanto en el pretest como en el Posttest tuvo menor oscilación entre dichos rangos. El grupo B y el Grupo Control evidenciaron un aumento en la frecuencia.

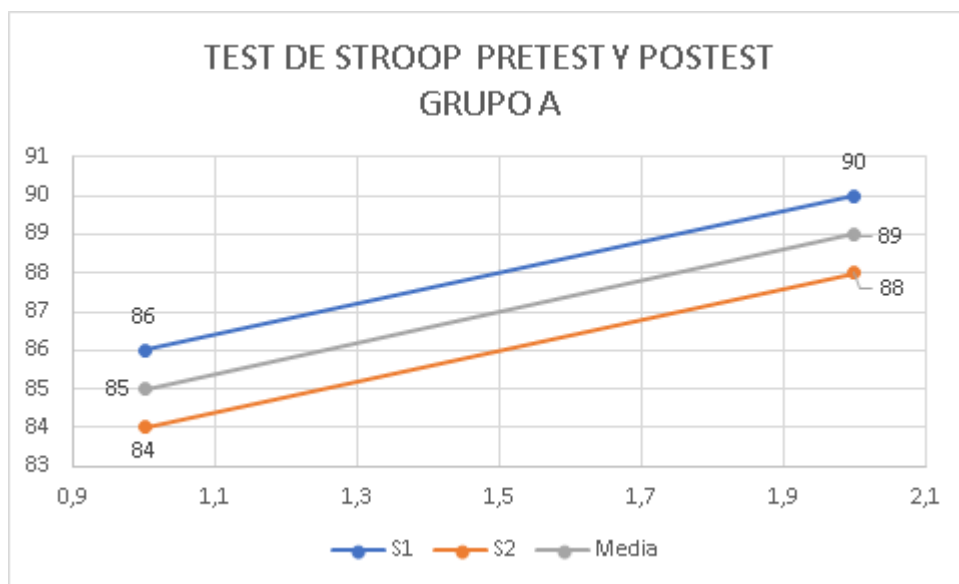
Gráfica 49. Medias ponderadas C4 SMR, pretest y Posttest

6.5. Pretest y Posttest del test de Stroop

En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos en la aplicación del test de Stroop, donde se mide el proceso de atención. Se aplicó en los tres grupos, A. B. y Grupo Control con el objetivo de medir la atención antes del entrenamiento (pretest) y después el entrenamiento (Postest).

6.5.1. Grupo A.

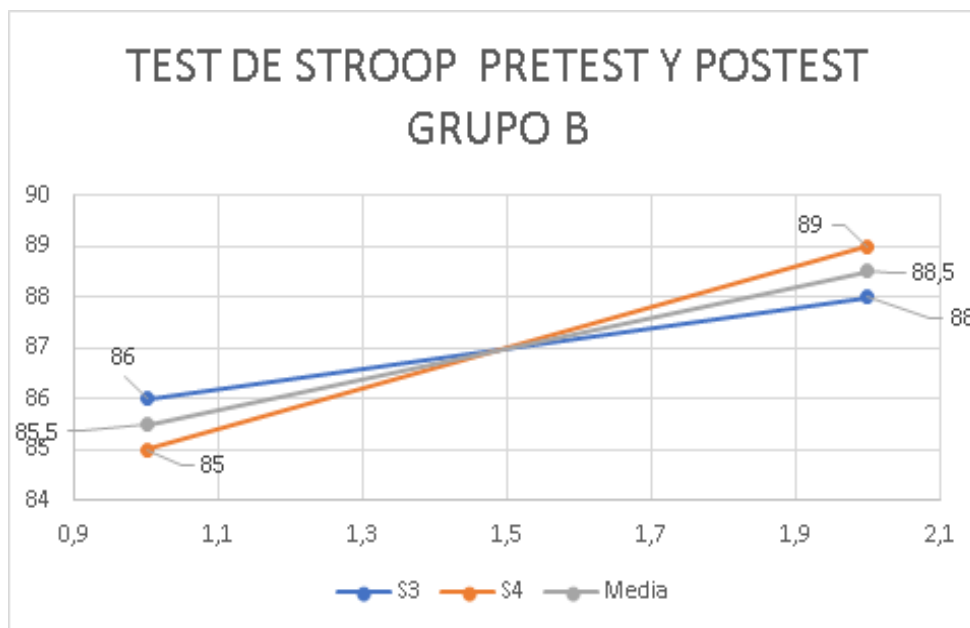
En la siguiente gráfica, el sujeto 1 en el pretest registró 86/90 puntos, y en el Postest 90/90. El sujeto 2 en el pretest registró 84/90 puntos, y en el Postest 88/90 puntos. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 1 y 2: 85 puntos; media del Postest de los sujetos 1 y 2: 89 puntos.



Gráfica 50. Test de Stroop, pretest y Postest Grupo A

6.5.2. Grupo B.

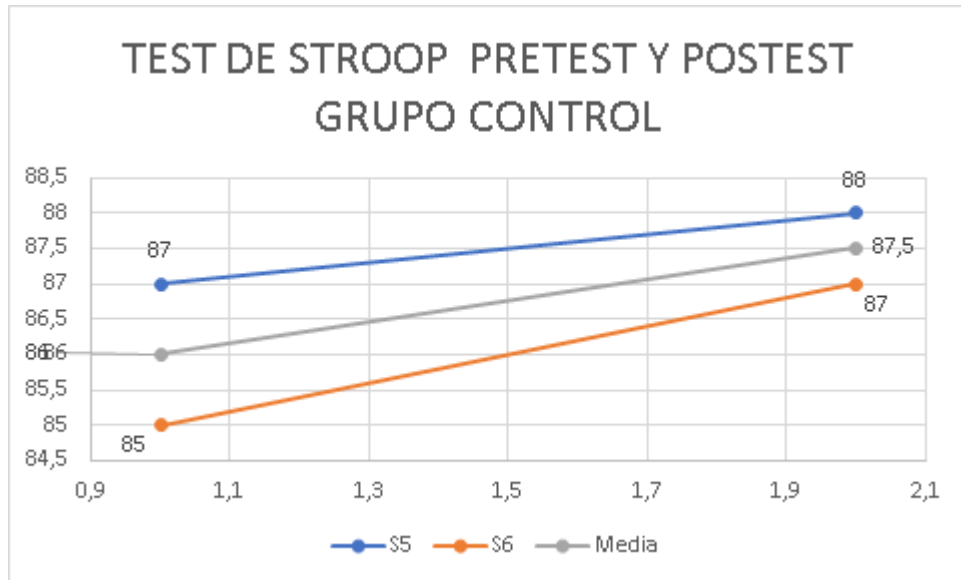
En la siguiente gráfica, el sujeto 3 en el pretest registró 86/90 puntos, y en el Postest 88/90. El sujeto 4 en el pretest registró 85/90 puntos, y en el Postest 89/90 puntos. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 3 y 4: 85,5 puntos; media del Postest de los sujetos 3 y 4: 88.5 puntos.



Gráfica 51. Test de Stroop, pretest y Postest, Grupo A.

6.5.3. Grupo Control.

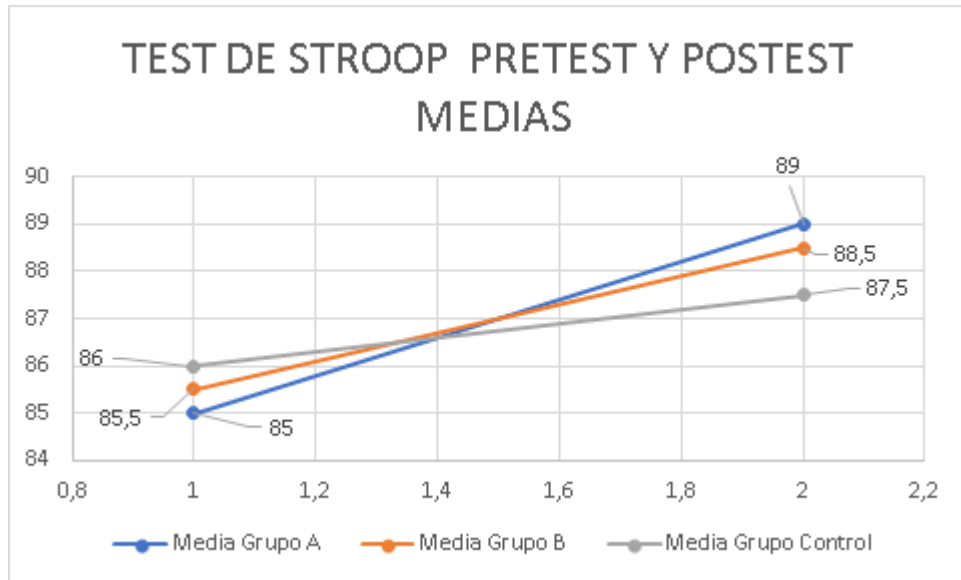
En la siguiente gráfica, el sujeto 5 en el pretest registró 87/90 puntos, y en el Postest 88/90. El sujeto 6 en el pretest registró 85/90 puntos, y en el Postest 87/90 puntos. Teniendo en cuenta estos valores se calcula la media estandarizada del pretest y el Postest de cada uno de los sujetos, obteniendo los siguientes resultados: media del pretest de los sujetos 5 y 6: 86, puntos; media del Postest de los sujetos 6 y 7: 87.5 puntos.



Gráfica 52. Test de Stroop, pretest y Postest, Grupo Control

6.5.4. Medias ponderadas.

En la siguiente gráfica, el Grupo A en el pretest obtuvo 85 puntos, y en el Postest 89 puntos. El Grupo B en el pretest obtuvo 85,5 puntos, y en el Postest 88,5 puntos. El Grupo Control en el pretest obtuvo 86 puntos, y en el Postest 87,5 puntos. A partir de lo anterior, se evidencia que el mayor promedio de las medias en el pretest lo obtuvo el Grupo Control, seguido del Grupo B; y el menor promedio correspondió al Grupo A. Mientras que en el Postest el mayor promedio lo obtuvo el Grupo A, seguido del Grupo B; y el menor promedio se reflejó en el Grupo Control.



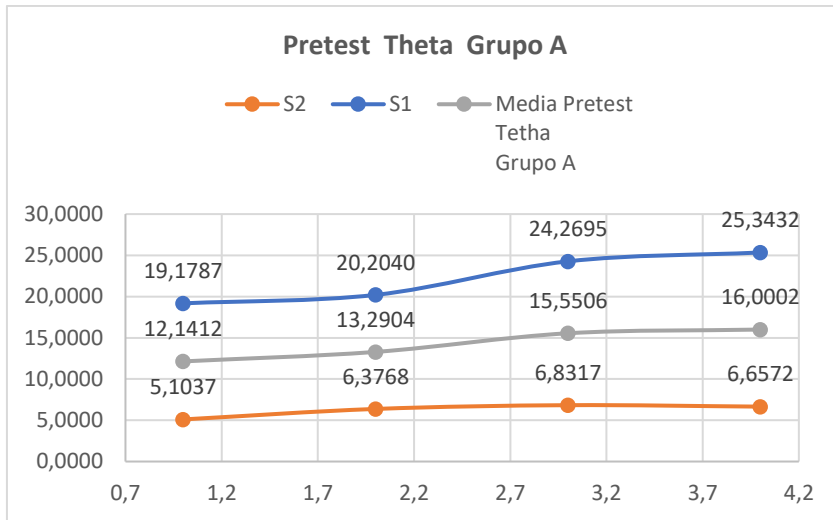
Gráfica 53. Test de Stroop, pretest y Postest, medias

6.6. Pretest y Postest de los electrodos F3, F4, C3, C4 en Grupo A, B y Grupo Control

6.6.1 Pretest Grupo A en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Pretest Theta Grupo A

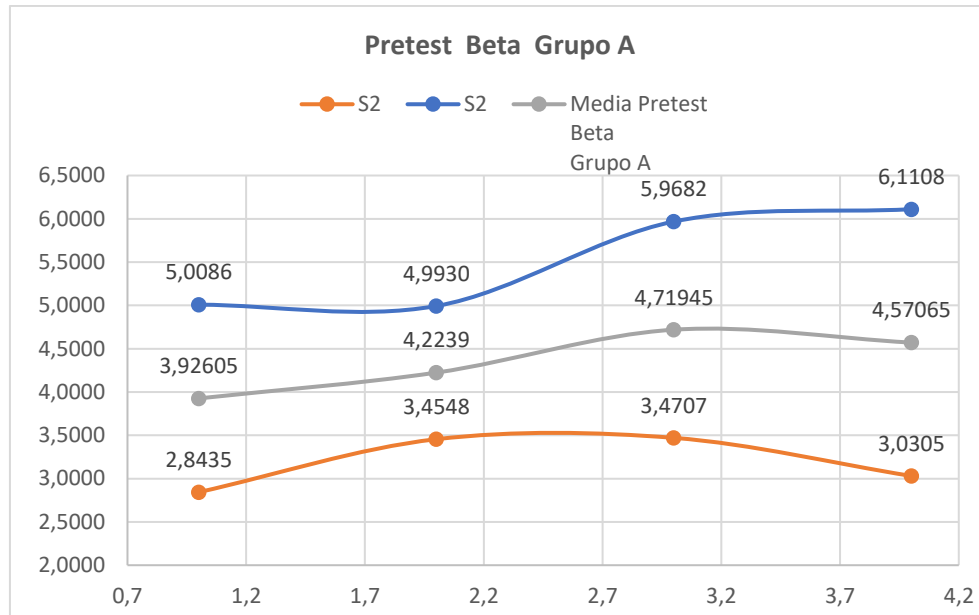
Como se observa en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Theta de sujeto 1 y 2, hallando entre estas dos su respectiva media. Se evidencia en esta gráfica que el pretest Theta del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 2. Se observa que el pretest en Theta grupo A, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 1 con 25,3432 y el valor mínimo es 5,1037 que lo obtuvo el sujeto 2. Respecto a estos datos el valor máximo de media es de 16,0002 y el valor mínimo es de 12,1412.



Gráfica 54. Pretest Theta Grupo A

Pretest Beta Grupo A

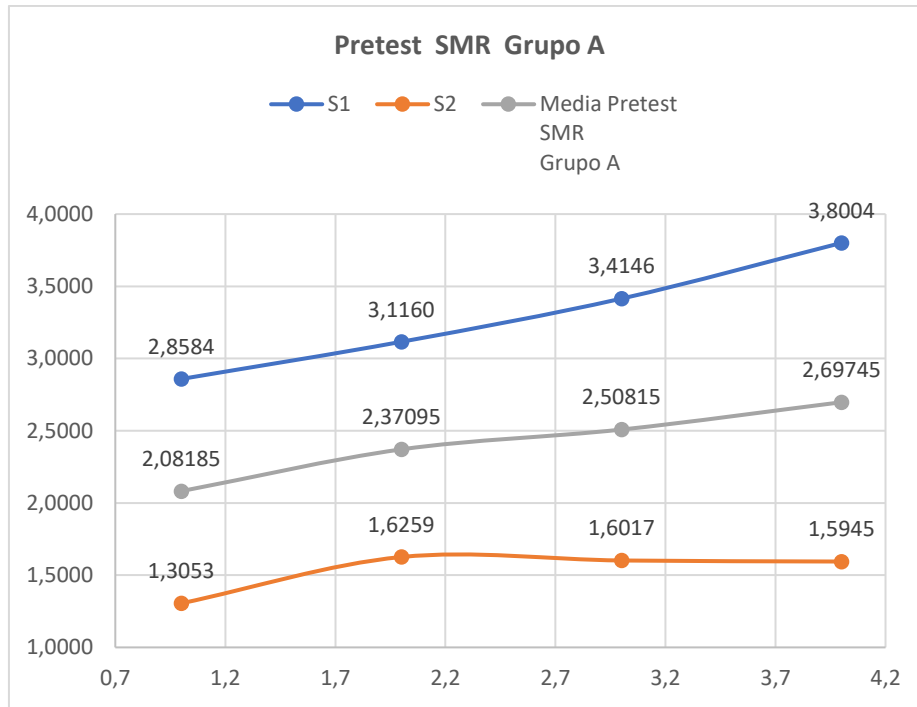
Como se observa en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Beta de sujeto 1 y 2, hallando entre estas dos su respectiva media. En esta gráfica que el pretest Beta del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 2. Se observa que el pretest en Beta grupo A, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 1 con 6,1108 y el valor mínimo es 2,8435 que lo obtuvo el sujeto 2. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 4,71945 y el valor mínimo es de 3,92605.



Gráfica 55. Pretest Beta Grupo A

Pretest SMR Grupo A

Como se observa en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia SMR de sujeto 1 y 2, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest SMR del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 2. Se evidencia que el pretest en SMR grupo A, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 1 con 3.8004 y el valor mínimo es 1,3053 que lo obtuvo el sujeto 2. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 2,69745 y el valor mínimo es de 2,08185.

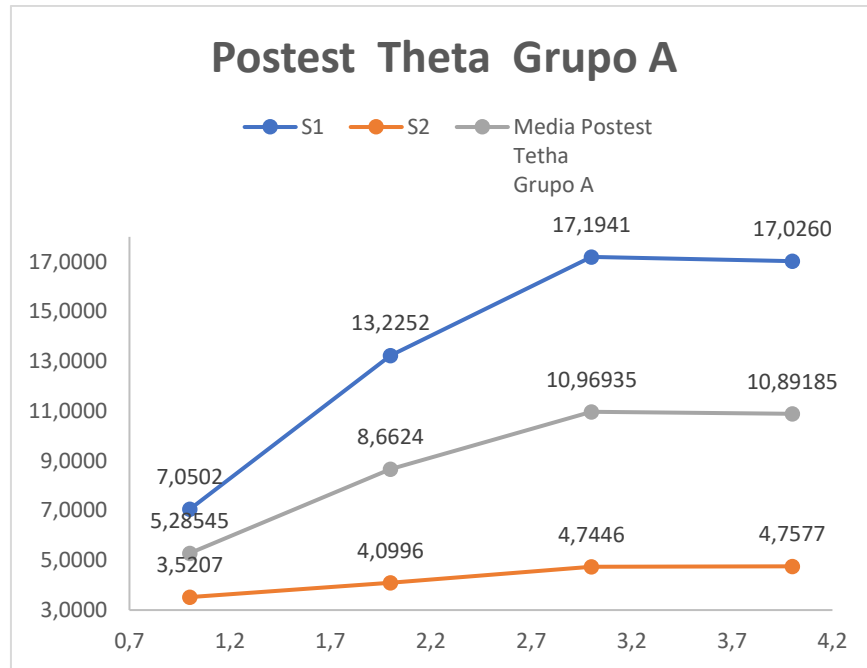


Gráfica 56. Pretest SMR Grupo A

6.6.2. Postest Grupo A en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Postest Theta Grupo A

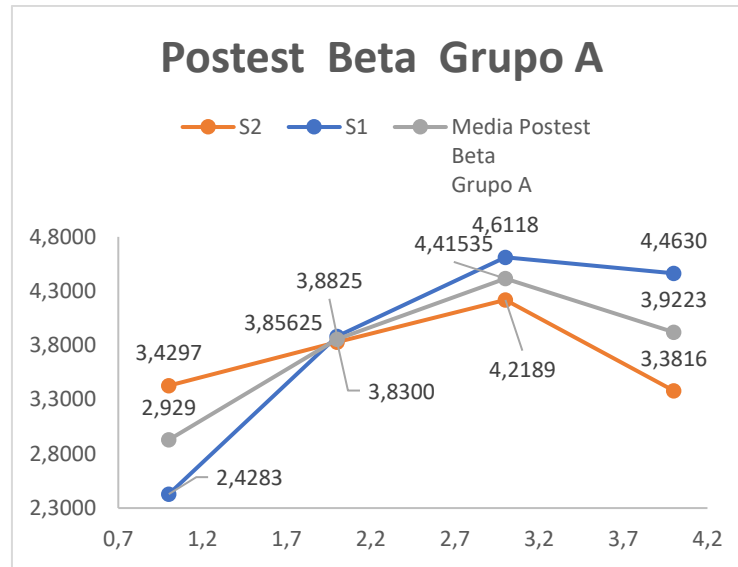
Como se observa en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Theta de sujeto 1 y 2, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest Theta del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 2. Se evidencia que el pretest en Theta grupo A, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 1 con 17,1941 y el valor mínimo fue 3,507 que lo obtuvo el sujeto 2. Respecto a estos datos el valor máximo de media es de 10,9693 y el valor mínimo es de 5,2854.



Gráfica 57. Postest Theta Grupo A

Postest Beta Grupo A

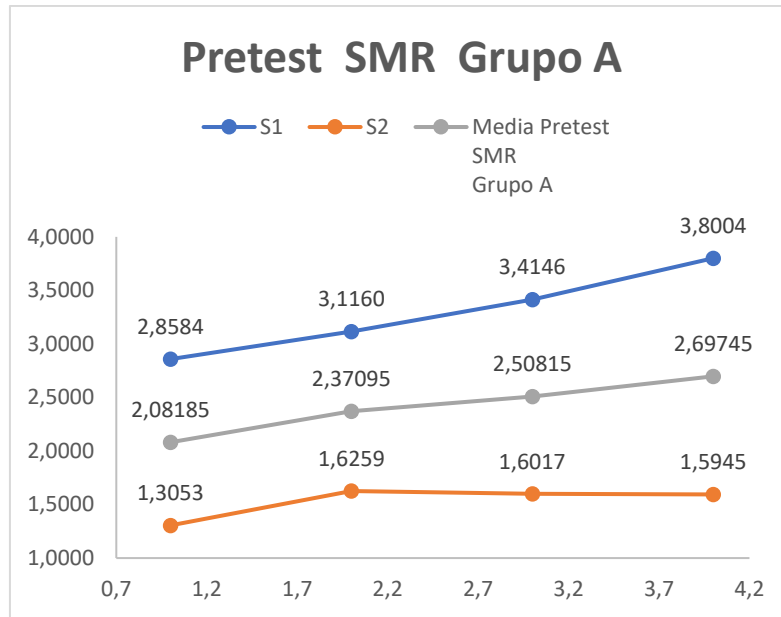
Como se observa en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3 del pretest en la frecuencia Beta de sujeto 1 y 2, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest Beta del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 2. Se evidencia que el pretest en Beta grupo A, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 1 con 6,1108 y el valor mínimo es 2,8435 que lo obtuvo el sujeto 2. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 4,71945 y el valor mínimo es de 3,92605.



Gráfica 58. Postest Beta Grupo A

Postest SMR Grupo A

Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia SMR de los sujetos 1 y 2, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest SMR del sujeto 1 es mayor que la del sujeto 2. Se observa que el pretest en SMR grupo A, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 1 con 3.8004 y el valor mínimo lo obtuvo el sujeto 2 con 1,3017. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es el de 2,2485 y el valor mínimo es de 1,3537.

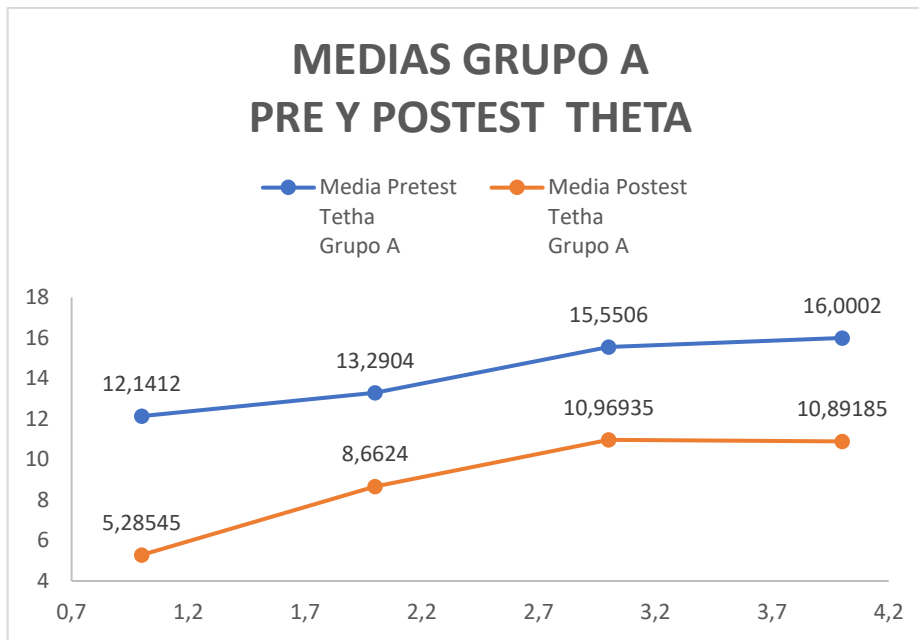


Gráfica 59. Postest SMR Grupo A

6.6.3. Medias del Pretest y Postest Grupo A en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Medias Grupo A en pretest y Postest Theta

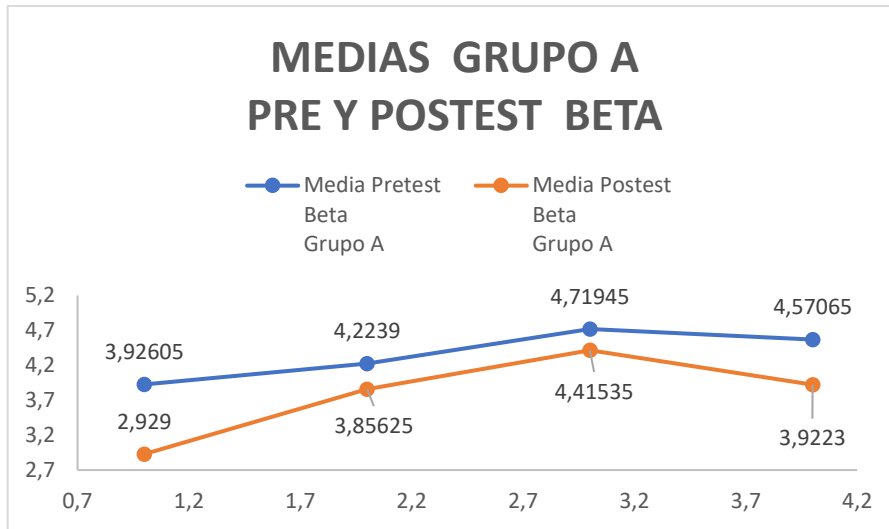
Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, y los datos de la media del pretest Theta grupo A y los datos de la media Postest frecuencia Theta del grupo A. Se evidencia en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es el de 16,0002 del pretest y el mínimo valor es de 5,2854 del Postest.



Gráfica 60. Medias Grupo A, Pre y Postest Theta

Medias Grupo A en pretest y Postest Beta

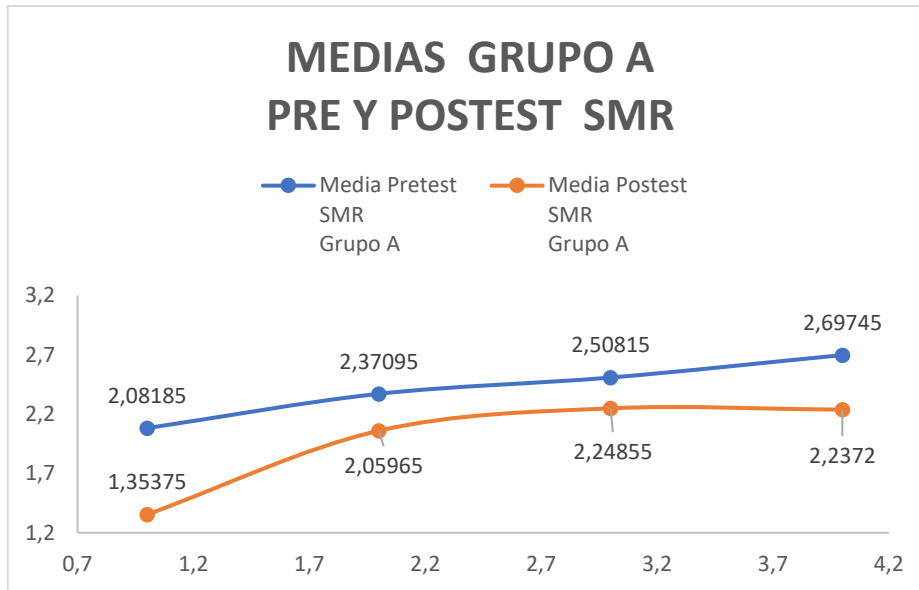
Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, y los datos de la media del pretest Beta grupo A y los datos de la media Postest frecuencia Theta del grupo A. Se observa en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es de 4,7194 del pretest y el mínimo valor es de 2,929 del Postest.



Gráfica 61. Medias Grupo A, Pre y Postest Beta

Medias Grupo A en pretest y Postest SMR

Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, y los datos de la media del pretest Beta grupo A y los datos de la media Postest frecuencia Theta del grupo A. Se evidencia en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es de 2,6974 del pretest y el mínimo valor es de 1,3537 del Postest.

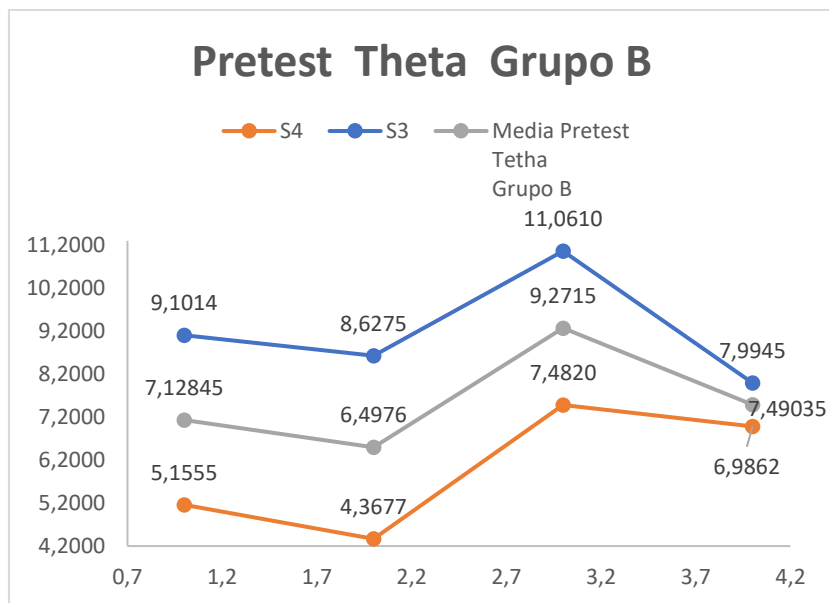


Gráfica 62. Medias Grupo A, pre y Postest SMR

6.6.4. Pretest Grupo B en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Pretest Theta Grupo B

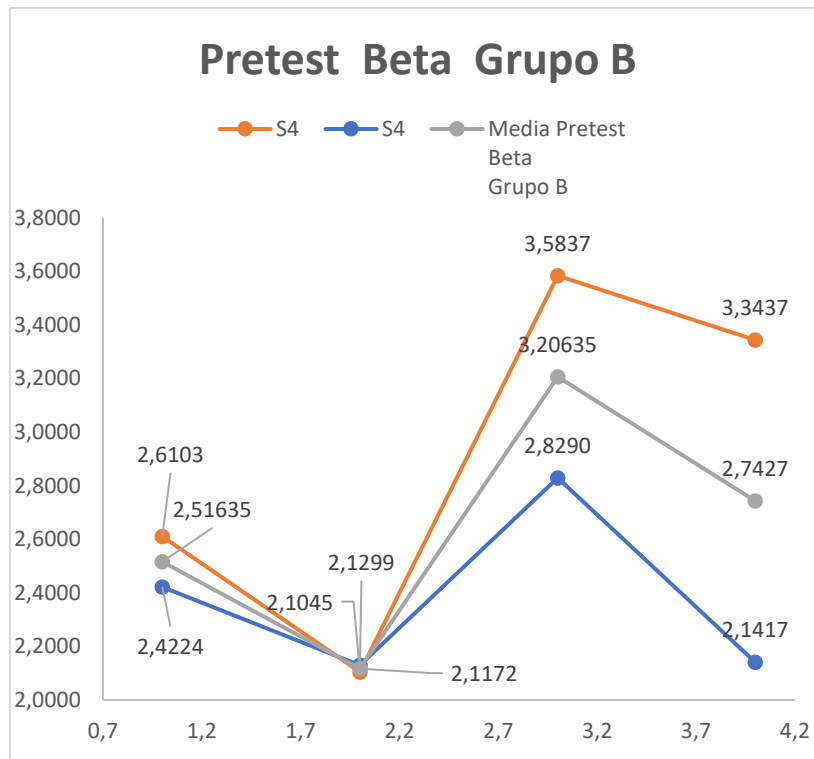
Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Theta de sujeto 3 y 4, hallando entre estas dos su respectiva media. Se evidencia en esta gráfica que el pretest Theta del sujeto 3 es mayor que el del sujeto 4. Se observa que el pretest en Theta grupo B, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 3 con 11,0610 y el valor mínimo es 4,3677 que lo obtuvo el sujeto 4. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 7,49035 y el valor mínimo es de 7,12845.



Gráfica 63. Pretest Theta Grupo A

Pretest Beta Grupo B

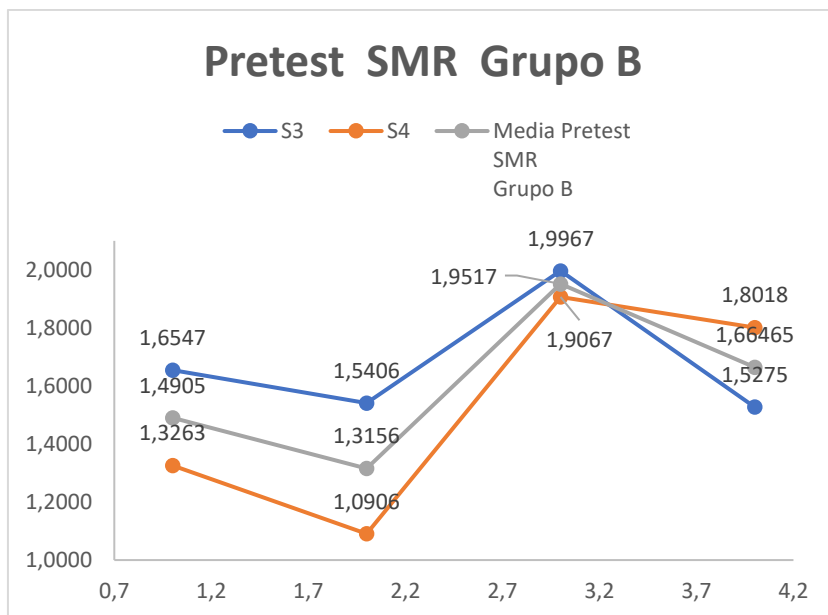
Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Beta de sujeto 3 y 4, hallando entre estas dos su respectiva media. En esta gráfica que el pretest Beta del sujeto 4 es mayor que la del sujeto 3. Se observa que el pretest en Beta grupo B, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 4 con 3,5837 y el valor mínimo es 2,1045 que lo obtuvo el sujeto 4. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 2,7427 y el valor mínimo es de 2,51635.



Gráfica 64. Pretest Beta Grupo B

Pretest SMR Grupo B

Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia SMR de sujeto 3 y 4, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest SMR del sujeto 3 es mayor que la del sujeto 4. Se evidencia que el pretest en SMR grupo B, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 3 con 1,9967 y el valor mínimo es 1,0906 que lo obtuvo el sujeto 4. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 1,9517 y el valor mínimo es de 1,3156.

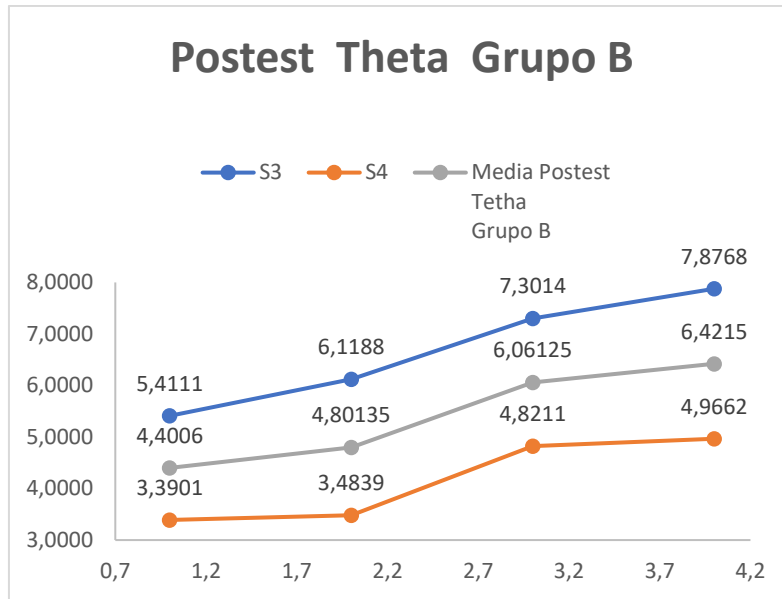


Gráfica 65. Pretest SMR Grupo B

6.6.5. Postest Grupo B en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Postest Theta Grupo B

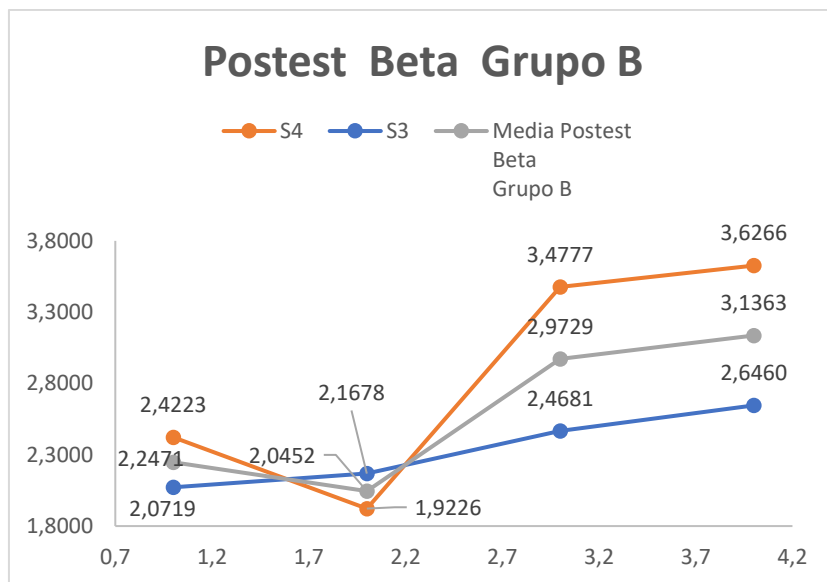
Como se observa en la gráfica siguiente, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Theta de sujeto 3 y 4, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest Theta del sujeto 3 es mayor que la del sujeto 4. Se evidencia que el pretest en Theta grupo b, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 3 con 7,8768, y el valor mínimo fue 3,3901 que lo obtuvo el sujeto 4. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 6,4215 y el valor mínimo es de 4,4006.



Gráfica 66. Postest Theta Grupo B

Postest Beta Grupo B

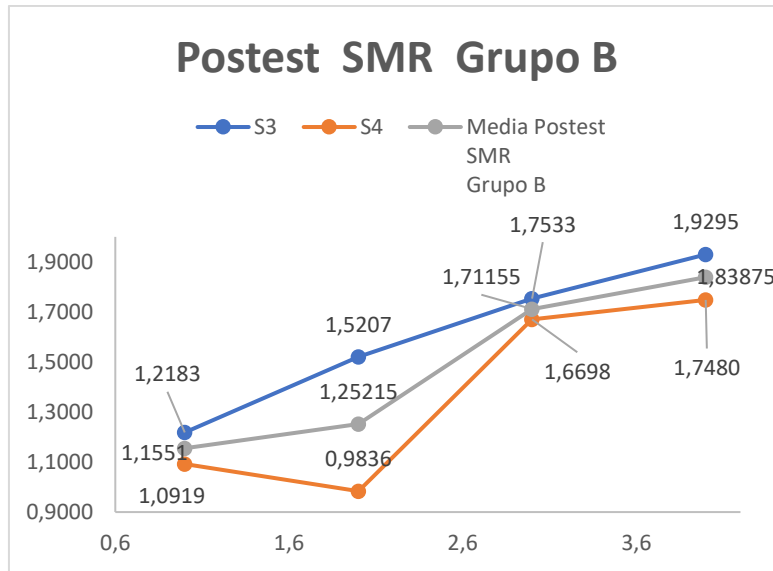
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3 del pretest en la frecuencia Beta de sujeto 3 y 4, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest Beta del sujeto 4 es mayor que la del sujeto 3. Se evidencia que el pretest en Beta grupo B el máximo valor lo obtuvo el sujeto 4 con 3,6266, y el valor mínimo es 1,9226 que también lo obtuvo el sujeto 4. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 3,2363 y el valor mínimo es de 2,0452.



Gráfica 67. Postest Beta Grupo B

Postest SMR Grupo B

Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia SMR de sujeto 3 y 4, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest SMR del sujeto 3 es mayor que la del sujeto 4. Se observa que el pretest en SMR grupo B, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 3 con 1,9295, y el valor mínimo lo obtuvo el sujeto 4 con 0,9836. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es el de 1,8385, y el valor mínimo es de 1,1551.

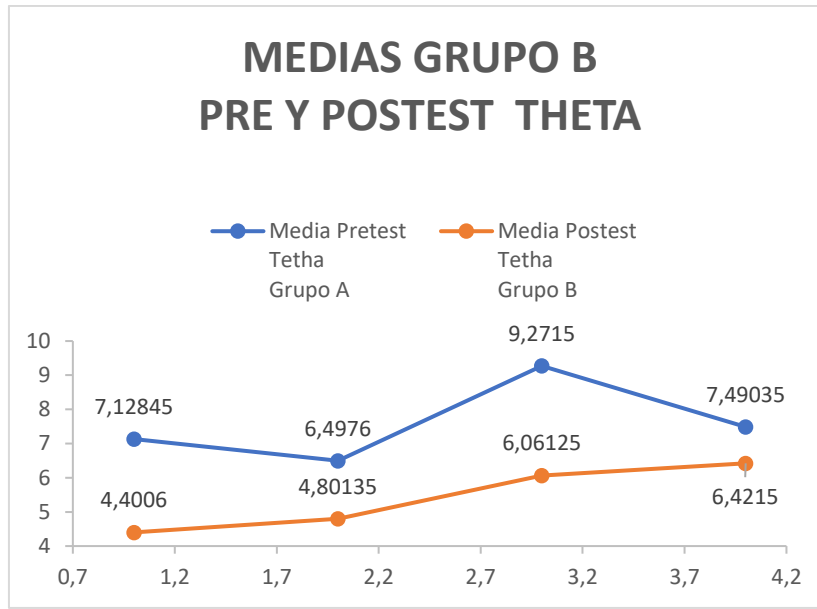


Gráfica 68. Postest SMR Grupo B

6.6.6. Medias Grupo B en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Medias Grupo B en pretest y Postest en Theta

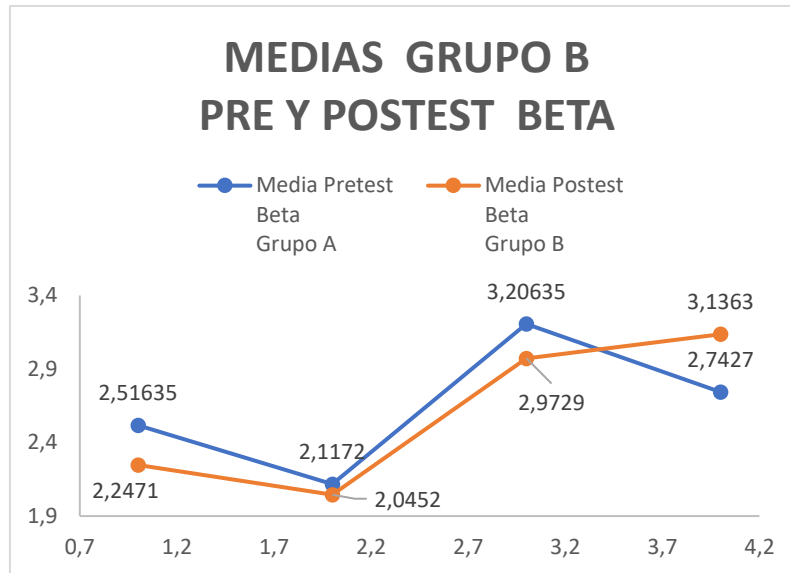
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, los datos de la media del pretest Theta grupo B y los datos de la media del Postest de la frecuencia Theta del grupo B. Se evidencia en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es el de 9,2715 del pretest, y el mínimo valor es de 4,4006 del Postest.



Gráfica 69. Medias Grupo B, pre y Postest Theta

Medias Grupo B en pretest y Postest en Beta

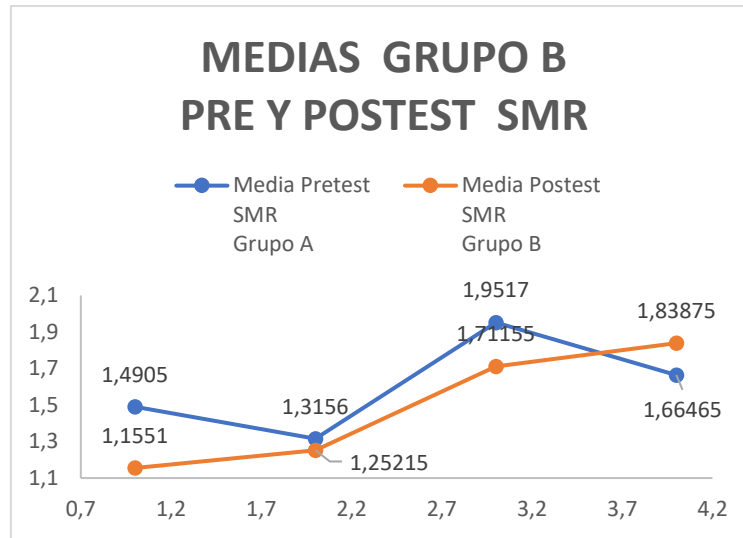
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, los datos de la media del pretest Beta grupo B y los datos de la media del Postest de la frecuencia Theta del grupo B. Se observa en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es de 3,20635 del pretest, y el mínimo valor es de 2,0452 del Postest.



Gráfica 70. Medias Grupo B, pre y Postest Beta

Medias Grupo B en pretest y Postest en SMR

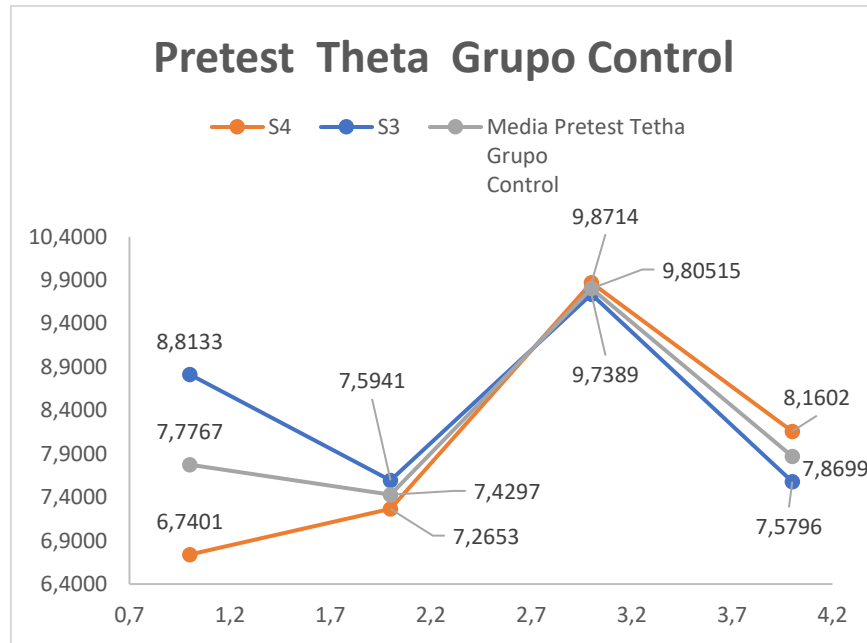
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, los datos de la media del pretest Beta grupo B y los datos de la media del Postest de la frecuencia Theta del grupo B. Se evidencia en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es de 1,9517 del pretest y el mínimo valor es de 1,1551 del Postest.



Gráfica 71. Medias Grupo B, pre y Postest SMR

Pretest Theta Grupo Control

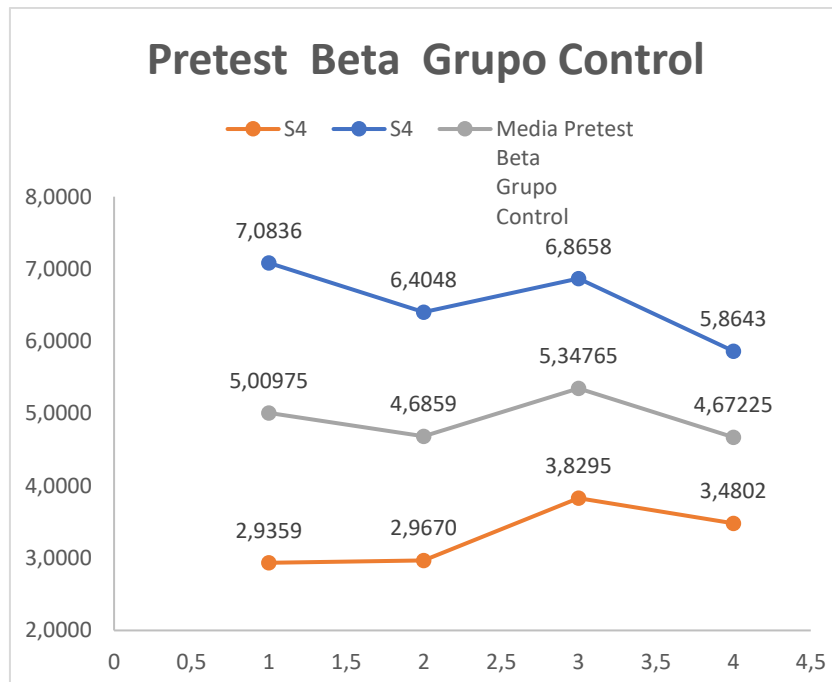
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Theta de sujeto 5 y 6, hallando entre estas dos su respectiva media. Se evidencia en esta gráfica que el pretest Theta del sujeto 5 es mayor que el del sujeto 6. Se observa que el pretest en Theta Grupo Control, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 6 con 7,8914, y el valor mínimo es 6,7401 que lo obtuvo el sujeto 6. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 9,8515, y el valor mínimo es de 7,4297.



Gráfica 72. Pretest Theta Grupo Control

Pretest Beta Grupo Control

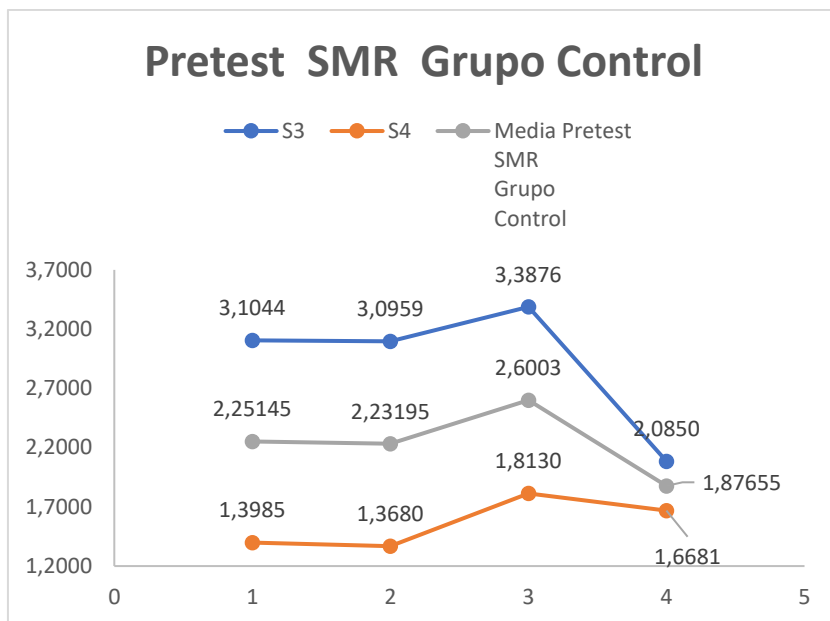
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Beta de sujeto 5 y 6, hallando entre estas dos su respectiva media. En esta gráfica que el pretest Beta del sujeto 5 es mayor que la del sujeto 6. Se observa que el pretest en Beta Grupo Control, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 5 con 7,0836 y el valor mínimo es 2,9359 que lo obtuvo el sujeto 6. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 5,34765, y el valor mínimo es de 4,67225.



Gráfica 73. Pretest Beta Grupo Control

Pretest SMR Grupo Control

Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia SMR de sujeto 5 y 6, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest SMR del sujeto 5 es mayor que la del sujeto 6. Se evidencia que el pretest en SMR Grupo Control, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 5 con 3,3876 y el valor mínimo es 1,3680 que lo obtuvo el sujeto 6. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 2,6003, y el valor mínimo es de 1,87655.

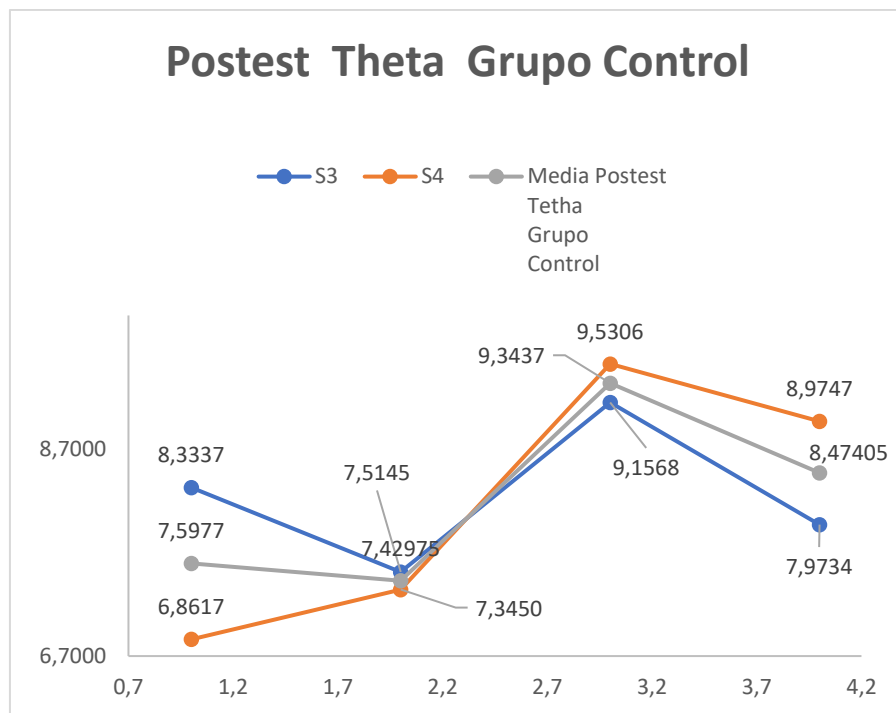


Gráfica 74. Pretest SMR Grupo Control

6.6.8. Postest Grupo Control en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Postest Theta Grupo Control

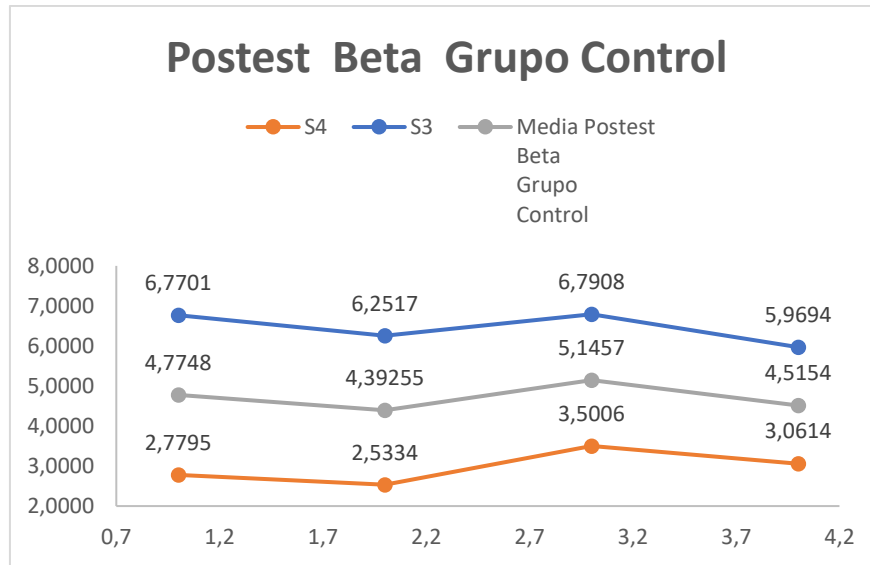
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia Theta de sujeto 5 y 6, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest Theta del sujeto 5 es mayor que la del sujeto 6. Se evidencia que el pretest en Theta Grupo Control, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 6 con 9,5306, y el valor mínimo fue 6,8617 que lo obtuvo el sujeto 6. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 9,3437, y el valor mínimo es de 7,42975.



Gráfica 75. Postest Theta Grupo Control

Postest Beta Grupo Control

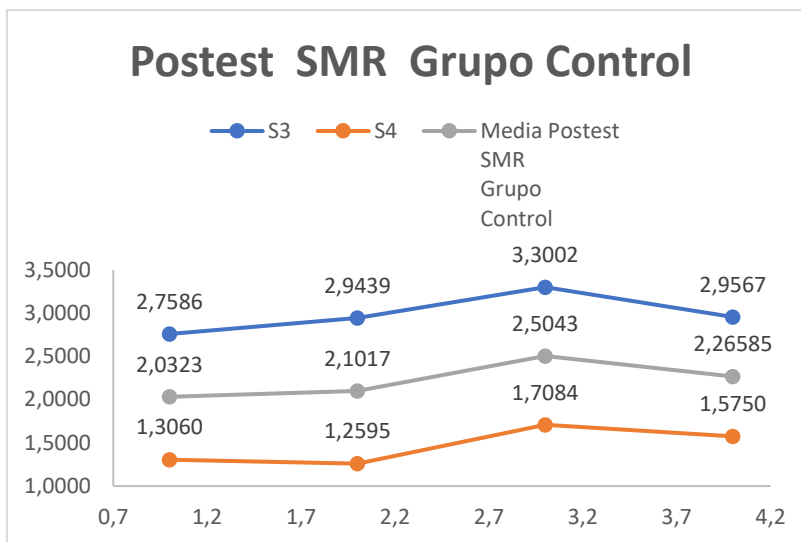
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3 del pretest en la frecuencia Beta de sujeto 5 y 6, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest Beta del sujeto 5 es mayor que la del sujeto 6. Se evidencia que el pretest en Beta Grupo Control el máximo valor lo obtuvo el sujeto 5 con 6,7908, y el valor mínimo es 2,5334 que también lo obtuvo el sujeto 6. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es de 4,7748, y el valor mínimo es de 4,39255.



Gráfica 76. Postest Beta Grupo Control

Postest SMR Grupo Control

Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, C3, del pretest en la frecuencia SMR de sujeto 5 y 6, hallando entre estas dos su respectiva media. Se observa en esta gráfica que el pretest SMR del sujeto 5 es mayor que la del sujeto 6. Se observa que el pretest en SMR Grupo Control, el máximo valor lo obtuvo el sujeto 5 con 3,3002, y el valor mínimo lo obtuvo el sujeto 6 con 1,2595. Respecto a estos datos el valor máximo de la media es el de 2,5043, y el valor mínimo es de 2,0323.

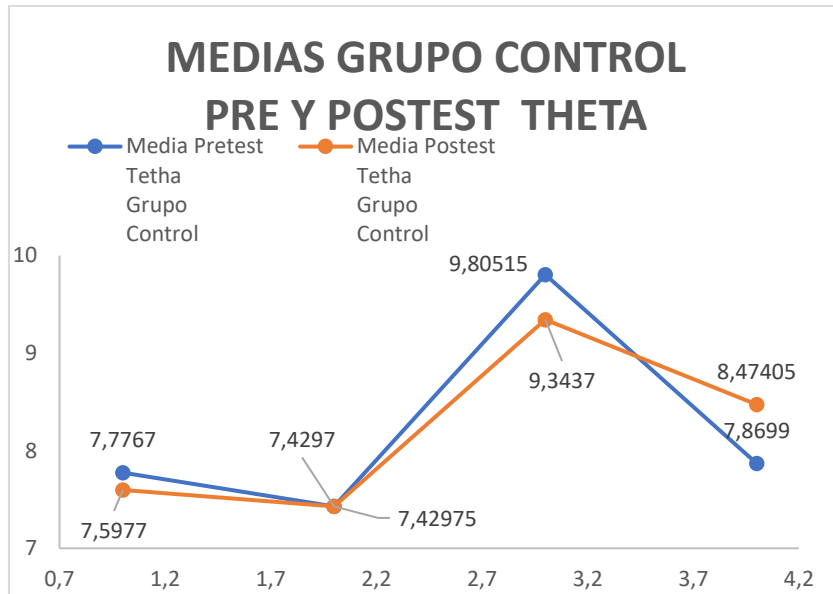


Gráfica 77. Postest SMR Grupo Control

6.6.9. Medias Grupo Control en Theta, Beta y Ritmo Sensoriomotor

Medias Grupo Control en pretest y Postest en Theta

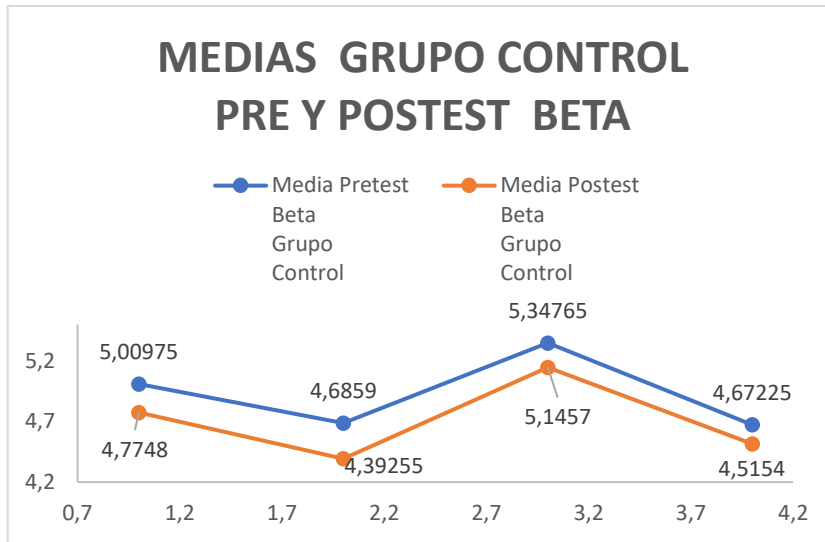
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, los datos de la media del pretest Theta Grupo Control y los datos de la media del Postest de la frecuencia Theta del Grupo Control. Se evidencia en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es el de 9,80515 del pretest, y el mínimo valor es de 7,4297 del Postest.



Gráfica 78. Medias Grupo Control pre y Postest Theta

Medias Grupo Control en pretest y Postest en Beta

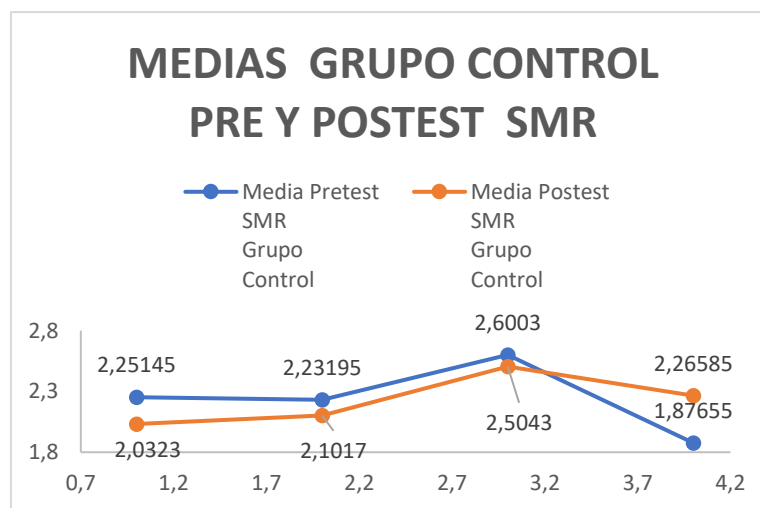
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, los datos de la media del pretest Beta Grupo Control y los datos de la media del Postest de la frecuencia Theta del Grupo Control. Se observa en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es de 5,34765 del pretest, y el mínimo valor es de 4,39255 del Postest.



Gráfica 79. Medias Grupo Control Pre y Postest Beta

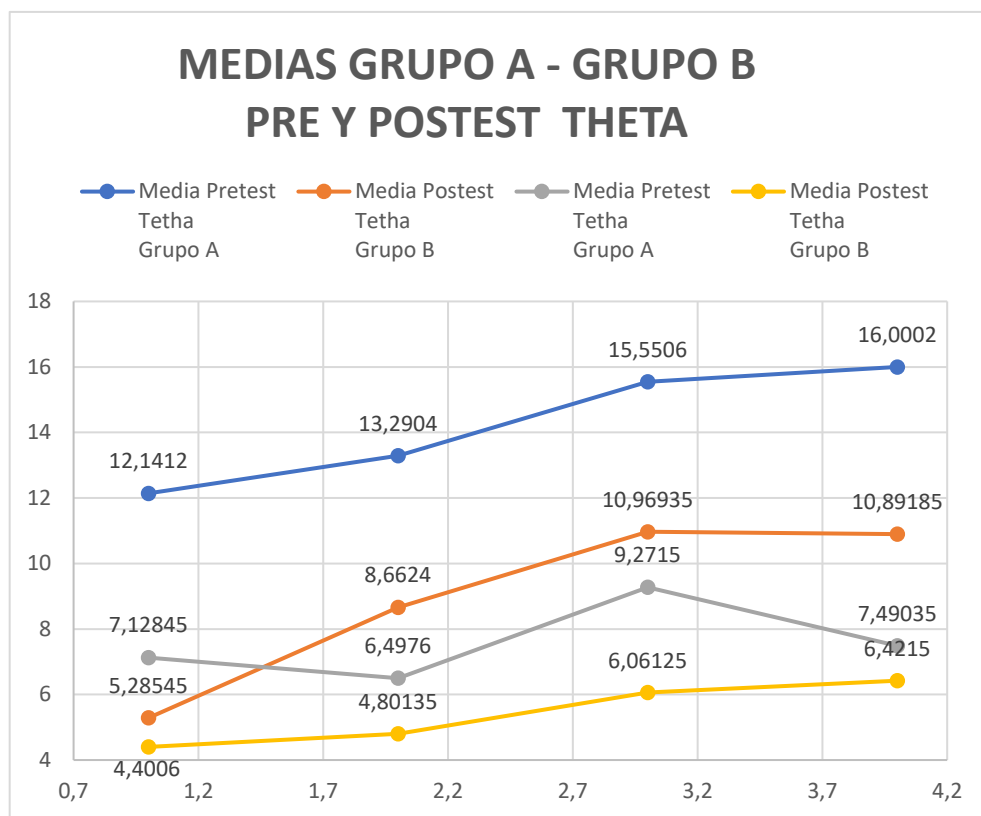
Medias Grupo Control en pretest y Postest en SMR

Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C4, los datos de la media del pretest Beta Grupo Control y los datos de la media del Postest de la frecuencia Theta del Grupo Control. Se evidencia en esta gráfica que el pretest alcanzó mayor frecuencia que el Postest. El máximo dato es de 2,6003 del pretest, y el mínimo valor es de 1,87655 del Postest.



Medias Grupo A - Grupo B pre y Postest Theta

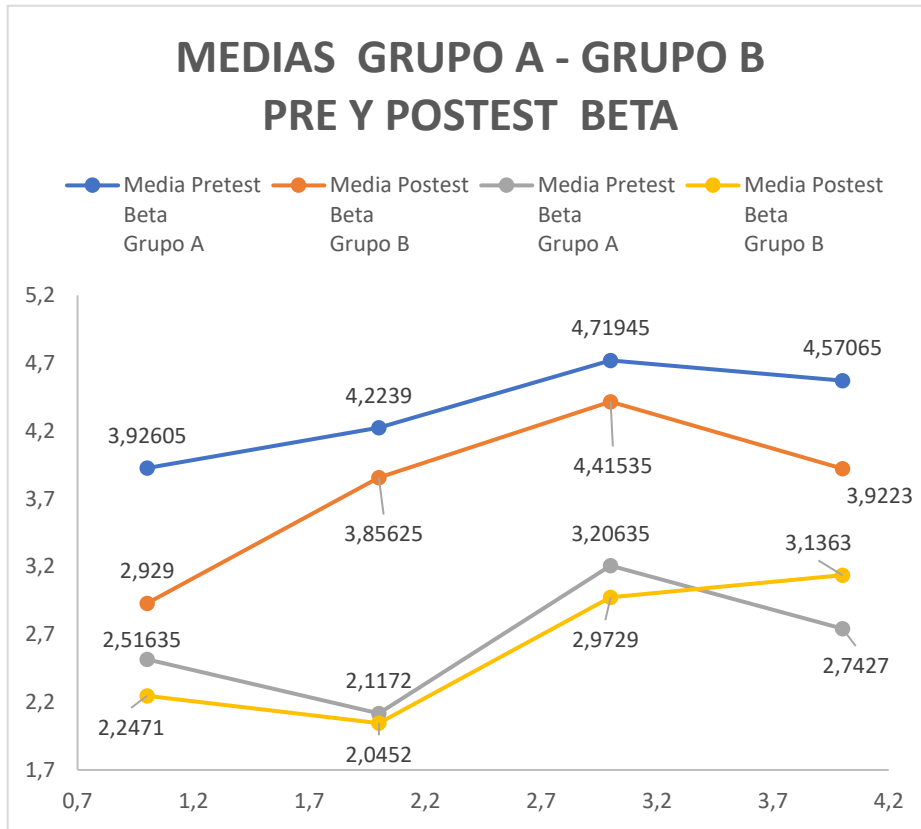
Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C3, C4, de la media del pretest y Postest en la frecuencia de la banda Theta Grupo A y Grupo B. Se observa en esta gráfica que en el Grupo A y Grupo B en el pretest obtuvo valores más amplios que en el Postest.



Gráfica 81. Medias Grupo A - Grupo B, pre y Postest Theta

Medias Grupo A - Grupo B, pre y Postest Beta

Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C3, C4, de la media del pretest y Postest en la frecuencia de la banda Beta Grupo A y Grupo B. Se observa en esta gráfica que en el Grupo A y Grupo B en el pretest obtuvo valores más amplios que en el Postest.

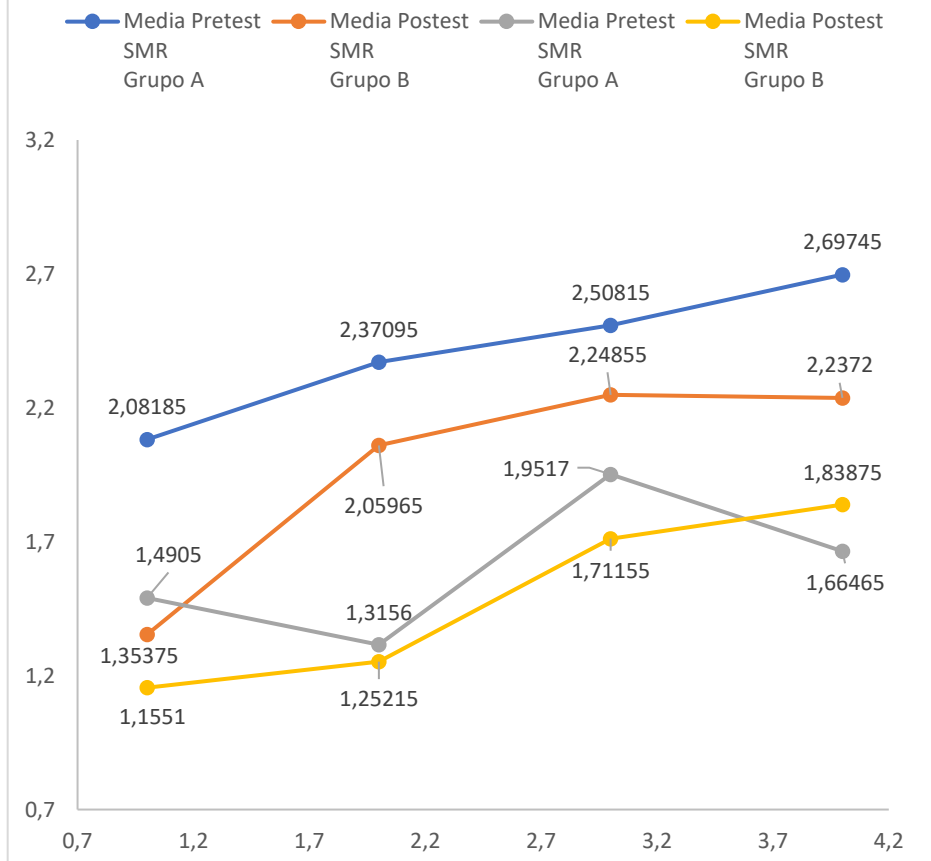


Gráfica 82. Medias Grupo A - Grupo B, pre y Postest Beta

MEDIAS GRUPO A - GRUPO B PRE Y POSTEST SMR

Como se evidencia en la siguiente gráfica, se tomaron los datos de los electrodos F3, F4, C3, C4, de la media del pretest y Postest en la frecuencia de la banda SMR Grupo A y Grupo B. Se observa en esta gráfica que en el Grupo A y Grupo B en el pretest obtuvo valores más amplios que en el Postest.

MEDIAS GRUPO A - GRUPO) PRE Y POSTEST SMR



7. Discusión y conclusiones

Se seleccionó una muestra con 6 sujetos sanos (3 hombres, 3 mujeres), con edades entre los 23 y 50 años, y un promedio de edad de ($M=32,6$) (solamente se seleccionaron 6 personas debido a la problemática existente de la pandemia). Estas personas dieron su consentimiento para participar de esta experimentación con protocolos de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Para ello se diseñaron dos protocolos, uno Theta/Beta aplicado al Grupo A con dos sujetos y el otro Ritmo Sensoriomotor aplicados al Grupo B con dos sujetos. Adicionalmente se presenta el grupo de Control con dos sujetos el cual no se le realizó entrenamiento.

Para este estudio se diseñaron dos protocolos de Neurofeedback: El primero es el protocolo Theta/Beta y el segundo el protocolo de Ritmo Sensoriomotor (SMR). El protocolo Theta/Beta para potenciar los procesos de atención, de acuerdo con (Loaiza et al., 2014, p. 19), se caracteriza por reducir la frecuencia de la banda Theta y ampliar la frecuencia de la banda Beta. El segundo protocolo de Ritmo Sensoriomotor (SMR), según (Gruzelier *et al.*, 2014), para potenciar los procesos de atención se caracteriza por ampliar las ondas de la banda SMR.

En estos dos protocolos se realizaron 28 sesiones de entrenamiento con ejercicios de una duración de 30 minutos cada uno. Cada protocolo se caracterizó por tener un componente de atención focalizada y un componente de atención dividida (Loaiza *et al.*, 2014, p. 19). En la experimentación se realizó un pretest y un Postest para los tres grupos de experimentación. Tanto el pretest como el Postest estaban compuestos por la medición de las señales cerebrales (EEG) Theta, Beta y Ritmo sensoriomotor, durante la aplicación del test de Stroop (Golden, 2001).

De esta manera, de acuerdo con el planteamiento anterior el objetivo “Diseñar dos metodologías basadas en las técnicas de Neurofeedback en un caso con ritmos cerebrales Theta/Beta y en otro caso con ritmos sensoriomotores para potenciar el proceso cognitivo de atención en sujetos adultos no diagnosticados con TDAH” se cumplió al aplicarse en el proceso de experimentación con el Grupo A (protocolo Theta/Beta), Grupo B (Protocolo Ritmo Sensoriomotor) y el Grupo de Control.

En el protocolo Theta/Beta, los resultados de los sujetos del Grupo A, B y Grupo Control tuvieron los siguientes resultados: En el Grupo A el promedio de las ondas Theta para los electrodos F3 (lóbulo frontal izquierdo), F4 (lóbulo frontal derecho), C3 (zona central izquierdo), C4 (zona central derecho), en el pretest obtuvo valores más altos (μV), que en Postest (Ver gráfica 60). En el Grupo B, el promedio de las ondas Theta en el pretest fue más elevado que en Postest (Ver gráfica 69). En el Grupo Control el promedio de las ondas Theta en el pretest fue más elevado que en Postest (Ver gráfica 78), como lo refiere (Loaiza et al., 2014, p. 19) que indica que con un entrenamiento de Neurofeedback se puede reducir las ondas cerebrales Theta para potenciar el proceso de la atención.

Continuando con el protocolo Theta/Beta, los resultados de los sujetos del Grupo A, B y Grupo Control en la frecuencia Beta, encontramos que en el Grupo A el promedio de las ondas Beta en el pretest fue más elevado que en Postest (Ver gráfica 61). En el Grupo B el promedio de las ondas Beta en el pretest fue más elevado que en Postest (Ver gráfica 70). En el Grupo Control el promedio de las ondas Beta en el pretest fue más elevado que en Postest (Ver gráfica 79) como lo refiere (Loaiza et al., 2014, p. 19) que indica que con un entrenamiento de Neurofeedback se puede reducir las ondas cerebrales Theta para potenciar el proceso de la atención.

En el protocolo Theta del Grupo A, los resultados de los promedios de los sujetos, con los electrodos F3, ($M=12,1412\mu\text{V}$) F4($M=13,2904\mu\text{V}$), C3 ($M=15,5506\mu\text{V}$), C4 ($M=16,0002\mu\text{V}$), nos indica que el porcentaje de las ondas Theta del pretest (Ver gráfica 60), con estos cuatro electrodos fue más alto que el del Postest F3, ($M=5,28545\mu\text{V}$) F4 ($M=8,6624\mu\text{V}$), C3 ($M=10,96935\mu\text{V}$), C4 ($M=10,89185\mu\text{V}$). Los resultados obtenidos en

esta investigación están en concordancia como lo refiere Loaiza (Loaiza et al., 2014, p. 19) quien indica que las ondas cerebrales Theta se reducen para potenciar el proceso de la atención y (Dorna, 2015).

En el protocolo Theta del Grupo B, los resultados de los promedios de los sujetos, con los electrodos F3, (M=7,12845 μ V) F4 (M=6,4976 μ V), C3 (M=9,2715 μ V), C4 (M=7,49035 μ V), nos indica que el porcentaje de las ondas Theta del pretest (Ver gráfica 69), con estos cuatro electrodos fue más alto que el del Postest con los electrodos F3, (M=4,4006 μ V) F4(M=4,80135 μ V), C3 (M=6,06125 μ V), C4 (M=6,4215 μ V). nos indica que el porcentaje de las ondas Theta del pretest (Ver gráfica 69). Como lo refiere (Loaiza et al., 2014, p. 19) que indica que las ondas cerebrales Theta se deben reducir para potenciar el proceso de la atención. (Dorna, 2015).

En el protocolo Theta del Grupo Control, los cuales no tuvieron entrenamiento, los resultados de los promedios de los sujetos, con los electrodos F3, F4, C3, nos indica que el porcentaje de las ondas Theta del pretest en F3 (M=7,7767 μ V), F4 (M=7,4297 μ V), C3 (M= 9,80515 μ V) (Ver gráfica 78), en estos tres electrodos la media del pretest fue más elevado que el del Postest, a excepción de la posición C4 (zona central derecho) que obtuvo menor promedio en el pretest (M= 7,86 μ V) que en el Postest (M= 8,47 μ V). En los electrodos F3, F4, C3 cumple lo que refiere (Loaiza et al., 2014, p. 19) que indica que las ondas cerebrales Theta se deben reducir para potenciar el proceso cognitivo de la atención, sin embargo, en la posición C4, los resultados indican lo contrario a la teoría de (Loaiza et al., 2014, p. 19). De acuerdo con los datos anteriores se observa que en el Grupo Control los datos tienden a permanecer constantes tanto en el pretest como en el Postest (Dorna, 2015).

En el protocolo Beta, los resultados de los sujetos del Grupo A, teniendo en cuenta los promedios del pretest de los electrodos F3, (M=3,92605 μ V) F4(M=4,2239 μ V), C3 (M=4,71945 μ V), C4 (M=4,57065 μ V), nos indica que el porcentaje de las ondas Beta del pretest con estos cuatro electrodos fue más elevado que el del Postest F3, (M=2,929 μ V) F4(M=3,85625 μ V), C3 (M=4,41535 μ V), C4 (M=3,9223 μ V), (ver gráfica 61). Los

resultados fueron contrarios a lo que refiere Babiloni *et al.*, (2007) que indica que las ondas cerebrales Beta deben ampliarse con la aplicación de un entrenamiento con la onda Beta para potenciar el proceso de la atención.).

En el protocolo Beta, los resultados de los sujetos del Grupo B, teniendo en cuenta los promedios del pretest de los electrodos F3 (M=2,51635 μ V) F4 (M=2,1172 μ V), C3 (M=3,20635 μ V), indica que el porcentaje de las ondas Beta del pretest, con estos tres electrodos fue más elevado que el promedio del Postest en F3(M=2,2471 μ V), F4(M=2,1172 μ V),C3 (M=3,20635 μ V), a excepción de la posición C4 (zona central derecho) que obtuvo menor promedio en el pretest (M= 2,7427 μ V) que en el Postest (M= 3,9223 μ V). En los electrodos F3, F4, C3 (Ver Gráfica 70) se cumple lo que refiere Babiloni *et al.*, (2007) que indica que, si se amplían las ondas cerebrales Beta, potencia el proceso cognitivo de la atención, sin embargo, en la posición C4, los resultados indican lo contrario a la teoría de Babiloni *et al.*, (2007).

En el protocolo Beta, los resultados de los sujetos del Grupo Control, teniendo en cuenta los promedios del pretest de los electrodos F3(M=5,00975 μ V) F4(M=4,6859 μ V), C3(M=5,34765 μ V), C4(m=4,67225 μ V), indica que el porcentaje de las ondas Beta del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el promedio del Postest en F3(M=4,7748 μ V), F4(M=4,39255 μ V), C3 (M=5,1457 μ V), C4(m=4,5154 μ V), (ver Gráfica 79). Esto nos indica que el porcentaje de las ondas Beta del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el del Postest, contrario a lo que refiere Babiloni *et al.*, (2007) que indica que las ondas cerebrales Beta se amplían para potenciar el proceso cognitivo de la atención, teniendo en cuenta que el Grupo Control no realizó entrenamiento y por ende sus ondas Beta no se ampliaron.

De esta manera, de acuerdo con el planteamiento anterior el objetivo “Identificar la influencia del protocolo basado en ritmos cerebrales Theta/Beta en el proceso cognitivo de atención.” Se cumplió al analizar los resultados obtenidos en las ondas cerebrales Theta/Beta en el proceso de experimentación con el Grupo A, B y Grupo Control, donde se observó que el Postest del Grupo A y B, mejoraron su proceso atención a través del

entrenamiento, confirmando lo que dice Duarte (2015), que después de un entrenamiento con el protocolo Theta, Beta se potencia el proceso cognitivo de la atención.

En el protocolo Ritmo Sensoriomotor al contrastar los resultados de los sujetos del Grupo A, B y Grupo Control tuvieron los siguientes resultados: En el Grupo A el promedio de las ondas SMR en el pretest fue mayor que en Postest (Ver gráfica 62). En el Grupo B el promedio de las ondas SMR en el pretest fue mayor que en Postest (Ver gráfica 71). En el Grupo Control el promedio de las ondas SMR en el pretest fue mayor que en Postest (Ver gráfica 80), como lo refiere (Gruzelier *et al.*, 2014) que indica que con un entrenamiento de Neurofeedback se puede ampliar las ondas cerebrales SMR para potenciar el proceso de la atención. (La posición C4 obtuvo el mayor promedio en el Postest, en los otros electrodos el promedio fue menor).

En el protocolo Ritmo Sensoriomotor, los resultados de los sujetos del Grupo A, teniendo en cuenta los promedios del pretest de los electrodos F3(M=2,08185 μ V) F4(M=2,37095 μ V),C3(M=2,50815 μ V) C4(m=2,69745 μ V), indican que el porcentaje de las ondas RMS del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el promedio del Postest en F3(M=1,35375 μ V), F4(M=2,05965 μ V),C3 (M=2,24855 μ V),C4(m=2,2372 μ V), (Ver Gráfica 62) nos indica que el porcentaje del Ritmo Sensoriomotor del pretest, fue más elevado que el del Postest, donde los resultados fueron contrarios a lo que refiere Gruzelier *et al.*, (2014), que indica que el aumento en las ondas cerebrales Ritmo Sensoriomotor, ayuda a potenciar la atención sostenida.

En el protocolo Ritmo Sensoriomotor, los resultados de los sujetos del Grupo B, teniendo en cuenta los promedios del pretest de los electrodos F3 (M=1,4905 μ V) F4(M=1,3156 μ V),C3(M=1,9517 μ V), (Ver Gráfica 71) nos indica que el porcentaje de las ondas Beta del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el promedio del Postest en F3(M=1,1551 μ V), F4(M=1,25215 μ V),C3 (M=1,71155 μ V),C4(m=2,2372 μ V), nos indica que el porcentaje de las ondas Ritmo Sensoriomotor del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el del Postest, contrario a lo que dice el autor Gruzelier *et al.*, (2014), cuando refiere que con un entrenamiento para potenciar la atención las ondas

RMS, en el Postest deben estar aumentadas. Sin embargo, en la posición C4 del pretest ($M=1,66465\mu V$), es mayor que el promedio del Postest ($M=1,83875\mu V$). Se evidencia un elevado porcentaje de ondas de Ritmo Sensoriomotor como lo refiere Gruzelier *et al.*, (2014) que indica que las ondas cerebrales del Ritmo Sensoriomotor deben ampliarse para potenciar el proceso de la atención.

En el protocolo Ritmo Sensoriomotor, los resultados de los sujetos del Grupo Control, teniendo en cuenta los promedios del pretest de los electrodos F3 ($M=2,25145\mu V$) F4($M=2,23195\mu V$), C3 ($M=2,6003\mu V$), nos indica que el porcentaje de las ondas RMS del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el promedio del Postest en F3($M=2,0323\mu V$), F4($M=2,1017\mu V$), C3 ($M=2,5043\mu V$), (Ver Gráfica 80) nos indica que el porcentaje de las ondas Ritmo Sensoriomotor del pretest, con estos cuatro electrodos fue más elevado que el del Postest, contrario a lo que dice el autor Gruzelier *et al.*, (2014), cuando refiere que con un entrenamiento para potenciar la atención las ondas RMS, en el Postest deben estar aumentadas.

Sin embargo, en la posición C4 en el pretest el promedio ($M=2,26585\mu V$), es menor que el promedio del Postest ($M=2,26585\mu V$). Se evidencia un elevado porcentaje de ondas de Ritmo Sensoriomotor como lo refiere Gruzelier *et al.*, (2014) indica que las ondas cerebrales Ritmo Sensoriomotor deben ampliarse para potenciar el proceso de la atención. Por otra parte, se evidencia en los resultados del Grupo Control en correlación con el Grupo A y B, que los promedios del pretest con el Postest son muy similares con el Grupo Control. Lo anterior puede explicarse por la cantidad de sesiones de la presente experimentación, como ha sido reportado en otras investigaciones, por ejemplo, la de Enrique *et al.*, (2014).

De esta manera, de acuerdo con el planteamiento anterior el objetivo es “Identificar la influencia del protocolo basado en ritmos cerebrales Ritmo Sensoriomotor en el proceso cognitivo de atención.” Se cumplió al analizar los resultados obtenidos en las ondas cerebrales SMR en el proceso de experimentación con el Grupo A, B y Grupo Control, donde se observó que el Postest del Grupo A y B, mejoraron significativamente su proceso

atención a través del entrenamiento en relación con el Grupo Control, confirmando lo que dice Duarte (2015), que después de un entrenamiento con el protocolo SMR se potencia el proceso cognitivo de la atención.

Al contrastar los resultados de los protocolos de Neurofeedback con ritmos cerebrales Theta/Beta y ritmos sensoriomotores en la potenciación del proceso cognitivo de la atención en Grupo A con Grupo B, en las posiciones F3, F4, C3, C4 del sistema 10-20, observamos que el grupo A, obtuvo mayores valores que el grupo B, esto se puede explicar por la influencia del entrenamiento con un protocolo Theta-Beta de neurofeedback que fue aplicado al Grupo A, que cumple lo que refiere Duarte (2015) que indica que con un entrenamiento de Neurofeedback se puede reducir las ondas cerebrales Theta para potenciar el proceso de la atención.

De acuerdo con lo anterior a continuación se contrastan los resultados obtenidos en los electrodos F3, F4, C3, C4 de los grupos A y B.

F3 en Theta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=12,1412\mu V$), y en el Postest ($M=5,2854\mu V$), la diferencia entre ambos es de ($6,8557\mu V$) y el grupo B el Pretest obtuvo un promedio de ($M=7,128\mu V$) y en el Postest ($M=4,4006\mu V$), la diferencia entre ambos es de ($2,7278\mu V$). (ver gráfica 81) Teniendo en cuenta la diferencia entre el pretest y Postest de cada grupo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A. Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda theta y se cumple lo expresado por (Coben & Evans 2011), que dice que la onda Theta se reduce después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el grupo A, obtuvo una mayor diferencia de rango, por lo que se infiere que el grupo A, presentó mayores niveles de atención.

F4 en Theta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=13,2904\mu V$) y en el Postest ($M=8,6624\mu V$), con una diferencia de ($4,628\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=6,4976\mu V$) y en el Postest ($M=4,80135\mu V$), con una diferencia de ($1,69\mu V$). (ver gráfica 81). Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la

banda theta cumpliéndose lo expresado por (Coben & Evans 2011), que dice que la onda Theta se reduce después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A, que presentó mayores niveles de atención.

C3 en Theta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=15,5506\mu V$) y en el Postest ($M=10,96\mu V$), con una diferencia de ($4,58\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=9,2715\mu V$) y en el Postest ($M=6,0612\mu V$), con una diferencia de ($3,21\mu V$). (ver gráfica 81) Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda theta cumpliéndose lo expresado por (Coben & Evans 2011), que dice que la onda Theta se reduce después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A, que presentó mayores niveles de atención.

C4 en Theta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=15,5506\mu V$) y en el Postest ($M=10,8918\mu V$), con una diferencia de ($5,10\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=7,49035\mu V$) y en el Postest ($M=10,8918\mu V$), con una diferencia de ($1,06\mu V$). (ver gráfica 81). Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda theta cumpliéndose lo expresado por (Coben & Evans 2011), que dice que la onda Theta se reduce después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A, que presentó mayores niveles de atención.

De acuerdo a los resultados anteriormente descritos las diferencias entre el pretest y el posttest de los grupos A y B, donde se refleja que el grupo A presentó mayores valores en el posttest, esto se puede explicar porque el grupo A se le aplicó el protocolo Theta/Beta y al grupo B el protocolo Ritmos Sensoriomotor que se encuentra en el rango de la banda Beta, por lo tanto, este protocolo no registra ondas Theta. Según lo expresado por (Loaiza et al., 2014, p. 19).

F3 en Beta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=3,92605\mu V$), y en el Postest ($M=2,92\mu V$), la diferencia entre ambos es de ($0,99\mu V$) y el grupo B el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,51635\mu V$) y en el Postest ($M=2,2471\mu V$), la diferencia entre ambos es de ($0,269\mu V$). (ver gráfica 82). Teniendo en cuenta la diferencia entre el pretest y Postest de cada grupo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A. Esto nos indica que en ambos grupos presentaron valores reducidos en la frecuencia Beta, contrario a lo que refiere (Chapin & Russell 2014), que la onda Beta se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención.

F4 en Beta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=4,22\mu V$) y en el Postest ($M=3,85$), con una diferencia de ($0,36\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,1\mu V$) y en el Postest ($M=2,04\mu V$), con una diferencia de ($0,072\mu V$). (ver gráfica 82). Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda Beta en el Postest, contrario lo expresado por algunos autores como (Chapin & Russell 201) que la onda Beta se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención.

C3 en Beta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=4,71\mu V$) y en el Postest ($M=4,41\mu V$), con una diferencia de ($0,30\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=3,20\mu V$) y en el Postest ($M=2,97\mu V$), con una diferencia de ($0,23\mu V$) (ver gráfica 82). Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda Beta contrario a lo referido por (Chapin & Russell 201) que la onda Beta se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención.

C4 en Beta Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=4,57\mu V$) y en el Postest ($M=3,92\mu V$), con una diferencia de ($0,64\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,74\mu V$) y en el Postest ($M=3,13\mu V$), con una diferencia de ($-0,39\mu V$). (ver gráfica 82). Esto nos indica que en el grupo A, contrario a lo que expresa

(Chapin & Russell 2014), que la onda SMR se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A y en el grupo B, se cumple lo manifestado (Chapin & Russell 2014) que la onda Beta se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso de la atención.

De acuerdo a los resultados anteriormente descritos las diferencias entre el pretest y el posttest de los grupos A y B, donde se refleja que el grupo A presento mayores valores en el posttest, esto se puede explicar porque el grupo A se le aplicó el protocolo Theta/Beta y al grupo B el protocolo Ritmos Sensoriomotor que se encuentra en el rango de la banda Beta, por lo tanto, este protocolo no registra ondas Theta. Según lo expresado por (Loaiza et al., 2014, p. 19).

F3 en SMR Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,08 \mu V$), y en el Posttest ($M=1,35 \mu V$), la diferencia entre ambos es de ($0,72 \mu V$) y el grupo B el Pretest obtuvo un promedio de ($M=1,49 \mu V$) y en el Posttest ($M=1,15 \mu V$), la diferencia entre ambos es de ($0,33$). (ver gráfica 83). Teniendo en cuenta la diferencia entre el pretest y Posttest de cada grupo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A. Por otro lado, en ambos grupos se reduce la banda SMR contrario a lo expresado por (Demos 2005), que dice que la onda SMR se amplía o refuerza para reducir la impulsividad o la hiperactividad y de esta manera tener un mayor estado de alerta. Lo que ayuda a potenciar el proceso cognitivo de la atención.

F4 en SMR Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,37 \mu V$) y en el Posttest ($M=2,059 \mu V$), con una diferencia de ($0,31$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=1,31 \mu V$) y en el Posttest ($M=1,25 \mu V$), con una diferencia de ($0,063 \mu V$). (ver gráfica 83) Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda SMR cumpliéndose lo expresado por (Demos 2005), que dice que la onda SMR se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso

cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más cercano a lo referido en la teoría es del grupo B, que presentó mayores niveles de atención.

C3 en SMR Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,50\mu V$) y en el Postest ($M=2,24\mu V$), con una diferencia de ($0,25\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=1,95\mu V$) y en el Postest ($M=1,71\mu V$), con una diferencia de ($0,24$). (ver gráfica 83). Esto nos indica que en ambos grupos se reduce la banda SMR con una diferencia cercana en los rangos de valores, esto es contrario a lo que refiere (Demos 2005), que dice que la onda SMR se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A, que presentó mayores niveles de atención.

C4 en SMR Grupo A en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=2,69\mu V$) y en el Postest ($M=2,23\mu V$), con una diferencia de ($0,46\mu V$). Al mismo tiempo el grupo B en el Pretest obtuvo un promedio de ($M=1,66\mu V$) y en el Postest ($M=1,83\mu V$), con una diferencia de ($-0,17\mu V$). (ver gráfica 83). Esto nos indica que en el grupo A, contrario a lo que expresa (Demos 2011), que la onda SMR se amplía después de aplicado un entrenamiento de Neurofeedback para potenciar el proceso cognitivo de la atención. Sin embargo, el rango de diferencia más amplio es del grupo A y en el grupo B, se cumple lo manifestado (Demos 2011).

De acuerdo a los resultados anteriormente descritos, las diferencias entre el pretest y el posttest de los grupos A y B, donde se refleja que el grupo A presentó mayores valores en el posttest, esto se puede explicar porque el grupo A se le aplicó el protocolo Theta/Beta y al grupo B el protocolo Ritmos Sensoriomotor que se encuentra en el rango de la banda Beta, por lo tanto, este protocolo no registra ondas Theta. Según lo expresado por (Loaiza et al., 2014, p. 19). Se concluye que el grupo A en todos los resultados muestra una concordancia con lo que refieren los autores (Coben & Evans 2011) sobre el protocolo Theta, pero evidenciamos que en el grupo B, que se le aplicó el protocolo Ritmo Sensoriomotor no hay concordancia con lo que refieren los autores sobre este protocolo, dado las ondas RMS se mantuvieron bajas en el posttest.

El protocolo Theta/Beta, en las ondas Theta se reducen y las Betas se amplían. Al reducir Theta se produce un estado de concentración y al ampliar Beta el cerebro genera un estado de alerta en la atención. A diferencia del Ritmo Sensoriomotor que amplía su onda para reducir los niveles de ansiedad e hiperactividad lo que ayuda a potenciar el proceso de atención focalizada y dividida, según lo expresa (Demos, 2015).

RESPUESTA A PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué protocolos basados en ritmos cerebrales Theta/Beta y Ritmo Sensoriomotor, utilizando procesos de realimentación con Neurofeedback, permiten potenciar la atención en personas sanas?

De acuerdo con la discusión y resultados anteriormente expuestos en la cual se ha dado respuesta a cada uno de los objetivos, podemos concluir que se ha dado respuesta a la pregunta de investigación, *¿Qué protocolos basados en ritmos cerebrales Theta/Beta y Ritmo Sensoriomotor, utilizando procesos de realimentación con Neurofeedback, permiten potenciar la atención en personas sanas?*

Los protocolos que permiten potenciar el proceso cognitivo de la atención son los protocolos Theta, Beta; y el Ritmo Sensoriomotor según lo afirma (Loaiza *et al.*, 2014). En esta investigación se demostró que la implementación de los dos protocolos, donde en los resultados se evidenciaron que tienen una influencia positiva en la potenciación del proceso cognitivo de la atención, cuando se reduce la frecuencia de la banda Theta y se refuerza la frecuencia de la banda Beta ; y el protocolo Ritmo Sensoriomotor demostró que con un entrenamiento de sesiones de Neurofeedback se mejora de manera significativa el proceso de la atención, esta investigación concluye que ambos protocolos demostraron un alto nivel de eficacia como estrategia pedagógica en el proceso cognitivo de la atención.

Cuando se trabaja con el protocolo Theta/Beta, la observación de una reducción rápida de la ratio es un predictor de mejora en las puntuaciones de medidas atencionales.

Contribuciones, limitaciones y recomendaciones

Contribuciones.

El presente estudio contribuye en el campo de investigación del diseño de protocolos basados en la técnica de Neurofeedback para potenciar la atención, agregando bases a las futuras investigaciones en el campo de la Neuropsicología relacionada con las tecnologías, esto muestra la importancia de continuar el desarrollo de protocolos de retroalimentación como los utilizados en Neurofeedback, para potenciar el proceso cognitivo de la atención, ya que en la literatura consultada se evidenció pocos estudios en el proceso de la atención, la mayoría están dedicados a estudios de trastornos psicológicos ya diagnosticados como la ansiedad, la depresión, y no a la mejora de los procesos cognitivos.

De igual manera, este estudio reveló cómo la estimulación de ciertas zonas del lóbulo parietal derecho, especialmente en la posición C4, después de la aplicación de un entrenamiento con los protocolos Theta-Beta y Ritmo Sensoriomotor se potencia la atención de los sujetos significativamente.

Limitaciones

Una limitación en esta investigación es la reducida muestra poblacional en la cual se desarrolló la experimentación.

Por otra parte, este estudio reveló cómo la estimulación de ciertas zonas del lóbulo parietal derecho, especialmente en la posición C4, después de la aplicación de un entrenamiento con los protocolos Theta-Beta y Ritmo Sensoriomotor se potencia la atención de los sujetos significativamente, en la cual la literatura consultada evidenció pocas investigaciones en zonas tan específicas del cerebro relacionadas con el proceso cognitivo de la atención.

Otra limitación, como lo reconocen algunos autores, como Domingos *et al.*, (2021), es que, al ser un campo del saber tan reciente, no existe todavía un cierto consenso en cuanto a los métodos, sus variables y los esquemas del número de sesiones más adecuado. Aun así,

éste estudio se enfoca en la cuestión metodológica del desarrollo de los protocolos específicos. Para tal fin, se diseñaron dos protocolos con posiciones específicas de las zonas cerebrales (F3, F4, C3, C4) que influyen en la potenciación de la atención.

Recomendaciones

Se recomienda continuar con más investigaciones en la misma línea del Diseño de protocolos relacionados a potenciar los procesos cognitivos de la atención.

De igual manera que las futuras investigaciones sean con mayor número poblacional, para poder evaluar otras variables, como la contrastación de protocolos particulares para casos específicos.

Dado que la terapia de NFB puede ser una alternativa muy útil como método de estimulación cognitiva en personas sanas, para futuras investigaciones se sugiere realizar una evaluación Neuropsicológica, indiferente si el sujeto tiene o no deterioro cognitivo.

Bibliografía

Adam, K. & deBettencourt, M. (2019). Fluctuaciones de la atención y la memoria de trabajo. *Diario de cognición*, 2 (1): 33, págs. 1–4.
https://www.researchgate.net/publication/335056972_Fluctuations_of_Attention_and_Working_Memory

Álvarez Pérez, L., González Castro, P., Núñez Pérez, J.C, González-Pineda, J.A. & Álvarez García, D. (2007). Desarrollo de los procesos atencionales mediante “actividades adaptadas”. *Papeles del psicólogo*. Vol. 28 (3), 311-217. Recuperado de
<<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2471253>>

Babiloni, C., Del Percio, Cl., Iacoboni, M., Crespi, G., Dassu, F., Pirritano, M., Gallamini, M. & Eusebio, F. (2008). Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms. *The Physiological Society*. Italia.
<https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1113/jphysiol.2007.141620>

Baquero, S. & Valderrama, M. (2018). Sistema de EEG Neurofeedback para tratamiento del insomnio. Universidad de Los Andes.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/34670/u808259.pdf?sequence=1>

Barbosa, C., Cubo, S., María, B., Castro F., (2019). Neurofeedback para mejorar la atención, el dolor crónico y la calidad de vida en pacientes con fibromialgia. *Atención primaria*. Volumen 51, Número 5, mayo de 2019, páginas 316-317.
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0212656718307893?token=48B19791A4B66EE06283671726FC8E0D0EE2DA912D00717C7CAA532C7A86A598F2D3A945F8680A589172F326E89B7FFF&originRegion=us-east-1&originCreation=20210803142136>

Barrera, L., Gómez, E. & Prieto, L. (2013). Efectividad del tratamiento con neurofeedback. Programa de Psicología [Effectiveness of treatment with neurofeedback. Psychology Program]. *Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud*. Universidad del

Rosario. Bogotá, Colombia. Recuperado el 21 de septiembre de 2014 de

<http://hdl.handle.net/10336/4458>

Benitez, R. (2017). Atención y lectoescritura en los estudiantes del primer grado de primaria de la I.E 6033 del distrito de VMT 2015. Tesis de maestría. *Universidad Cesar Vallejo*.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/7342/Benitez_SRM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bono Cabré, R. (2012). Diseños cuasiexperimentales y longitudinales. *Facultad de Psicología*. Universidad de Barcelona, España.

Borja. (2012). Niveles de atención en escolares de 6-11 años de una institución educativa del distrito de Ventanilla. Tesis de maestría. Recuperado de

http://repositorio.usil.edu.pe/wp-content/uploads/2014/07/2012_Borja_Niveles-deatenci%C3%B3n-en-escolares-de-6-11-a%C3%B1os-de-una-instituci%C3%B3n-primaria-deldistrito-de-Ventanilla.pdf

Camelo, S., Díaz, J. & Avendaño, L. (2018). Entrenamiento cerebral con neurofeedback en autismo y déficit de atención. Línea de investigación e integración curricular en neurociencias del comportamiento. *Logos Vestigium*.

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23570/1/investigacion-en-psicologia_Cap09.pdf

Campabadal, A., Fernández, S., González, B., Jodar, Merce., Lubrini, Genny., Muñoz, E., Periañez, J., Redolar, D., Ríos, M. Turon, M. & Viejo, R. (2016). *Neuropsicología de la atención, la memoria y las funciones ejecutivas*. Universitat Oberta de Catalunya.

http://cv.uoc.edu/annotation/ae1eF3c834432d3e55a8279603e53F37/645605/PID_00241618/PID_00241618.html

Caro, X. J. y Winter, E. F. (2011). EEG biofeedback treatment improves certain attention and somatic symptoms in fibromyalgia: A pilot study. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 36 (3), 193-200. Doi: 10.1007/s10484-011-9159-9

Carrobbles, J. (2016). Bio/neurofeedback. *Clínica y salud*.
<https://journals.copmadrid.org/clysa/art/j.clysa.2016.09.003>

Cassani, R., Falk, T., Mehler, D. & Trambaiolli, L. (2021). Neurofeedback y el envejecimiento cerebral: una revisión sistemática de los protocolos de entrenamiento para la demencia y el deterioro cognitivo leve. *Frontiers in Aging Neurosciencie. Envejecimiento de Neurosci.* https://www.researchgate.net/publication/352256807_Neurofeedback_and_the_Aging_Brain_A_Systematic_Review_of_Training_Protocols_for_Dementia_and_Mild_Cognitive_Impairment

Collura, T. (2014). Fundamentos técnicos del neurofeedback. *Routledge*.
https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=B5inAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=DRtHrjevEA&sig=-CKuT0hoBp-jBD7x2Jw1QVRTzQs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Cuntai, G., y Kavitha, P.T. (2013). Design of an Online EEG based Neurofeedback Game for Enhancing Attention and Memory.

Dekker, M. K. J., Sitskoorn, M. M., Denissen, A. J. M., & van Boxtel, G. J. M. (2014). The time-course of alpha neurofeedback training effects in healthy participants. *Biological Psychology*, 95, 70–73. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.11.014

Domingos, C., Peralta, M., Prazeres, P., & Nan, W (2021). La frecuencia de la sesión importa en el entrenamiento de neurofeedback de los atletas. *Psicofisiología aplicada y biorretroalimentación*. Núm. 46 (1).
https://www.researchgate.net/publication/348986079_Session_Frequency_Matters_in_Neurofeedback_Training_of_Athletes

Dorna, L. (2009). El efecto del entrenamiento con Neurofeedback en los procesos atencionales de un grupo de estudiantes universitarios puertorriqueños: un estudio exploratorio. Tesis doctoral. *Universidad de Puerto Rico*.

Duarte Hernández, E. (2015). Neurofeedback como tratamiento para el trastorno por déficit de atención (TDA). *Universidad Complutense de Madrid*, Madrid.

<https://eprints.ucm.es/id/eprint/33704/1/T36561.pdf>

Enriquez, S., Huster, R. J., Scharfenort, R., Mokom, Z. N., Zimmermann, J., & Herrmann, C. S. (2014). Modulation of frontal-midline Theta by neurofeedback. *Biological Psychology*, 95, 59–69. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.02.019

Esterman, M. (2019). Modelos de atención sostenida. *Opinión actual en psicología*. Nro. 29. https://www.researchgate.net/publication/331720092_Models_of_sustained_attention

Evans, H.G., Suddason, T., Jackson, I., Teams, L.S. & Lord, G.M. (septiembre 2007). La inducción óptima de células T helper 17 en humanos requiere la ligadura de los receptores de células T en el contexto de los monocitos activados por receptores de tipo Toll. Laurie H. *Harvard Medical School*. Boston.

Fajardo, A. & Guzmán, A. (2016). Neurofeedback, aplicaciones y eficacia. *Interdisciplinaria*, vol. 33, núm. 1, pp. 81-93, 2016. *Centro Interamericano de Investigaciones Psicológicas y Ciencias Afines*.

<https://www.redalyc.org/journal/180/18049204005/html/>

Fernández-Duque, D. & Posner, M.I. (2001). Brain imaging of attentional networks in normal and pathological states. *Journal of Experimental and Clinical Neuropsychology*, 23:74-93.

Fortenbaugh, F., DeGutis, J., Esterman, M. (2017). Avances teóricos, neuronales y clínicos recientes en la investigación de la atención sostenida: atención sostenida. *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York*. Núm. 1396

(1). https://www.researchgate.net/publication/314232645_Recent_theoretical_neural_and_clinical_advances_in_sustained_attention_research_Sustained_attention

Galindo Leon, M. (2010). Atención focalizada vs atención dividida. (Trabajo de grado Maestría en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación). *Universidad Pedagógica Nacional*, Bogotá, D.C.

Gaviria, J., Calderón, L., & Barrera. M. (2014). ¿Es efectivo el entrenamiento en Neurofeedback para el tratamiento del TDAH?: Resultados a partir de una revisión sistemática. *CES Psicología*, 7 (1), 16-34.

<http://www.scielo.org.co/pdf/cesp/v7n1/v7n1a03.pdf>

Glink Lezana, A. (2016). Eficacia de un entrenamiento en Neurofeedback de la onda cerebral alfa en el tratamiento del estrés, la ansiedad, la depresión y los síntomas psicósomáticos. (Trabajo de grado). *Universidad de Girona, Salamanca*.

https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/666192/tagl_20181126.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Golden, C. J. (2020). STROOP. Test de Colores y Palabras – Edición Revisada (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, adaptadores). Madrid: TEA Ediciones

Gruzelier, J. H., Foks, M., Steffert, T., Chen, M. J., & Ros, T. (2014). Beneficial outcome from EEG-neurofeedback on creative music performance, attention, and well-being in school children. *Biological psychology*, Nro.

95. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.04.005>

Gruzelier, J., Egner, T. & Vernon, D. (s.f). Validating the efficacy of neurofeedback for optimising performance.

Inoue, A., Smart, R., Steed, A. & Steffert, T. (2010). Acting performance and flow state enhanced with sensory-motor rhythm neurofeedback comparing ecologically valid immersive VR and training screen scenarios. *Neuroscience Letters*, 480, 112-116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2010.06.019>

Hammond, C. (2011). Qué es Neurofeedback: una actualización. *Journal of Neurotherapy*, 15(4), 205-336. <http://dx.doi.org/10.1080/1087420.8.2011.622090>.

Hampson, M., Constable, R. T., Chun, M. M., & Rosenberg, M. D. (2020). Connectome-based neurofeedback: A pilot study to improve sustained attention. *NeuroImage*, 212, 116684. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116684>

Ihne, JL, Gallagher, NM, Sullivan, M., Callicott, JH y Green, AE. (2016). Es menos realmente más: ¿Un genotipo de eficiencia prefrontal confiere realmente un mejor rendimiento cuando la memoria de trabajo se vuelve difícil? *Cortex*, 74, 79–95. doi: 10.1016/j.cortex.2015.10.025

Kober, SE, Wood, G., Kurzmann, J., Friedrich, EVC, Stangl, M., Wippel, T., Neuper, C. (2014). El entrenamiento de neurofeedback basado en espectroscopia de infrarrojo cercano aumenta la activación cortical relacionada con imágenes motoras específicas en comparación con la retroalimentación simulada. *Psicología biológica*, 95, 21-30. doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.05.005

Krigbaum, G, & Wigton N, (2014). Cuando se habla de neurofeedback, ¿importa la modalidad? *NeuroRegulación*. Vol. 1. pp. 48-60. https://www.researchgate.net/publication/274268788_When_Discussing_Neurofeedback_Does_Modality_Matter

Loo, S. & Barkley, R. (2005). Clinical Utility of EEG in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Applied Neuropsychology*, 12 (2), 64–76.

Lozano, C. (2018). Análisis de la influencia atencional en pacientes con parkinson mediante estimulación acústica. *Departamento de Ingeniería Mecánica*, Universidad Politécnica de Madrid. http://oa.upm.es/52152/1/TFG_CLAUDIA_LOZANO_BUSTOS.pdf

Luctkar, F., & Groll, D. (2015). Una revisión sistemática de la seguridad y el efecto del neurofeedback sobre la fatiga y la cognición. *Integr Cancer Ther*. 2015 Jul;14(4):318-40.

Reiner, M., Rozengurt, R., & Barnea, A. (2014). Better than sleep: Theta neurofeedback training accelerates memory consolidation. *Biological Psychology*, 95, 45–53. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.10.010

Ríos Lago, M., Muñoz Céspedes, J.M. & Lapedriza, N.P. (2007). Alteraciones de la atención tras daño cerebral traumático. En: Evaluación y rehabilitación. *Revista de Neurología*. Vol. 44(5), 291-297. Dialnet Métricas. Recuperado de < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2260097>>

Rivas. (2008). Procesos cognitivos y aprendizaje significativo. *Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid*. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001796.pdf>

Rodríguez Barreto, L. C., Pulido, N. del C., & Pineda Roa, C. A. (2016). Psychometric properties of the Stroop color-word test in non-pathological Colombian population. *Universitas Psychologica*, 15(2), 255-272. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.upsy15-2.ppst>

Ros, T., Munneke, MAM, Parkinson, LA y Gruzelier, JH (2014). Facilitación del neurofeedback del aprendizaje motor implícito. *Psicología biológica*, 95, 54–58. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.04.013

Rossiter, T. (2016). EEG Biofeedback in the Schools. The Use of EEG Biofeedback to Treat ADHD in a School Setting. *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience*, 2(4), 65- 71. doi: http://dx.doi.org/10.1300/J184v02n04_05

Rozengurt, R., & Barnea, A. (2014). Better than sleep: Theta neurofeedback training accelerates memory consolidation. *Biological Psychology*, 95, 45–53. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.10.010

Rueda, M.R., Checa, P. & Cómbita, L.M. (abril 2012). Eficiencia mejorada de la red de atención ejecutiva después del entrenamiento en niños en edad preescolar: cambios y

efectos inmediatos después de dos meses. *Developmental cognitive Neuroscience*. Vol. 2(2), 290-291.

Rueda, M.R., Pozuelos, J. & Cómbita, L.M. (2015). Neurociencia cognitiva de Atención. Centro de Investigación sobre la mente, el cerebro y el comportamiento (CIMCYC). *Universidad de Granada*, España.

Saldaña Ramos, A.H. (s.f.). Estudio de la modificación en la frecuencia de la actividad electroencefalográfica mediante un procedimiento de Neurofeedback y técnicas de meditación shamata. *Universidad de Salamanca*, Salamanca.

Sánchez, A., Valderrama M., Le Van Quyen. (2014). Desarrollo de un sistema de neurofeedback a partir de señales de EEG, para el control voluntario del nivel de atención. Tesis. *Universidad de los Andes*. Noviembre 25, 2014.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12989/u713654.pdf?sequence=1>

Schabus, M., Heib, D. P. J., Lechinger, J., Griessenberger, H., Klimesch, W., Pawlizki, A., ... Hoedlmoser, K. (2014). Enhancing sleep quality and memory in insomnia using instrumental sensorimotor rhythm conditioning. *Biological Psychology*, 95, 126–134. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.02.

Schettino, A., Rossi, V., Pourtois, G. y Müller, MM. (2016). La orientación atencional involuntaria en ausencia de conciencia acelera el procesamiento sensorial temprano. *Cortex*, 74, 107-117. doi: 10.1016/j.cortex.2015.10.016

Sood, A., Jones D. (2013). Sobre la distracción mental, la atención, las redes cerebrales y la meditación. *Explor. J. Sci. Curar.*, 9 (2013), pp. 136 – 141.
<https://doi.org/10.1016/j.explore.2013.02.005>

Stefano, M., Liechti, MD, Heinrich, H., Jäncke, L., Steinhausen, H.-C., Walitza, S., Drechsler, R. (2014). Comparación de neurofeedback tomográfico EEG y biofeedback EMG en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Psicología biológica*, 95, 31–44. doi: 10.1016 / j. biopsycho.2013.10.008

Stroop, J. (1935). Los estudios de interferencia en las reacciones verbales de serie. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662. Universidad de George Peabody. <http://psychclassics.yorku.ca/Stroop/>

Thibault, R., Lifshitz, M., Amir, R. (2016). El cerebro autorregulado y el neurofeedback: ciencia experimental y promesa clínica. *Cortex*. Volumen 74, enero de 2016, páginas 247-261. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010945215003767>

Thomas KP, Vinod AP, Guan C. (2013). Design of an online EEG based neurofeedback game for enhancing attention and memory. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2013; 2013:433-6. DOI: [10.1109 / EMBC.2013.6609529](https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6609529)

van Son, D., van der Does, W., Band, G., & Putman, P. (2020). EEG Theta/Beta Ratio Neurofeedback Training in Healthy Females. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 45(3), 195–210. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09472-1>

Vernon, D., Frinck, A., y Gruzelier, J. (2004). Neurofeedback as a treatment for ADHD: A Methodological Review with Implications for Future Research. *Journal of Neurotherapy*, 8, 53-82.