



Universidad de Valladolid
Facultad de Educación y Trabajo Social

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO SOBRE LA VARIACIÓN
DE LA ANSIEDAD Y ALGUNOS DE
SUS EFECTOS FISIOLÓGICOS**

2021/2022

*Presentado por Beatriz Albuena Pérez
para optar al Grado de*

*Educación Primaria
por la Universidad de Valladolid*

Tutelado por Alfonso Jorge García Monge

Resumen

Para aprender a manejar la ansiedad en ciertas ocasiones, es fundamental primero saber qué consecuencias tiene en nuestro organismo y empezar por buscar cambios en estas.

Con el fin de conocer algunos de estos efectos, hemos sometido a investigación a un grupo de personas que hemos denominado grupo experimental; hemos recogidos sus datos con diferentes instrumentos antes y después de recibir un breve programa de manejo de la ansiedad y los hemos comparado. Algunos de los resultados han sido relevantes y concluyentes en el estudio, otros, en cambio, no han aportado gran significatividad.

Palabras clave

Ansiedad, efectos fisiológicos, ondas delta, ondas theta, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno.

Abstract:

For the purpose of learn how to manage anxiety on certain occasions, it is essential first to know what consequences it has on our organism and start looking for changes in these.

In order to find out some of these effects, we have investigated a group of people we have named the experimental group; we have collected their data with different instruments before and after receiving a short anxiety management programme and compared them. Some of the results were relevant and conclusive in the study, others were not very significant.

Key words:

Anxiety, physiological effects, delta waves, theta waves, heart frequency, oxygen saturation.

Índice de contenido

1	INTRODUCCIÓN	5
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1	¿Qué es la ansiedad?	6
2.2	Glosofobia	8
2.3	Biomarcadores	8
2.4	Áreas cerebrales: lóbulo frontal	9
2.5	Ondas cerebrales: Delta y Theta	10
2.6	Métodos para reconducir la ansiedad	11
3	METODOLOGÍA	12
4	ANÁLISIS Y RESULTADOS	16
4.1	Análisis y resultados de ondas Delta y Theta	16
4.2	Análisis y resultados de la varianza de la frecuencia cardíaca y de la saturación de oxígeno	22
4.2.1	Sujeto 1; Alejandro	22
4.2.2	Sujeto 2; Ana	23
4.2.3	Sujeto 3; Beatriz	23
4.2.4	Sujeto 4; Denisa.....	24
4.2.5	Sujeto 5; Javier	25
4.2.6	Sujeto 6; Raúl	25
5	CONCLUSIONES	26
6	REFERENCIAS	28

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Ondas Delta. Zona frontal. Grupo experimental. Postest. Dos variables: ojos cerrados y exposición del tema.	16
Ilustración 2. Ondas Theta. Zona frontal. Preparación del tema. Grupo experimental. Dos variables: pretest y postest.	17
Ilustración 3. Ondas Delta. Zona frontal. Exposición del tema. Grupo experimental. Dos variables: pretest y postest.	18
Ilustración 4. Ondas Theta. Zona frontal. Exposición del tema. Grupo experimental. Dos variables: pretest y postest.	19
Ilustración 5. Ondas Delta. Zona frontal. Exposición Postest. Tres condiciones: ansiedad rasgo, nivel medio de ansiedad y no ansiedad.....	20
Ilustración 6. Ondas Theta. Zona frontal. Exposición Postest. Tres sujetos: ansiedad rasgo, nivel medio de ansiedad y no ansiedad.....	21

Índice de tablas

Tabla 1. Diferencias entre ansiedad normal y ansiedad patológica según la autora González Martínez (1993).	7
Tabla 2. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Alejandro.	22
Tabla 3. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Ana.....	23
Tabla 4. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Beatriz.....	23
Tabla 5. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Denisa.	24
Tabla 6. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Javier.....	25
Tabla 7. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Raúl.....	25

1 INTRODUCCIÓN

La ansiedad y el estrés afectan a gran parte de la población y pueden tener múltiples consecuencias perjudiciales para nuestra salud. Es habitual que nos topemos con momentos estresantes en nuestra vida cotidiana; la solución a este problema no consiste en evitar dichas situaciones, sino en atender las causas que nos generan ansiedad y aprender a gestionarla. Existen diversos tipos de ansiedad; en este estudio nos centraremos en la ansiedad fisiológica, que se entiende como un mecanismo de defensa o reacción orgánica cuyo objetivo es mejorar nuestro rendimiento.

En el mundo educativo existen muchas fuentes generadoras de ansiedad: la sobrecarga, el individualismo, la incertidumbre, las conductas antisociales de algunos estudiantes, la inseguridad laboral, la falta de privacidad, etc. Es importante que nos sintamos cómodos y a gusto con la labor que infundimos para así lograr un estado de ánimo favorable y poder dar lo mejor de nosotros en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La calidad de la educación está estrechamente vinculada al grado de bienestar y satisfacción del maestro.

Cambiar la mentalidad y enfocarla hacia el crecimiento, detectar la ansiedad y aceptarla como algo bueno nos ayudará a afrontar las adversidades desde una perspectiva beneficiosa. Hay una frase célebre que dice que, si nosotros cambiamos, todo cambia. Es importante que seamos conscientes de que nuestros pensamientos son los que crean nuestras experiencias; abordar la ansiedad implica empezar por hacer cambios profundos en nuestro interior y buscar un cierto equilibrio mental y físico.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ¿Qué es la ansiedad?

La ansiedad es una respuesta adaptativa de las personas ante determinados estímulos y situaciones. La Real Academia Española define este término como un estado de agitación causado por algo que inquieta o bien, un estado de desasosiego ante algo incierto. A pesar de que hablamos de la ansiedad y del miedo como estados similares e indistintos, Marks (1986) hace una distinción entre ambos; si bien el miedo es una perturbación que se manifiesta ante estímulos reales y presentes, la ansiedad no es más que la anticipación de peligros futuros, indefinibles e imprevisibles. Apoyando esta teoría, Sandín y Chorot (1995) señalan que la ansiedad permite al individuo prever o señalar el peligro o amenaza, confiriéndole un cierto valor funcional.

La ansiedad es un mecanismo biológico adaptativo de protección y preservación, que, gracias a su función activadora, facilita la capacidad de respuesta del individuo (Miguel Tobal, 1996). Según Ayora (1993), la ansiedad tiene su origen en la propia cognición de quien la experimenta.

La psicología ha estudiado la ansiedad clasificándola en términos de rasgo y estado. Las personas con rasgo de ansiedad se caracterizan por responder de forma ansiosa y por tener una personalidad neurótica similar a la timidez; no obstante, existen diferencias interindividuales en las personas con rasgo de ansiedad debido a la influencia de factores biológicos y aprendidos. Por otra parte, la ansiedad como estado hace referencia a una fase emocional que varía en tiempo e intensidad y que se da en un momento concreto.

La reacción emocional de la ansiedad puede estudiarse como una teoría tridimensional: nivel cognitivo subjetivo (hace referencia a la experiencia), fisiológico (cambios corporales) y motor (conductas observables). A nivel cognitivo podemos hablar de un sentimiento de malestar, preocupación, hipervigilancia, tensión, dificultad para tomar decisiones. A nivel fisiológico se produce la activación del sistema nervioso autónomo, sistema nervioso motor, sistema nervioso central, sistema endocrino y sistema inmune; de estas alteraciones el individuo percibe un aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, sudoración, tensión muscular, dificultad respiratoria. A nivel motor, algunos de los efectos son: hiperactividad, repetición de movimientos, tartamudeo, llanto, etc. (Del Toro Añel, A. Y. et al., 2014).

La ansiedad se ha estudiado tanto desde el ámbito psicológico de lo normal como desde el ámbito psicopatológico (González Martínez, 1993). Podemos hablar por tanto de una ansiedad normal, que corresponde a una respuesta natural del ser humano, como de una ansiedad patológica, que impide el buen funcionamiento de la conducta humana. Esta ansiedad patológica se caracteriza por la presencia continuada y exagerada de manifestaciones de la ansiedad, constituyendo así los “trastornos de ansiedad”.

La autora González Martínez (1993) establece las diferencias principales entre la ansiedad normal y la ansiedad patológica:

ANSIEDAD NORMAL	ANSIEDAD PATOLÓGICA
<ul style="list-style-type: none"> – Poco intensa o persistente – Impulso positivo y productivo – Adaptativa – Adecuada al estímulo – No limita las posibilidades y libertades del individuo 	<ul style="list-style-type: none"> – Profunda y recurrente – Interfiere en el rendimiento – Desorganizadora de la conducta adaptativa – Inadecuada al estímulo – Coarta las posibilidades del individuo

Tabla 1. Diferencias entre ansiedad normal y ansiedad patológica según la autora González Martínez (1993).

Dugas, Marchand y Ladoucer (2005) hicieron un estudio sobre un modelo de trastorno de la ansiedad generalizada (TAG) cuyas principales características son: intolerancia a la incertidumbre, creencias positivas acerca de la preocupación, escasa orientación al problema y evitación cognitiva.

Dugas y Ladoucer (1997) distinguieron tres tipos de preocupaciones en el TAG: problemas inmediatos anclados en la realidad y modificables, problemas inmediatos anclados en la realidad e inmodificables y acontecimientos muy improbables no basados en la realidad e inmodificables. Ladoucer et al. (2000) agruparon las preocupaciones en dos: situaciones modificables y situaciones no modificables.

El TAG es una afección común; a pesar de que no se conoce la causa exacta de este trastorno, influyen en él factores biológicos, genéticos y de comportamiento (Caparros, J., 2008).

2.2 Glosfobia

La glosfobia o miedo para hablar en público se experimenta cuando una persona tiene que expresarse ante un grupo y comienza a sufrir una serie de síntomas clínicos como pueden ser nerviosismo, tartamudeo, bloqueo y temor. Bolaños (2014) señala que el inicio de la glosfobia es la ansiedad. Rojas (2014) por su parte, considera que la ansiedad se encuentra en todas las fobias, pero que cada persona experimenta unos síntomas clasificados en síntomas físicos, cognitivos y conductuales, como por ejemplo la aceleración del ritmo cardiaco, contracción de los músculos, dificultad en el procesamiento de la información, etc.

2.3 Biomarcadores

El National Institutes Health (NIH) ha definido biomarcador como aquellas características biológicas, bioquímicas, antropométricas, fisiológicas, etc. objetivamente mensurables, capaces de identificar procesos fisiológicos o patológicos.

Según Martín-Ventura, J. L. et al. (2009), existen diferentes tipos de biomarcadores: diagnósticos, pronósticos o terapéuticos. A su vez, los biomarcadores se clasifican en no invasivos e invasivos. Los no invasivos son aquellos que no penetran físicamente en el cuerpo, como por ejemplo radiografías, electrocardiogramas o encefalogramas.; los invasivos requieren de instrumentos que rompen la piel, mucosas o que penetran físicamente en el cuerpo, como por ejemplo la punción en vena o arteria.

En este estudio se han utilizado cuatro biomarcadores:

- Electroencefalograma: es una técnica de exploración funcional del sistema nervioso central (SNC) que permite registrar la actividad eléctrica cerebral en tiempo real. Hans Berger (1929) fue quien acuñó la abreviatura EEG para hacer referencia al electroencefalograma. En este estudio se ha realizado un EEG estándar, es decir, una exploración no invasiva que consiste en la colocación de unos electrodos fijados en el cuero cabelludo que recogen las fluctuaciones eléctricas en el cerebro. El origen de la señal eléctrica está en las células piramidales de la corteza cerebral.
- Tensiómetro: es un dispositivo que permite controlar la tensión arterial. Cuando el corazón bombea la sangre por el organismo, le proporciona nutrientes y oxígeno; esta sangre ejerce presión sobre las paredes arteriales. La presión arterial es la fuerza con la que esa sangre ejerce

presión. Se distingue la presión sistólica (presión cuando el corazón bombea sangre) y la presión diastólica (cuando el corazón está en reposo). Si la presión es demasiado alta, hablamos de hipertensión; cuando la presión es más baja de lo normal, se denomina hipotensión. La presión normal se indica entre 120/80 aproximadamente.

- Pulsioxímetro: este aparato consigue monitorizar el nivel de concentración de oxígeno en sangre de una forma no intrusiva. Además, indica la frecuencia cardíaca. Se caracteriza por su simple funcionamiento. Báez Jácome (2021) define la saturación de oxígeno como la medición de la cantidad de oxígeno que hay en la sangre y la frecuencia cardíaca como el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto. Diversos estudios han demostrado la relación entre la disminución del oxígeno en sangre y el aumento de la frecuencia cardíaca en situaciones de ansiedad (Guglielmi, O. et al., 2011; Del Toro Añel, A. Y. et al., 2014; Sagasti-Escalona, M., 2019)

2.4 Áreas cerebrales: lóbulo frontal

En el presente estudio se hace un análisis de la actividad Delta (0 Hz a 4 Hz) y Theta (4 Hz a 8 Hz) en el lóbulo frontal del cerebro. Según Ardila, A. y Solís, F. O., (2008), los lóbulos frontales participan en dos funciones ejecutivas estrechamente relacionadas:

- a) Funciones ejecutivas metacognitivas: solución de problemas, planeación, desarrollo de estrategias, etc.
- b) Funciones ejecutivas emocionales: coordinación de la cognición, emociones, motivación, etc.

Las funciones cerebrales en las que el lóbulo frontal desempeña un papel crucial representan diferencias cognitivas importantes entre los seres humanos y el resto de los animales (Allen, J. S. et al., 2005).

Kolb y Wishaw (1990) afirman que en esta zona del cerebro es donde las lesiones pueden causar una amplia variedad de síntomas. Existen diferencias entre el lóbulo frontal derecho e izquierdo; mientras que el derecho está involucrado en capacidades no verbales, el izquierdo está relacionado con la lengua.

2.5 Ondas cerebrales: Delta y Theta

Las funciones cerebrales se basan en la actividad eléctrica que generan sus neuronas. Esta actividad eléctrica es constante y, según las circunstancias, los momentos del día y los estados del sujeto, puede cambiar. Se puede registrar la actividad eléctrica cerebral a través de un electroencefalograma, donde aparecen representadas diferentes ondas con propiedades distintas.

Las ondas cerebrales se diferencian según su frecuencia y potencia. La frecuencia corresponde con el número de ondas que se registran en un segundo y se mide en Hertzios mientras que la potencia hace referencia a la altura que adquiere cada onda en el registro y se mide en microvoltios.

En este estudio se analizarán las ondas Delta, cuya frecuencia está entre 0 y 4 Hertzios, y ondas Theta, con una frecuencia de 4 Hz a 7 Hz. Las ondas Delta son características en el estado de sueño profundo. No obstante, aparecen también en el EEG de personas con desórdenes mentales, psicopatologías o lesiones cerebrales y en niños con déficit de atención e hiperactividad (Niripil, E. B. & Sciotto, E. A., 2014). Las oscilaciones de estas ondas están involucradas en procesos motivacionales; además, los estados asociados con la necesidad de satisfacer las necesidades biológicas básicas pueden relacionarse con una mayor actividad Delta (Suurmets, S., 2018). Las variaciones de las Delta en las zonas frontales y parietales se dan en los procesos de toma de decisiones (Nacher et al., 2013).

Las ondas Theta se producen en estados de meditación, esfuerzo intelectual, memoria plástica, fantasía, inspiración creativa, imaginación, etc. Sin embargo, una cantidad excesiva de ondas Theta puede ser símbolo de desórdenes de déficit de atención, hiperactividad, distracción y ansiedad. Esta sobreactividad de ondas Theta puede provocar en el sujeto pensamientos incompletos o borrosos, afectar a la toma de decisiones, impulsividad, etc. (Niripil, E. B. & Sciotto, E. A., 2014). La supresión de ondas Theta está relacionada con la ansiedad, poca conciencia emocional y el estrés, mientras que un estado óptimo de estas ondas supone una mejora de la intuición, la creatividad y la naturalidad del individuo (Abhang et al., 2016). La actividad Theta se relaciona también con una disminución del estado de alerta y deterioro del procesamiento de la información (Gruzelier, 2008), atención enfocada, esfuerzo mental y procesamiento efectivo de estímulos (Pizzagalli, 2007). Según autores como Baars y Gage (2010), la

actividad de las ondas Theta permite la codificación y decodificación del aprendizaje del hipocampo en la neocorteza de los lóbulos frontales.

2.6 Métodos para reconducir la ansiedad

El estrés o ansiedad puede provocar efectos contraproducentes en el individuo si se tiene una percepción negativa de este estado. Aprender a controlar cómo se percibe la ansiedad puede resultar beneficioso, aportando vivencias positivas y más felices. Existen diversos tratamientos o métodos no farmacológicos como, por ejemplo (Rodríguez, H., 2016):

- Musicoterapia, que actúa sobre el sistema nervioso simpático produciendo beneficios psicológicos y fisiológicos.
- Medios audiovisuales, que ayudan a disminuir la frecuencia cardíaca y los niveles de ansiedad de forma significativa.
- Realidad virtual, que reduce la percepción del dolor y la ansiedad tanto en niños como en adultos.
- Hipnosis, aunque su beneficio en niños no está evidenciado, hay estudios donde lograr disminuir el grado de ansiedad de los pacientes.
- Reflexología, es un método terapéutico que a pesar de ser de los menos abordados por la literatura es una de las alternativas que ayudan a la disminución de la ansiedad permitiendo al sujeto alcanzar un buen estado emocional y de relajación.
- Aromaterapia: es un método simple que en diversos estudios ha logrado controlar algunos de los parámetros fisiológicos tales como la frecuencia cardíaca y respiratoria o la presión sanguínea.

Autores como Barragán, B. et al. (2003) sostienen que la ansiedad es una respuesta inteligente del organismo cuyo objetivo es lograr una buena ejecución gracias a la activación del organismo y a la estimulación de la capacidad de respuesta. La relajación sería uno de los procedimientos que permiten eliminar la activación negativa provocada por la ansiedad; la relajación es una situación incompatible con un estado de agitación fisiológica negativa y por lo tanto logra que la sensación de ansiedad se desvanezca (Garcés, 2001). Para alcanzar dicho estado de relajación, se han utilizado diversos métodos tales como: la desensibilización sistemática (D. S), basada en el paradigma del condicionamiento clásico cuyo objetivo principal es reducir la respuesta de ansiedad y las

respuestas motoras de evitación; relajación progresiva, basada en el principio de que las respuestas del organismo a la ansiedad provocan tensión muscular y por tanto pretende reducir dicha tensión fisiológica; relajación autógena, donde el sujeto aprende a generar sus propios estados fisiológicos y psicológicos de relajación; biorretroalimentación, se obtienen datos del sistema nervioso central y autónomo, es decir, se estudian las respuestas fisiológicas y viscerales del individuo y se trata de lograr ejercer un control voluntario sobre estas.

Un estudio basado en la relajación autógena (Díaz, C. P., 2014) centró sus objetivos en lograr reducir las respuestas fisiológicas y motoras, sustituir las creencias y pensamientos automáticos desadaptativos por pensamientos racionales, y eliminar las respuestas de escape y evitación. En dicho estudio se llevó a cabo un tratamiento cognitivo-conductual, donde la persona de estudio debía aprender a identificar la ansiedad para poder afrontarla y reducir el nivel de activación de la ansiedad. Los resultados del estudio fueron los esperados ya que se logró cumplir con los objetivos propuestos; el nivel de activación psicofisiológico del sujeto se redujo considerablemente y, además, se consiguieron disminuir sus preocupaciones, mejorar su capacidad de relajación, de concentración y afrontamiento de situaciones problemáticas.

3 METODOLOGÍA

- Participantes:

Se ha escogido un grupo experimental compuesto por 6 estudiantes de entre 22 y 25 años de cuarto curso del grado universitario de Educación Primaria. Tres de estos participantes eran hombres y tres, mujeres. Este grupo ha sido expuesto a la condición (programa de reconducción de la ansiedad). La toma inicial se realizó previa al periodo de prácticas en una escuela, mientras que la segunda toma se llevó a cabo posterior a las prácticas docentes.

En el estudio participa un grupo de control formado también por 6 estudiantes ajenos al proyecto de entre 22 y 27 años. Al igual que en el grupo experimental, tres eran hombres y tres, mujeres. Este grupo no fue expuesto a la variable, sino que ha sido utilizado para propósitos comparativos.

- Procedimiento:
 - I. Conocimiento básico sobre el EEG, las ondas cerebrales con las que vamos a trabajar (theta, alfa, beta y gamma), como utilizar el gorro EEG de manera teórica, etc.
 - II. Familiarización con los instrumentos que se van a emplear en el estudio: aprender a usar el casco del EEG, manipulación de las jeringuillas, prueba de ojos cerrados y ojos abiertos para familiarizarnos con la parte técnica del procedimiento, toma de tensión, control de la frecuencia cardíaca y de saturación de oxígeno.
 - III. Primera toma del grupo experimental y del grupo control:
 - a) Colocación de los instrumentos de medida: casco EEG, pulsioxímetro y primera toma de tensión.
 - b) Toma con ojos cerrados. Se pedía silencio para evitar distracciones o alteraciones del individuo sometido a estudio.
 - c) Toma con ojos abiertos mirando a un punto fijo marcado en una hoja en blanco. Al igual que en la toma de ojos cerrados, se pedía silencio y mínimo movimiento.
 - d) Preparación del tema. El sujeto disponía de 3 minutos para prepararse una exposición basada en una unidad didáctica. Cuando quedaba un minuto de preparación se avisaba.
 - e) Toma de tensión previa a la exposición.
 - f) Presentación del tema. La persona se colocaba de pie y se le pedía que evitase el mayor número posible de movimientos corporales para conseguir así un electroencefalograma lo más limpio posible. Disponía de 3 minutos para presentar su unidad didáctica y debía hacer un mínimo de 2 minutos de exposición. Antes de cumplir con los 3 minutos se le avisaba para que acabase su presentación y así tomar los datos de la vuelta a un estado de relajación.

Todas las tomas se hicieron en una sala diáfana, sin ruidos. El público constaba aproximadamente de cuatro personas conocidas por lo general a una distancia aproximada de dos metros.

- IV. Programa de reconducción de la ansiedad, corporeización del mensaje, cambio de actitud corporal y visualización del mensaje. Es un programa breve que consiste en dos sesiones donde se realizan prácticas que ayudan al control de la ansiedad

en situaciones adversas o que generan un estado de ansiedad. Además de estas dos sesiones, disponíamos de un audio que facilitaba alcanzar un estado de relajación, introspección y visualización del mensaje que podíamos escuchar tantas veces como deseásemos. Antes de la segunda toma de datos debíamos, al menos, haberlo escuchado dos veces para familiarizarnos con ese estado mental.

- V. Segunda toma del grupo experimental: colocación de los instrumentos de medida, toma con ojos cerrados, toma con ojos abiertos, preparación del tema (hacer una sesión de EF), segunda toma de tensión y presentación del tema.

- Preprocesado de la señal:

El preprocesamiento de datos y los análisis se llevaron a cabo utilizando la caja de herramientas EEGLAB (v.2019.1) (Swartz Center for Computational Neuroscience, La Jolla, EE. UU.) para Matlab (MathWorks, Natick, EE.UU.). Se eliminó la línea de base de la señal del EEG para cada canal. Se aplicó un filtro espacial de referencia media común (CAR). Para el filtrado frecuencial, los datos se filtraron en paso alto a 0,5 Hz para eliminar las derivas lentas. Los artefactos se identificaron visualmente y se rechazaron de los datos de los canales.

Los datos se descompusieron mediante el análisis de componentes independientes (ICA). Se identificaron visualmente los componentes que no recogían al menos un 25% como actividad cerebral y se eliminaron. Para ello, se utilizó la herramienta ICALabel (un clasificador de componentes independientes de la electroencefalografía). Se trata de un plugin que, entre otras cosas, nos muestra la probabilidad de que el componente capte la actividad cerebral u otros artefactos (músculos, parpadeo, corazón, etc.).

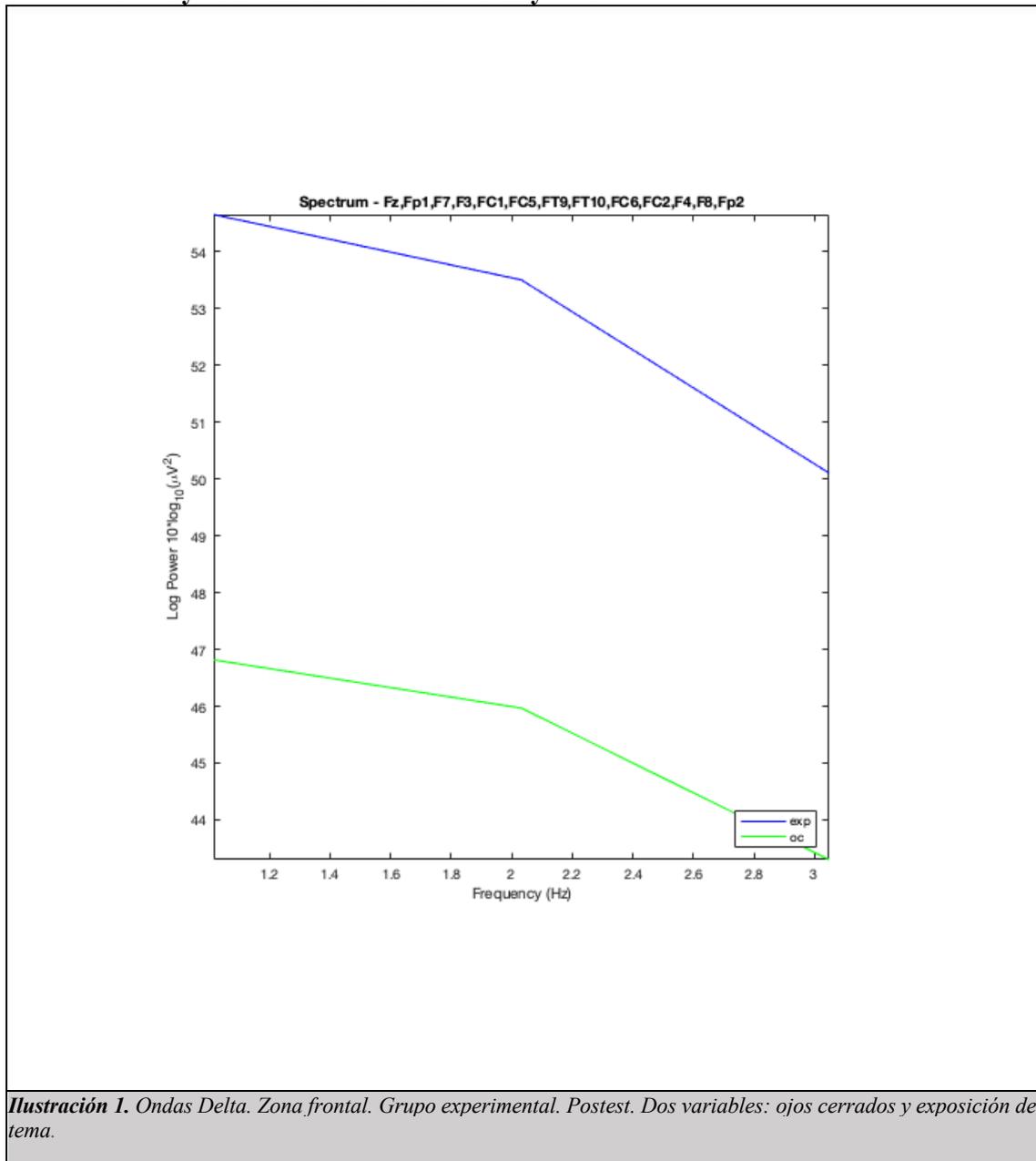
- Análisis:

El análisis en el dominio de la frecuencia se realizó mediante el algoritmo de la transformación rápida de Fourier (FFT) (con la resolución de 0,125 Hz) para calcular la densidad espectral de potencia absoluta ($\mu\text{V}^2/\text{Hz}$) densidad espectral de potencia dentro de delta (0-4 Hz), theta (4-7 Hz), alfa (7- 13 Hz), beta (13-30 Hz) y gamma (30-100 Hz); se trata de una transformación logarítmica basada en la medición de microvoltios (μV) y el tiempo, calculado para cada banda de banda de frecuencia. Los canales y los componentes se calcularon previamente. Las métricas de densidad espectral de potencia para cada canal y condición fueron calculadas.

EEGLAB permite a los usuarios utilizar estadísticas paramétricas o no paramétricas para calcular y estimar la fiabilidad de estas diferencias entre condiciones (“ojos cerrados”, “ojos abiertos”, “preparación del tema” y “exposición del tema”). Las funciones de EEGLAB también permiten la obtención de diferentes parámetros del espectro como el máximo y el mínimo, la media, la moda desviación estándar y rango. EEGLAB permite realizar análisis de varianza sobre los espectros de potencia. Para los espectros de potencia media, los valores p se calculan en cada frecuencia. En este caso, se desarrolló una prueba de análisis de la varianza (ANOVA) con el fin de detectar diferencias entre las tres condiciones para los diferentes neuro-marcadores utilizando la estadística de permutación. El punto específico de punto de frecuencia temporal se consideró significativo a $p < 0.001$. Los diseñadores de EEGLab recomiendan que, aunque estadísticas paramétricas pueden ser adecuadas para explorar datos, es mejor utilizar estadísticas basadas en la permutación para trazar los resultados finales.

4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Análisis y resultados de ondas Delta y Theta



Se comparan dos situaciones postest: prueba de ojos cerrados y exposición del tema. Para ello se toman los datos de las ondas Delta en la zona frontal del cerebro del grupo experimental. La frecuencia Delta se observa durante el sueño profundo y es mayor en las regiones frontocentrales de cerebro (Anilkumar, A. C. & Nayak, C. S., 2022). El predominio de las ondas Delta se relaciona con una pérdida de reconocimiento del cuerpo físico (Sciotto, E. A. & Nirirpil, E. B., 2014), procesos motivacionales (Suurmets, S., 2018), incapacidad para pensar (Abhang et al., 2016) y procesos de toma de decisiones (Nacher et al., 2013). Esto podría explicar que la potencia espectral de las ondas Delta

durante la exposición del tema sea superior a la potencia espectral de la prueba de ojos cerrados.

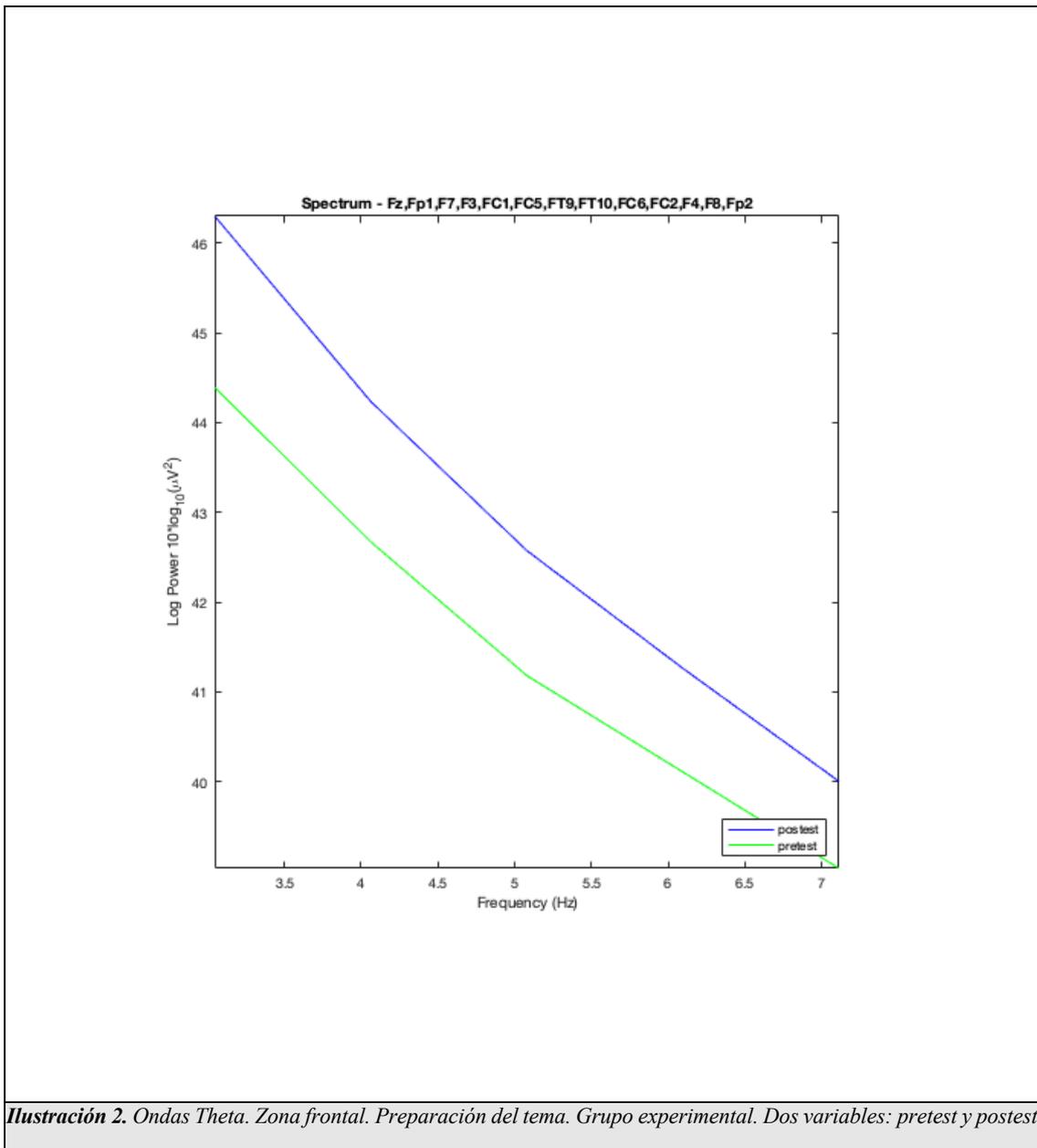


Ilustración 2. Ondas Theta. Zona frontal. Preparación del tema. Grupo experimental. Dos variables: pretest y posttest.

Se observa la potencia espectral de las ondas Theta en la zona frontal del cerebro del grupo experimental durante la preparación de una exposición antes del programa de control de ansiedad (pretest) y posterior al programa (posttest). Las ondas Theta de la línea media frontal se han asociado con un buen control cognitivo durante procesos de planificación (Cavanagh, J. F. & Frank, M. J., 2014). Las ondas Theta están asociadas a una mayor capacidad de aprendizaje, memoria plástica, espontaneidad, creatividad,

fantasía e imaginación (Niripil, E. B & Sciotto, E. A., 2014). La potencia espectral de las ondas Theta es prominente en la prueba postest; este hecho se puede entender como una mayor capacidad de los sujetos para planificar, improvisar y crear ante una situación que genera ansiedad.

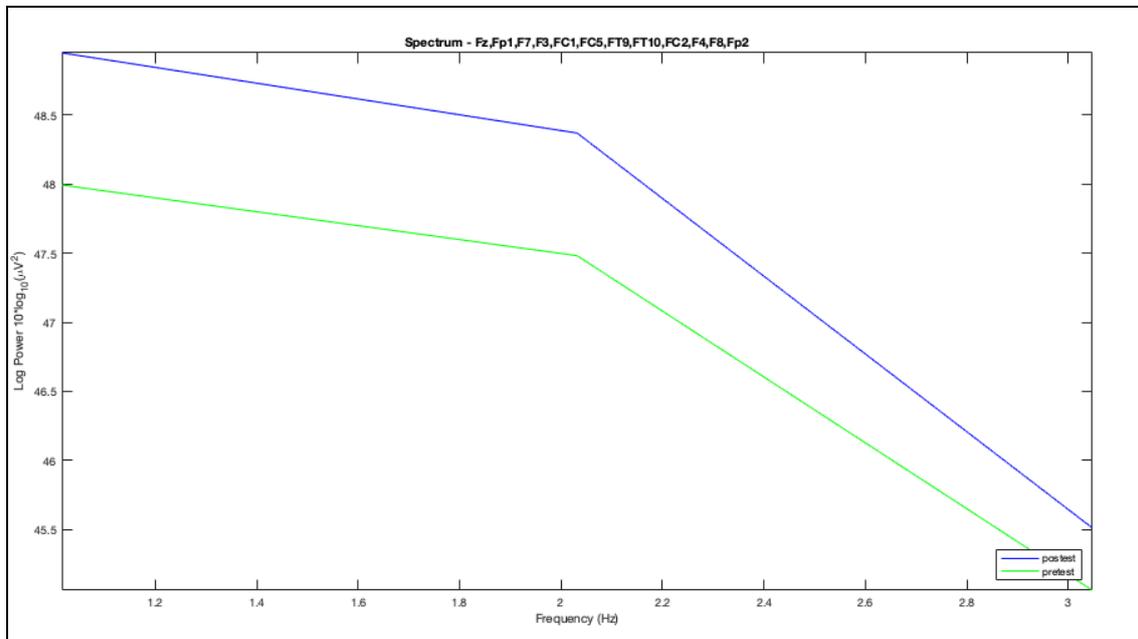


Ilustración 3. Ondas Delta. Zona frontal. Exposición del tema. Grupo experimental. Dos variables: pretest y postest.

En esta gráfica se analiza la diferencia espectral de las ondas Delta en la zona frontal del cerebro en una exposición previa al programa de reconducción de la ansiedad (pretest) y en una exposición posterior al programa (postest). Deco, G. et al. (2013) evidencian que cuando no hay toma de decisiones, la actividad de las ondas Delta cerebrales decrece. La magnitud de banda Delta depende de las diferentes alternativas de decisión. La emisión Delta predominante está relacionada a un estado de relajación, motivación, empatía social, etc. Según un estudio clínico sobre el estrés y la producción de ondas cerebrales de la Universidad Mae Fah Luang, el incremento de ondas Delta está vinculado a una reducción del estrés o ansiedad (Boonjaksilp et al., s.f).

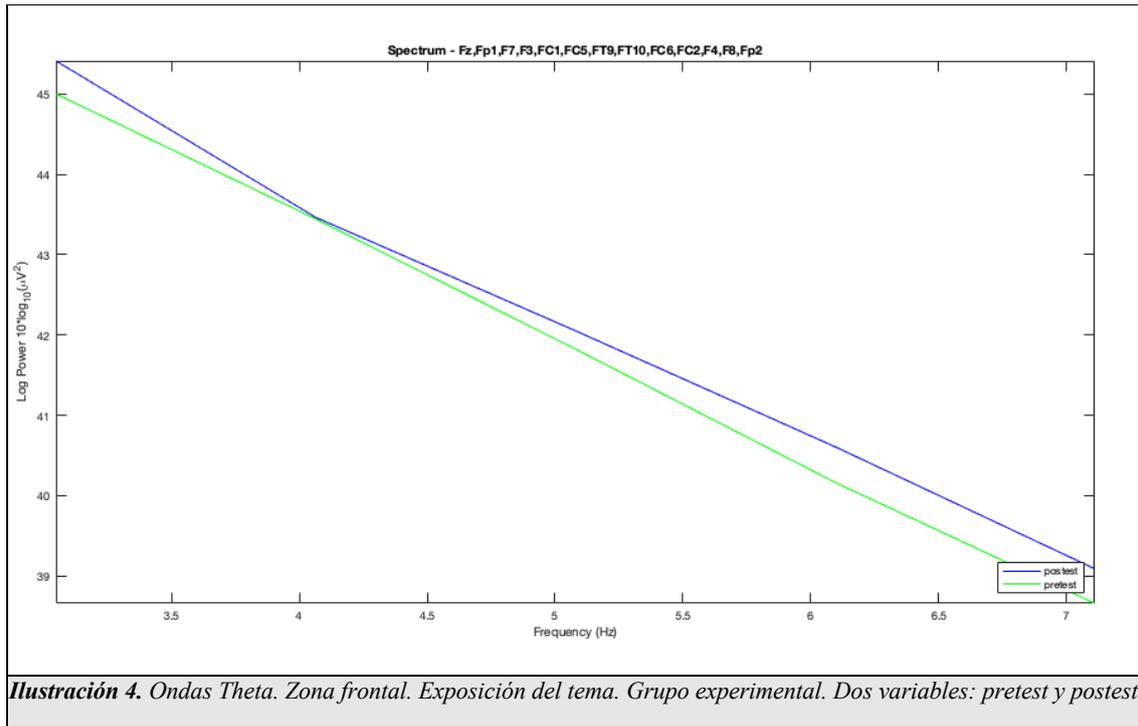


Ilustración 4. Ondas Theta. Zona frontal. Exposición del tema. Grupo experimental. Dos variables: pretest y posttest.

Se compara la potencia espectral de las ondas Theta en la zona frontal del cerebro de un grupo experimental utilizando como variables una exposición antes del programa de reconducción de la ansiedad al hablar en público (pretest) y otra después del programa (postest). Pizzagalli (2007) sostiene que las oscilaciones Theta en la línea media frontal se asocian a la atención focalizada, esfuerzo mental y procesamiento efectivo de estímulos. Estas ondas, además, son importantes en el procesamiento cognitivo, el rendimiento de la memoria y los mecanismos de aprendizaje (Kaplan et al., 2012). En el estudio de Suetsugi et al. (2000), se demostró que la aparición de actividad Theta en la línea media frontal podría estar estrechamente relacionada con una mejora en los síntomas de ansiedad asociados con el TAG (trastorno de ansiedad generalizada). El Theta frontal aumentó después de administrar fármacos ansiolíticos en estudios experimentales (Mizuki et al., 1992, Suetsugi et al., 1998). En la gráfica aparece una leve mayor potencia de onda en el postest, lo que se puede traducir como un aumento en la capacidad del grupo experimental para centrar su atención, realizar esfuerzos mentales y procesar los estímulos que perciben en situaciones incómodas o desfavorables.

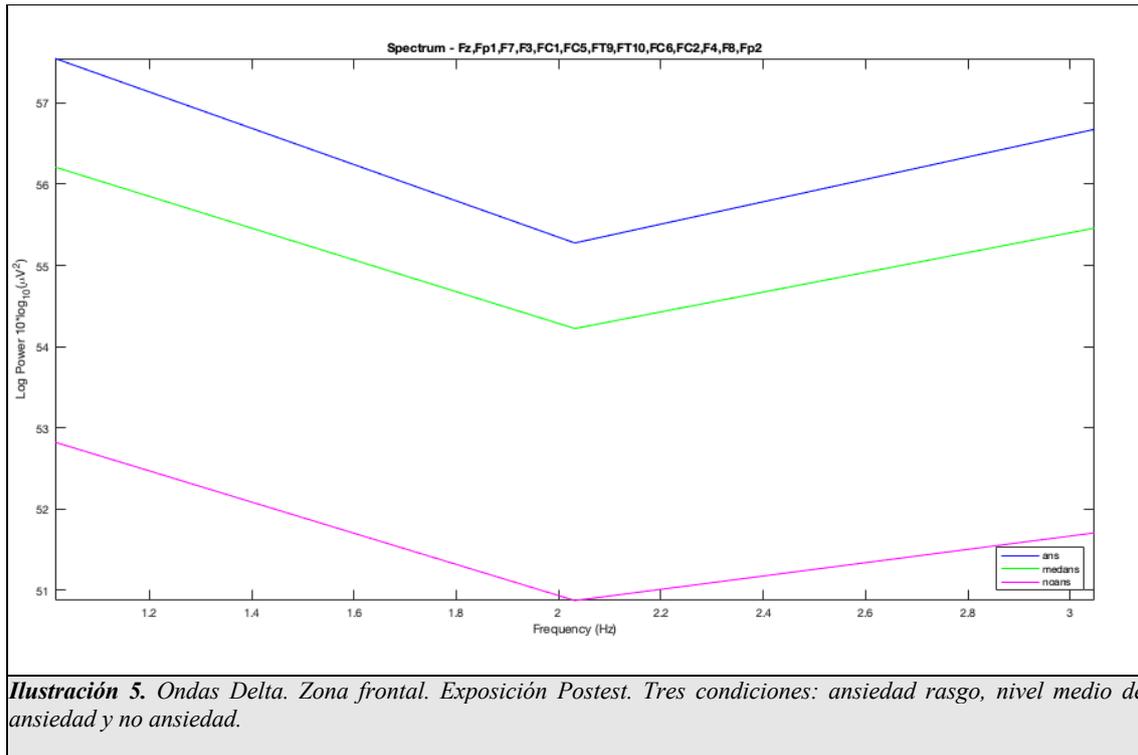


Ilustración 5. Ondas Delta. Zona frontal. Exposición Postest. Tres condiciones: ansiedad rasgo, nivel medio de ansiedad y no ansiedad.

En esta gráfica se compara la potencia espectral de las ondas Delta en tres sujetos clasificados en función de su nivel de ansiedad. Se han establecido así tres condiciones: ansiedad de rasgo (ans), nivel medio de ansiedad (medans) y poca ansiedad (noans). Según Natcher et al. (2013) la oscilación de las ondas Delta entre la zona frontal y parietal del cerebro se corresponde con procesos de toma de decisiones. Las ondas Delta con una elevada amplitud se encuentran en personas con psicopatologías o lesiones cerebrales. En el EEG de niños con déficit de atención o TDAH también se puede observar este tipo de ondas (Sciotto, E. A. & Niripil, E. B., 2014). La mayor potencia espectral de las ondas Delta corresponde con el sujeto diagnosticado de ansiedad rasgo.

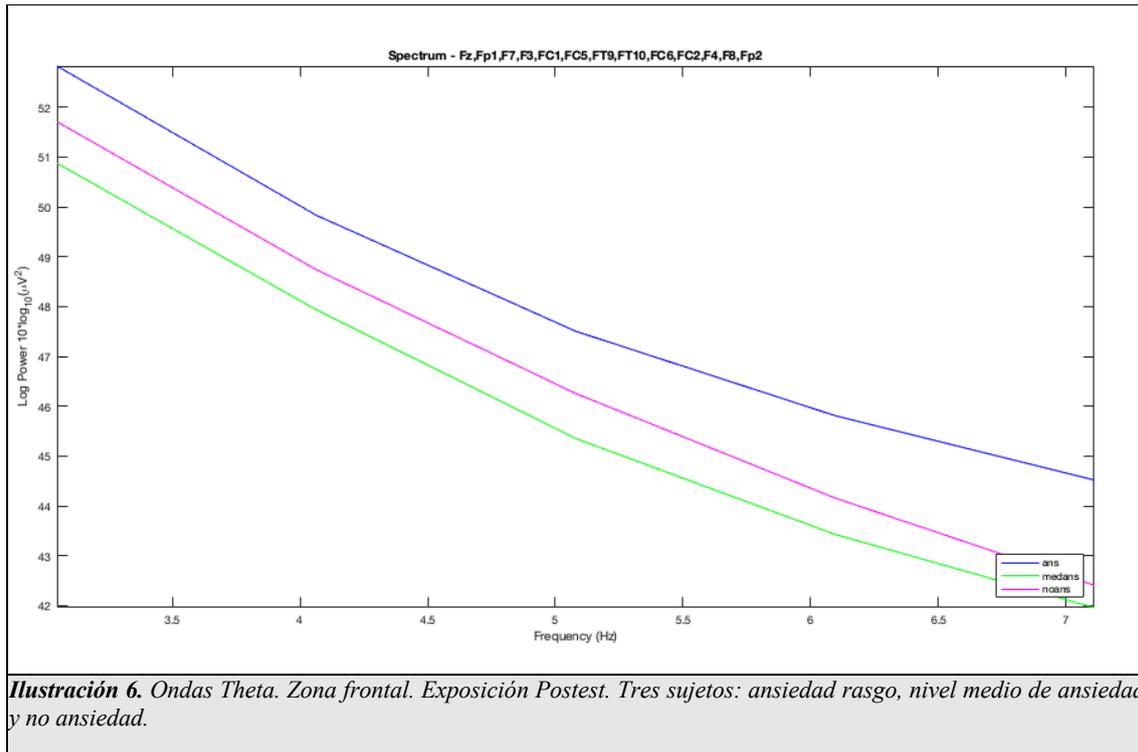


Ilustración 6. Ondas Theta. Zona frontal. Exposición Postest. Tres sujetos: ansiedad rasgo, nivel medio de ansiedad y no ansiedad.

En esta gráfica aparece la comparación entre tres sujetos cuyos niveles de ansiedad se han clasificado en: ansiedad de rasgo (ans), nivel medio de ansiedad (medans) y poca ansiedad (noans). Como se puede observar, los valores para la potencia espectral de las ondas Theta en las zonas frontal, frontoparietal, (...) son mayores en la condición ans (ansiedad) que en la condición noans (no ansiedad). Según Abhang et al. (2016), las ondas Theta son prominentes cuando hay falta de atención, TDAH o depresión mientras que si se anulan esto se traduce en ansiedad, estrés o poca conciencia emocional. Así mismo, se sabe que las ondas Theta en un estado óptimo favorecen la creatividad y la relajación. Tanto una excesiva actividad de estas ondas como una escasa actividad provoca en el individuo efectos desfavorables a la hora de hablar en público. Como se puede observar en la gráfica, la potencia espectral de la condición noans (no ansiedad) es intermedia en cuanto a las otras dos variables, siendo esta potencia espectral considerada como la óptima de los participantes del estudio.

4.2 Análisis y resultados de la varianza de la frecuencia cardíaca y de la saturación de oxígeno

4.2.1 Sujeto 1; Alejandro

ALEJANDRO		
	PULSO	SpO ₂
Preparación (pretest)	84 lpm	98%
Preparación (postest)	85 lpm	98%
Exposición (pretest)	86 lpm	96%
Exposición (postest)	76 lpm	97%

Tabla 2. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Alejandro.

La frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno de Alejandro no presenta apenas variación en la preparación del tema pretest y postest; sin embargo, se aprecia una diferencia significativa en la frecuencia cardíaca de la exposición pretest frente a la exposición postest. Algunos autores (Del Toro Añel, A. Y. et al., 2014) citan como efectos fisiológicos de la ansiedad en estudiantes un aumento de la frecuencia cardíaca. La saturación de oxígeno, por su parte, ha mejorado en la exposición postest aunque no notablemente.

4.2.2 Sujeto 2; Ana

ANA		
	PULSO	SpO ₂
Preparación (pretest)	99 lpm	98%
Preparación (postest)	90 lpm	98%
Exposición (pretest)	91 lpm	97%
Exposición (postest)	96 lpm	98%

Tabla 3. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Ana.

La frecuencia cardíaca de Ana ha disminuido en la preparación del tema postest en comparación al pretest, sin embargo, sus pulsaciones por minuto han aumentado en la exposición postest frente al pretest. Su saturación de oxígeno ha permanecido constante en todas las pruebas del pretest y postest.

4.2.3 Sujeto 3; Beatriz

BEATRIZ		
	PULSO	SpO ₂
Preparación (pretest)	85 lpm	97%
Preparación (postest)	97 lpm	91%
Exposición (pretest)	93 lpm	94%
Exposición (postest)	87 lpm	98%

Tabla 4. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Beatriz.

Tanto la frecuencia cardíaca como la saturación de oxígeno de Beatriz en la preparación del tema pretest y postest ha dado unos resultados inversos a los esperados ya que las pulsaciones por minuto han aumentado y su saturación de oxígeno ha disminuido notablemente en el postest. No obstante, las variaciones observadas durante la exposición del tema pretest y postest sí responden a los objetivos principales de la investigación. Según el autor Altemus (2009) cuando existe un estímulo estresor, el aumento de la hormona adrenocorticotrópica estimula las glándulas suprarrenales para liberar adrenalina y noradrenalina, causando un aumento en la frecuencia cardíaca.

4.2.4 Sujeto 4; Denisa

DENISA		
	PULSO	SpO ₂
Preparación (pretest)	96 lpm	96%
Preparación (postest)	110 lpm	99%
Exposición (pretest)	92 lpm	89%
Exposición (postest)	114 lpm	90%

Tabla 5. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Denisa.

En el caso de Denisa, la saturación de oxígeno ha mejorado en el postest frente al pretest. Del Toro Añel, A. Y. et al. (2014) hablan de la dificultad respiratoria como efecto fisiológico de la ansiedad en estudiantes, causada por una disminución de la saturación de oxígeno en sangre. La frecuencia cardíaca, en cambio, ha aumentado considerablemente en el postest tanto en la preparación del tema como en la exposición del tema en comparación con las pruebas pretest.

4.2.5 Sujeto 5; Javier

JAVIER		
	PULSO	SpO ₂
Preparación (pretest)	58 lpm	100%
Preparación (postest)	65 lpm	98%
Exposición (pretest)	74 lpm	97%
Exposición (postest)	78 lpm	97%

Tabla 6. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Javier.

La saturación de oxígeno de Javier permanece estable en todas las pruebas pretest y postest, pero en su frecuencia cardíaca se puede observar un ligero aumento en las pruebas postest frente al pretest. Kalsbeek (1973) sobre el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, comprobó que la disminución de más del 10% con respecto a la frecuencia cardíaca en reposo, correspondía a los más altos niveles de complejidad del estímulo y, por tanto, a las mayores exigencias neuropsíquicas para la solución de la tarea; esto puede explicar el motivo por el que la frecuencia cardíaca de Javier es inferior en las pruebas pretest.

4.2.6 Sujeto 6; Raúl

RAÚL		
	PULSO	SpO ₂
Preparación (pretest)	70 lpm	95%
Preparación (postest)	65 lpm	97%
Exposición (pretest)	64 lpm	89%
Exposición (postest)	66 lpm	96%

Tabla 7. Comparación de tres factores fisiológicos pretest y postest. Grupo experimental; Raúl.

Las pulsaciones por minuto de Raúl presentan ligeras variaciones; en el caso de la preparación del tema, estas disminuyen en el postest frente al pretest, sin embargo, aumentan levemente en la exposición del tema postest en comparación al pretest. En el caso del oxígeno en sangre de Raúl, su saturación es óptima en ambas pruebas postest. En la primera toma de datos, la saturación de oxígeno en sangre de Raúl disminuyó durante la exposición del tema hasta un 80%. En un estudio sobre la ansiedad matemática en estudiantes, se demostró que los niveles de ansiedad se han correlacionado con un aumento significativo en la dificultad respiratoria, tensión en el cuello y hombros, dolores de cabeza, etc. lo que confirma que los estudiantes con mayor ansiedad tienen una mayor activación fisiológica. Generalmente, los estudiantes gestionan estas reacciones fisiológicas de forma negativa y esto agrava sus síntomas de la ansiedad (Sagasti-Escalona, M., 2019).

5 CONCLUSIONES

Las ondas Delta presentan una mayor potencia espectral en las pruebas postest ya que están relacionadas con los estados de relajación, motivación, sueño profundo, etc. y, por lo tanto, con una disminución del estrés o de la ansiedad. Partiendo de esta premisa, podríamos concluir que el programa para reconducir la ansiedad ha cumplido con los objetivos propuestos inicialmente ya que en las situaciones postest la potencia espectral de estas ondas era inferior. Sin embargo, según diversos autores, una excesiva actividad de las ondas Delta puede ser consecuencia de psicopatologías, lo que nos ayuda a explicar que el sujeto diagnosticado de ansiedad rasgo muestre una mayor potencia espectral de ondas Delta.

La actividad de la frecuencia Theta está asociada a la espontaneidad, creatividad, memoria plástica, planificación, etc. lo que justifica que estas ondas sean superiores en las pruebas postest. Podríamos afirmar que los participantes de la investigación han mejorado tras recibir las sesiones para el manejo de la ansiedad, en su improvisación, creatividad y planificación ante un estímulo que genera ansiedad. Sin embargo, encontramos figuras donde se observa una excesiva actividad de estas ondas, lo que puede ser consecuencia de trastornos cognitivos. Otra de las figuras muestra una decadencia de esta frecuencia, lo que se relacionaría a estados de ansiedad y estrés. Esta disminución de la potencia espectral de las ondas Theta se corresponde con la actividad cerebral de los

sujetos clasificados con ansiedad media; por tanto, observando su actividad cerebral se deduce que perciben la situación como estresante.

Los datos de la frecuencia cardíaca y de la saturación de oxígeno no han sido significativos ya que no se ha encontrado ninguna relación entre sus variaciones ni tampoco ha habido un patrón del grupo experimental. Algunos han disminuido su frecuencia cardíaca en el posttest frente al pretest, pero otros, en cambio, han aumentado sus latidos por minuto considerablemente. Lo mismo ha sucedido con el nivel de oxígeno en sangre; mientras que algunos participantes mejoraban su saturación en el posttest, a otros les disminuía hasta niveles alarmantes. Atendiendo a lo que dicen los estudios y los autores citados, un nivel mayor de ansiedad se corresponde con un aumento de la frecuencia cardíaca y una disminución de la saturación de oxígeno, por lo tanto, no podemos considerar estos datos relevantes en nuestro estudio.

A pesar de que algunos de los resultados no hayan sido los esperados, todos los participantes del grupo experimental han afirmado haber mejorado su percepción sobre la ansiedad tras el programa para aprender a manejarla. Considero que controlar la ansiedad y percibirla como un estímulo positivo es fundamental en cualquier ámbito. Entenderla como una activación y defensa en lugar de un impedimento o inconveniente será lo que nos ayude a potenciar cambios profundos en determinados aspectos fisiológicos.

6 REFERENCIAS

- Allen, J. S., Bruss, J., & Damasio, H. (2005). Estructura del cerebro humano. *Investigación y ciencia*, 340, 68-75.
- Almirall, P., Santander, J., & Vergara, A. (1995). La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador del nivel de activación ante el esfuerzo mental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 33(1), 3-4.
- Ardila, A. A., & Solís, F. O. (2008). Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 1-21.
- Ayora, A. (1993). Ansiedad en situaciones de evaluación o examen, en estudiantes secundarios de la ciudad de Loja (Ecuador). *Revista latinoamericana de psicología*, 25(3), 425-431.
- Baars, B. J., & Gage, N. M. (2010). *Cognition, brain, and consciousness: Introduction to cognitive neuroscience*. Academic Press.
- Báez Jácome, C. F. (2021). *Juguete multifuncional para detección de señales biomédicas en niños en estado de ansiedad* (Bachelor's thesis).
- Barragán, B., Parra, C., Contreras, M., & Pulido, P. (2003). Manejo de la ansiedad mediante la combinación de desensibilización sistemática con relajación muscular, relajación autógena y biorretroalimentación. *Suma psicológica*, 10(2), 135-152.
- Boonjaksilp, K., Punyahotra, V., Sarikaphuti, A., & Sittiprapaporn, W. Effects of Yoga to Brainwave Activities and Stress Reduction.
- Cadena Soria, S. I. (2019). *Variación de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial asociadas al estrés y ansiedad en pacientes sometidos a tratamientos de operatoria dental en la clínica integral de la Facultad De Odontología De La Universidad Central del Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Cantó, J. C. Biomarcadores de la ansiedad.
- Cavanagh, J. F., & Frank, M. J. (2014). Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in cognitive sciences*, 18(8), 414-421.
- De Jesús Pérez Brito, H. (2017). Herramientas invasivas y no invasivas para el diagnóstico de cáncer oral. Revisión de la literatura. *Revista ADM*, 74(6).
- Del Toro Añel, A. Y., González Castellanos, M. D. L. Á., Arce Gómez, D. L., Reinoso Ortega, S. M., & Reina Castellanos, L. M. (2014). Mecanismos fisiológicos implicados en la ansiedad previa a exámenes. *Medisan*, 18(10), 1419-1429.
- Díaz, C. P. (2014). Tratamiento cognitivo-conductual de un adolescente con trastorno de ansiedad generalizada. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*, 1(2), 157-163.

- Dugas, M. J. y Ladouceur, R. (1997). Análisis y tratamiento del trastorno por ansiedad generalizada. En V.E. Caballo (Dir.), *Manual para el tratamiento cognitivo-conductual de los trastornos psicológicos* (Vol. 1, pp. 211-240). Madrid: Siglo XXI.
- Dugas, M. J., Marchand, A. y Ladouceur, R. (2005). Further validation of a cognitive-behavioral model of generalizad anxiety disorder: diagnostic and symptom specificity. *Journal of Anxiety Disorders*, 19, 329-343.
- González Martínez, M. (1993). Aproximación al concepto de ansiedad en psicología: su carácter complejo y multidimensional. *Ediciones Universidad De Salamanca (España)*, 5(0214-3402).
- Guglielmi, O., Sánchez, A. I., Jurado-Gámez, B., Buena-Casal, G., & Bardwell, W. A. (2011). Obesidad y calidad de sueño: predictores de la depresión y la ansiedad en pacientes con síndrome de apnea-hipopnea del sueño. *Revista de Neurología*, 52(9), 515-521.
- Kolb, B., & Wishaw, I. (1990). *Fundamentals of human psychology*.
- Ladouceur, R., Dugas, M.J., Freeston, M.H., Léger, E., Gagnon, F. y Thibodeau, N. (2000). Efficacy of a cognitive-behavioral treatment for generalized anxiety disorder: Evaluation in a controlled clinical trial. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 957-964.
- Lázaro, J. C. F., & Solís, F. O. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista neuropsicología, neuropsiquiatría y neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Martín-Ventura, J. L., Blanco-Colio, L. M., Tuñón, J., Muñoz-García, B., Madrigal-Matute, J., Moreno, J. A., Vega de Céniga, M. & Egido, J. (2009). Biomarkers in cardiovascular medicine. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 62(6), 677-688.
- Nácher, V., Ledberg, A., Deco, G., & Romo, R. (2013). Coherent delta-band oscillations between cortical areas correlate with decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(37), 15085–15090.
- Nayak CS, Anilkumar AC. EEG Normal Waveforms. Treasure Island (FL). StatPearls (2022).
- Ortega, Virgilio, & Sierra, Juan Carlos, & Zubeidat, Ihab (2003). Ansiedad, angustia y estrés: tres conceptos a diferenciar. *Revista Mal-estar E Subjetividade*, 3(1),10 - 59. ISSN: 1518-6148.
- Pagés, Sergio (2007). Trastorno de Ansiedad Generalizada. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, XVI(1),89-94. ISSN: 0327-6716.
- Pérez, V. M. O. (2003). Estrés y ansiedad en los docentes. *Pulso: revista de educación*, (26), 9-22.
- Profile, C. E. O., COVID, P., House, S. A., & Worth, F. Lóbulo frontal.

- Ramos-Argüelles, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, R. M., & Alonso, M. T. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 32, pp. 69-82). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
- Richards, A. M. (2010). New biomarkers in heart failure: applications in diagnosis, prognosis and guidance of therapy. *Revista española de cardiología*, 63(6), 635-639.
- Rodríguez Chala, H. (2016). Tratamientos farmacológicos y no farmacológicos para la ansiedad al tratamiento estomatológico. *Revista Cubana de Estomatología*, 53(4), 277-290.
- Sagasti-Escalona, M. (2019). La ansiedad matemática. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 2(2), 1-18.
- Sciotto, E., & Niripil, E. (2018). Ondas cerebrales, conciencia y cognición. *Organización para la Prevención y Promoción de la Salud en la Educación*.
- Strimbu, K., & Tavel, J. A. (2010). What are biomarkers?. *Current Opinion in HIV and AIDS*, 5(6), 463.
- Torres Courchoud, I., & Pérez Calvo, J.I. (2016). Biomarcadores y práctica clínica. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 39(1), 5-8.