

Universidad Miguel Hernández de Elche

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
ROBÓTICA**



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

“Análisis de la actividad cerebral asociada al apetito en
personas con obesidad”

Trabajo de Fin de Máster

2023-2024

Autor: Mariana Elizalde Cano

Tutores: José María Azorín Poveda

Eduardo Iáñez Martínez



Índice

Índice	III
Resumen	V
Abstract	VI
Agradecimientos	VII
Listado de figuras	VIII
Listado de tablas	X
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Estructura de la memoria	2
Capítulo 2. Estado del arte	3
2.1 Sobrepeso y obesidad	3
2.2 Electroencefalografía	3
2.2.1 Electroodos de EEG	4
2.2.2 Posicionamiento de electrodos	4
2.2.3 Señales cerebrales	5
2.2.4 Uso de la electroencefalografía	6
2.3 El cerebro humano	7
2.3.1 Estructura del cerebro y sus funciones	7
2.3.2 El hipotálamo	8
2.3.3 Corteza Prefrontal Dorsolateral (DLPFC)	8
2.3.4 Sistema de recompensa	9
2.3.5 Afectación en las funciones cerebrales por obesidad	10
Capítulo 3. Materiales y métodos	11
3.1 Participantes	11
3.2 Protocolo de nutrición	12
3.3 Protocolo de registro de patrones cerebrales	13
3.4 Procesamiento de datos	16
3.4.1 División por épocas	17

3.4.2 Cálculo del espectro.....	17
3.4.3 Eliminación de los espectros fuera de rango.....	18
3.4.4 Cálculo de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) para el espectro medio de las épocas por electrodo entre registros	20
3.4.5 Determinación de los electrodos significativos	23
Capítulo 4. Resultados y discusión	25
Capítulo 5. Conclusiones	29
Capítulo 6. Referencias	31
Anexo I - Cuestionario EBS	XI
Anexo II - Cuestionario IPAQ.....	XII
Anexo III - Cuestionario VAS.....	XIV



Resumen

La obesidad es un problema de salud global, y este trabajo investiga las alteraciones neuronales en individuos con obesidad mediante electroencefalografía (EEG). El objetivo es identificar las regiones y patrones cerebrales asociados a la ansiedad por la ingesta de alimentos. Se registraron señales EEG en sujetos voluntarios y se procesaron para determinar las regiones y/o patrones cerebrales relacionados con la ansiedad alimentaria. Los métodos incluyeron la división por épocas y el cálculo del espectro, entre otros. Los resultados mostraron que los electrodos FC2, FC4 y F6, en las bandas de frecuencia beta y gamma, están asociados con la ansiedad y saciedad en personas con obesidad.

Las conclusiones indican un avance en la comprensión de las dimensiones neurológicas de la obesidad, proporcionando una base para futuras investigaciones en intervenciones neurocientíficas y terapéuticas para la gestión de trastornos metabólicos.

Palabras clave: Obesidad, sobrepeso, electroencefalografía (EEG), patrones cerebrales, bandas de frecuencia, dIPFC



Abstract

Obesity is a global health issue, and this study investigates the neuronal alterations in individuals with obesity using electroencephalography (EEG). The aim is to identify brain regions and patterns associated with food intake anxiety. EEG signals were recorded from volunteer subjects and processed to determine the brain regions and/or patterns related to food anxiety. The methods included epoch division and spectrum calculation, among others. The results showed that the FC2, FC4, and F6 electrodes, in the beta and gamma frequency bands, are associated with anxiety and satiety in individuals with obesity.

The conclusions indicate an advance in understanding the neurological dimensions of obesity, providing a foundation for future research in neuroscientific and therapeutic interventions for the management of metabolic disorders.

Keywords: Obesity, overweight, electroencephalography (EEG), brain patterns, frequency bands, dlPFC



Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis tutores José María y Eduardo, por la confianza depositada en mí para la realización de este trabajo y por su apoyo incondicional en mi crecimiento personal y profesional. Su guía y sabiduría han sido fundamentales en este camino.

A mi esposo, por ser mi mayor apoyo y fuente de inspiración. Su amor, comprensión y constante aliento han sido imprescindibles para lograr este objetivo. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino y por creer siempre en mí.

A mi compañera y amiga Desirée, cuyo apoyo y colaboración han sido esenciales para alcanzar este logro. Su amistad, ayuda constante y comprensión han sido un pilar fundamental durante todo el proceso. También quiero agradecer a todos mis demás compañeros por su compañerismo y por haber contribuido a un ambiente tan positivo y enriquecedor.

A mis papás y a mi hermana, por su inquebrantable apoyo, por creer siempre en mí y por alentarme a perseguir mis sueños con libertad y determinación.

Finalmente, quiero agradecer a ValgrAI - Valencian Graduate School and Research Network for Artificial Intelligence y a la Generalitat Valenciana, por su apoyo económico para la realización de este máster.

Listado de figuras

- Figura 1.** Vista lateral y superior del sistema internacional 10-20 y su división de los ejes para la posición de los electrodos..... 4
- Figura 2.** a) Sistema internacional 10-20. b) Sistema internacional 10-10. Las letras Fp, F, T, C, P, O se refieren a prefrontal, frontal, temporal, central, parietal y occipital respectivamente. Los números pares se refieren al hemisferio derecho y los impares al hemisferio izquierdo..... 5
- Figura 3.** Representación de las ondas cerebrales según la banda de frecuencia analizada..... 6
- Figura 4.** Representación de los lóbulos que conforman la corteza cerebral..... 7
- Figura 5.** Representación gráfica de la ubicación del hipotálamo..... 8
- Figura 6.** Representación de la ubicación de la corteza prefrontal dorsolateral..... 9
- Figura 7.** Representación gráfica del circuito de recompensa del cerebro..... 9
- Figura 8.** Participante instrumentado con el equipo de registro de EEG..... 14
- Figura 9.** Protocolo establecido para el registro de electroencefalografía y extracción sanguínea..... 16
- Figura 10.** Ejemplificación de los espectros de la señal en el rango de frecuencia de beta del sujeto 3 para los cuatro registros en el electrodo FC2..... 17
- Figura 11.** Ejemplificación del corte de la señal del sujeto 3 en bandas de frecuencia para los cuatro registros en el electrodo FC2. En azul tenemos la banda delta, en rojo la banda theta, en amarillo la banda alpha, en morado la banda beta y en verde la banda gamma 18
- Figura 12.** Ejemplificación de la media y el rango de ± 2.5 veces la desviación estándar de la señal en el rango de frecuencia de beta del sujeto 3 para los cuatro registros en el electrodo FC2. En color verde tenemos la media, en color rojo el rango superior y en color azul el rango inferior..... 19

Figura 13. Ejemplificación de los espectros fuera de rango ya eliminados para la señal del sujeto 3 en el rango de frecuencia beta para los cuatro registros en el electrodo FC2. En color verde tenemos la media nueva, en color rojo el rango superior y en color azul el rango inferior..... 19

Figura 14. Hipótesis planteada en donde las señales de los dos registros en preprandial (R1, R2) y los dos registros en posprandial (R5, R6) deben ser casi iguales; mientras que la combinación de registros entre estados deberían ser diferentes..... 22

Figura 15. Diagrama de electrodos relevantes. Del lado izquierdo, en color rosa se muestran los electrodos de la banda beta y del lado derecho, en color azul se encuentran los electrodos de la banda gamma..... 25



Listado de tablas

Tabla 1. Información de sexo (F: femenino, M: masculino), edad e índice de masa corporal de los participantes.....	11
Tabla 2. Valores de las medias de los espectros para cada registro y electrodos frontales del sujeto 3 en la banda beta.....	20
Tabla 3. Valores de RMSE en las combinaciones establecidas en el sujeto 3 para la banda de frecuencia beta.....	21
Tabla 4. Valores de los promedios de RMSE en las combinaciones establecidas para el sujeto 3 en la banda beta.....	23
Tabla 5. Electrodo relevantes en beta y gamma en todos los sujetos. Se marcan en gris los electrodos que se seleccionaron como significativos.....	26



Capítulo 1. Introducción

1.1 Motivación

Este trabajo es parte del proyecto OBRAINSITY: Nuevos enfoques terapéuticos para enfermedades metabólicas: modulación de la ingesta de alimentos y el equilibrio energético a través de nutracéuticos y neurotecnología (PROMETEO/2021/059), financiado por el Departamento de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital de la Generalitat Valenciana, con una duración del 01 de enero del 2021 hasta el 31 de diciembre del 2024.

La obesidad es un problema de salud global que afecta a una gran parte de la población y está vinculada a diversas complicaciones. Este estudio busca entender las alteraciones neuronales en individuos con obesidad, utilizando señales EEG para analizar la ansiedad causada por el ayuno, contribuyendo así al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas más efectivas.

1.2 Objetivo

Con este trabajo se pretende realizar un análisis de las señales de electroencefalografía registradas en personas con obesidad con la finalidad de determinar cuáles son las regiones y/o patrones cerebrales asociados a la ansiedad en la ingesta de alimentos. Para lograrlo, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Obtención de los registros de EEG en personas con obesidad.
2. Procesamiento de la información de los registros.
3. Determinación de las regiones y/o patrones cerebrales asociados a la ansiedad por la ingesta de alimentos.

1.3 Estructura de la memoria

La memoria del proyecto está estructurada de la siguiente manera:

- **Capítulo 1.** Contiene la introducción y los objetivos del proyecto, así como la estructura de esta memoria.
- **Capítulo 2.** Se desarrolla una explicación teórica de los conceptos previos importantes a conocer relacionados con la obesidad, electroencefalografía y las funciones cerebrales asociadas con el apetito y la ansiedad.
- **Capítulo 3.** Se exponen los materiales utilizados para la elaboración del trabajo, así como los pasos realizados para el procesamiento de la información obtenida.
- **Capítulo 4.** Se presentan y discuten los resultados obtenidos del procesamiento de la información.
- **Capítulo 5.** Contiene las conclusiones y las futuras direcciones de investigación.
- **Capítulo 6.** Se presentan las referencias utilizadas a lo largo de la elaboración del trabajo.

Capítulo 2. Estado del arte

2.1 Sobrepeso y obesidad

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la obesidad se ha convertido en una preocupación de salud pública mundial debido a su creciente prevalencia y sus graves implicaciones para la salud. En el año 2022, se estimaba que alrededor de 2.5 mil millones de adultos padecían sobrepeso, con más de 890 millones de estos con obesidad. Estas cifras representan aproximadamente el 43% de los adultos a nivel mundial, lo que significa más del doble de la proporción registrada en 1990 [1].

El diagnóstico de sobrepeso u obesidad se basa en el índice de masa corporal (IMC), siendo considerado sobrepeso un IMC igual o superior a 25, y obesidad un valor igual o superior a 30. Este trastorno clínico se caracteriza por un exceso de acumulación de tejido adiposo, lo cual no solo aumenta el riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2, enfermedades cardíacas o varios tipos de cáncer, sino que también impacta negativamente en la calidad de vida al influir en funciones básicas como el sueño y el movimiento. En 2019, se estima que un IMC alto contribuyó a aproximadamente 5 millones de defunciones [1].

Los factores que contribuyen al sobrepeso y la obesidad son diversos, incluyendo influencias ambientales, psicosociales y genéticas, y están estrechamente relacionados con un desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético [1].

2.2 Electroencefalografía

La electroencefalografía (EEG) representa una herramienta no invasiva para el mapeo e imagen cerebral, que mide la actividad eléctrica del cerebro por medio de electrodos situados sobre el cuero cabelludo que miden las diferentes señales eléctricas creadas por la actividad simultánea de grandes grupos de neuronas [2].

2.2.1 Electrodo de EEG

Los electrodos empleados para el registro de estas señales eléctricas pueden clasificarse en tres categorías, según el área que se pretenda analizar: aquellos usados en electroencefalografía (colocados sobre el cuero cabelludo), los empleados en electrocorticografía (ubicados sobre la corteza cerebral) y los intracorticales; sin embargo, son solamente los de EEG los considerados como no invasivos [3]. Estos electrodos pueden, a su vez, diferenciarse como secos o húmedos, en función de si requieren aplicación de un gel conductor o solución salina para su adecuado funcionamiento [4].

2.2.2 Posicionamiento de electrodos

El posicionamiento de los electrodos se fundamenta en el sistema internacional 10-20, concebido por el Dr. Herbert H. Jasper. Este sistema define una disposición de 21 electrodos, con una separación del 10%, 20%, 20%, 20%, 20%, y 10% entre cada uno, desde el nasion hasta el inion y desde los puntos preauriculares derecho e izquierdo (véase Fig. 1) [5]. Con el tiempo, se han introducido variantes, como el sistema internacional 10-10, con un aumento en el número de electrodos posibles y una separación del 10% desde los mismos puntos. Ambos sistemas han sido estandarizados por la Federación Internacional de Neurofisiología Clínica (IFCN) [6].

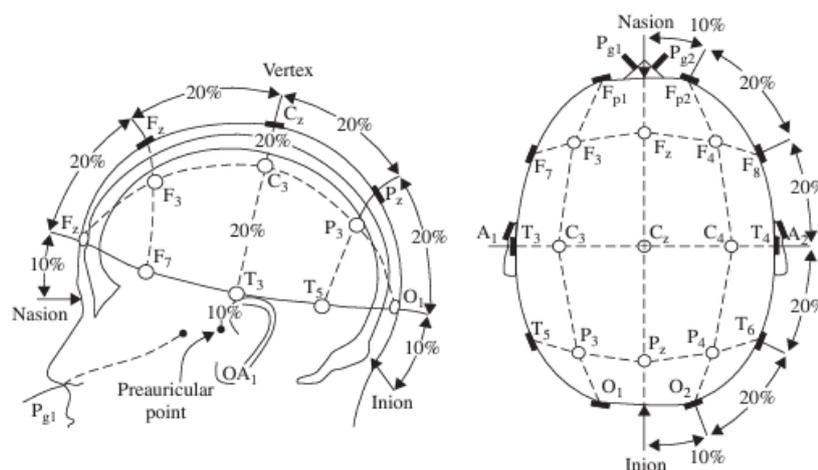


Fig. 1 Vista lateral y superior del sistema internacional 10-20 y su división de los ejes para la posición de los electrodos [5].

Asimismo, el posicionamiento va acompañado de una nomenclatura caracterizada por una letra y un dígito, los cuales representan el área cerebral en el que se encuentra ubicado ese electrodo y la distancia a la que se encuentra de la línea media según el hemisferio del cerebro (véase Fig. 2) [7]. Ambas normativas de posicionamiento y nomenclatura son cruciales para asegurar la reproducibilidad y la comparabilidad precisa de los registros de EEG, simplificando así la interpretación de los resultados.

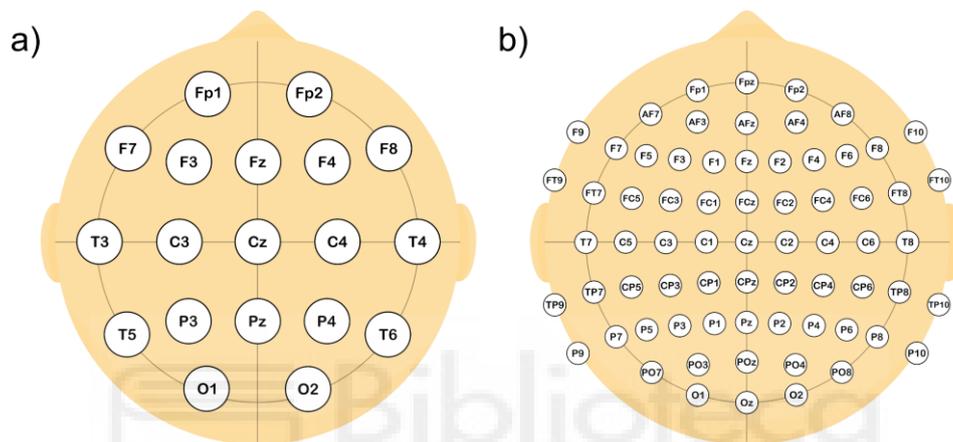


Fig 2. a) Sistema internacional 10-20. b) Sistema internacional 10-10. Las letras Fp, F, T, C, P, O se refieren a prefrontal, frontal, temporal, central, parietal y occipital respectivamente. Los números pares se refieren al hemisferio derecho y los impares al hemisferio izquierdo.

2.2.3 Señales cerebrales

Las señales captadas por el EEG oscilan a frecuencias específicas, permitiendo su análisis tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia; dichas señales pueden describirse en términos de actividad rítmica sinusoidal dividida en bandas de frecuencia: delta (<4 Hz), theta (4-7 Hz), alpha (8-15 Hz), beta (16-31 Hz) y gamma (>32 Hz) (Fig. 3), cada una de las cuales se asocia a diferentes estados mentales como el sueño, la relajación o el pensamiento [5]. Sin embargo, estas señales pueden verse afectadas por diversos tipos de interferencias, conocidas como artefactos, que se clasifican en dos categorías: biológicos y ambientales; los primeros son aquellos generados por el propio cuerpo, como el parpadeo, movimientos oculares, deglución, presión mandibular o actividad cardíaca;

mientras que los segundos son externos, como la conexión a la red eléctrica, el mal ajuste de los electrodos o los ruidos ambientales [4].

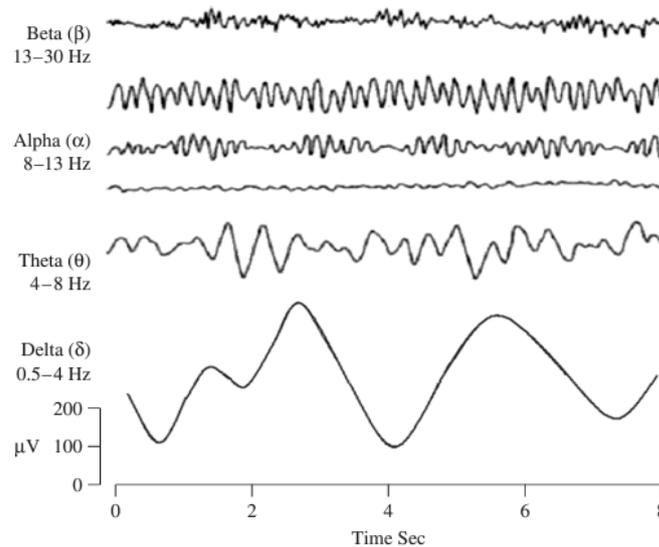


Fig 3. Representación de las ondas cerebrales según la banda de frecuencia analizada [5].

2.2.4 Uso de la electroencefalografía

El uso de la electroencefalografía ha experimentado un notable incremento en los últimos años debido a su versatilidad y capacidad para profundizar en el funcionamiento cerebral [2]. Además de su aplicación como herramienta diagnóstica en condiciones neurológicas como la epilepsia, los trastornos del sueño y los tumores cerebrales, la EEG desempeña un papel crucial en la investigación científica. A través de la exploración de las funciones cerebrales y las asociaciones neuronales relacionadas con habilidades cognitivas y conductuales, la EEG no solo contribuye a comprender mejor la mente humana, sino que también impulsa avances en la restauración de la funcionalidad cerebral en pacientes con lesiones neurológicas [8]. Su continuo desarrollo promete abrir nuevas fronteras en la neurociencia, ofreciendo perspectivas innovadoras para el diagnóstico, tratamiento e investigación de trastornos neurológicos.

2.3 El cerebro humano

2.3.1 Estructura del cerebro y sus funciones

El cerebro humano, considerado el órgano más complejo y fascinante del cuerpo humano, despliega una función primordial en la coordinación y el control del organismo [9]. Cada una de sus partes distintivas cumple roles diversos que posibilitan a las personas generar pensamientos y recuerdos, así como ejecutar movimientos corporales, percibir los sentidos del olfato, la vista, el oído, el tacto y el gusto, además de mantener las funciones vitales de numerosos órganos dentro del cuerpo humano [10].

Dividido en varias regiones y lóbulos, cada uno con funciones específicas; la corteza cerebral se organiza en cuatro lóbulos principales: frontal, parietal, temporal y occipital (Fig. 4) [11]. Cada uno de ellos desempeña un papel crucial en diferentes funciones cognitivas y comportamentales [12].

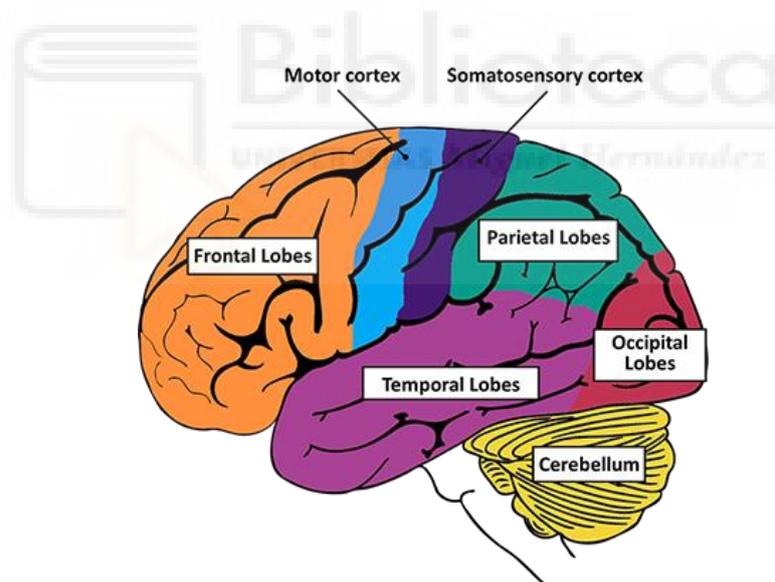


Fig 4. Representación de los lóbulos que conforman la corteza cerebral [13].

El lóbulo frontal se encuentra situado en la parte delantera del cerebro y es el encargado del control motor voluntario, la toma de decisiones, la planificación y la regulación del comportamiento social [11]. Dentro de este lóbulo se encuentra la corteza prefrontal [12]. Por otro lado, el lóbulo parietal se encuentra localizado detrás del lóbulo frontal y este integra la información sensorial de diferentes modalidades para una percepción

espacial y la navegación. Por su parte, el lóbulo temporal se encuentra ubicado a los lados del cerebro y este se ve involucrado en el procesamiento auditivo, la memoria y el reconocimiento de objetos. Finalmente, el lóbulo occipital se encuentra en la parte posterior del cerebro y es el principal centro de procesamiento de la información visual [11].

2.3.2 El hipotálamo

El hipotálamo es una estructura pequeña ubicada en la base del cerebro (Fig. 5); esta región es crucial para la regulación de numerosas funciones corporales y emocionales. Esta estructura es la encargada de controlar la temperatura corporal, el apetito, la sed, el sueño, el deseo sexual y las respuestas emocionales [13].

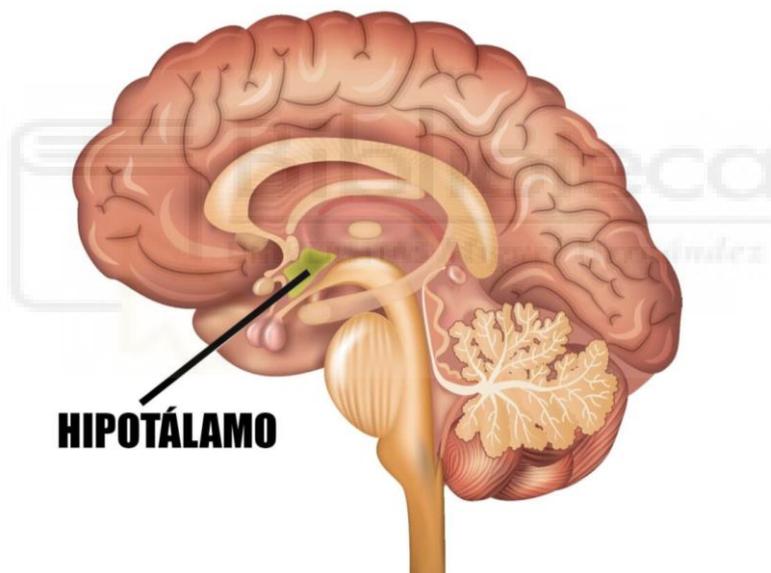


Fig 5. Representación gráfica de la ubicación del hipotálamo [14].

2.3.3 Corteza Prefrontal Dorsolateral (DLPFC)

La corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) es una subregión principalmente del lóbulo frontal (Fig. 6) que juega un papel vital en funciones ejecutivas como la toma de decisiones, la atención selectiva y el control cognitivo [15]. Esta corteza es crucial para la regulación de la ansiedad, ya que modula las respuestas emocionales inhibiendo la actividad

de la amígdala. La amígdala, por su parte, es una estructura central en la generación de emociones como el miedo y la ansiedad [12].

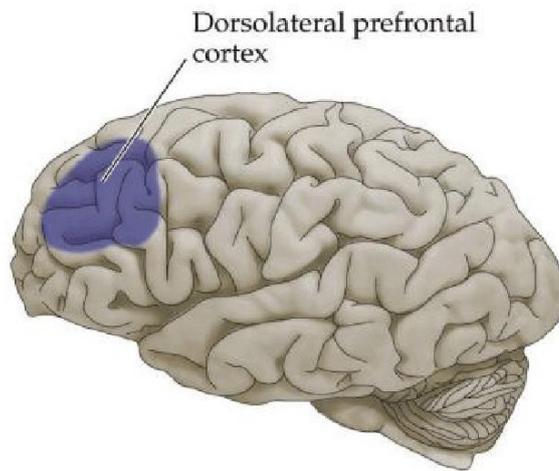


Fig 6. Representación de la ubicación de la corteza prefrontal dorsolateral [16].

2.3.4 Sistema de recompensa

El sistema de recompensa del cerebro involucra varias regiones, incluyendo el núcleo accumbens, el área tegmental ventral y la corteza prefrontal, particularmente la DIPFC (Fig. 7). Este sistema es fundamental para la motivación y la ejecución de comportamientos [17]. El hipotálamo en particular interactúa con estas áreas para regular el apetito y la saciedad mediante la liberación de diversas hormonas y neurotransmisores [12].

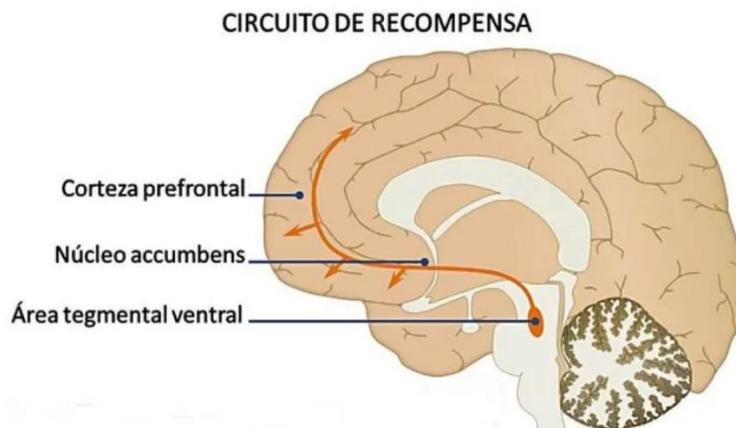


Fig 7. Representación gráfica del circuito de recompensa del cerebro [18].

2.3.5 Afectación en las funciones cerebrales por obesidad

Estudios recientes destacan alteraciones en las personas con obesidad en sus niveles de actividad en diferentes áreas clave del cerebro, como la amígdala, el hipocampo, hipotálamo, ínsula y la corteza prefrontal dorsolateral; todas ellas asociadas con el procesamiento sensoriomotor, memoria, emociones y el sistema de recompensa [19].

Se ha encontrado que el hipotálamo exhibe una disminución más lenta en su tasa de actividad neuronal en individuos con obesidad, retrasando así la sensación de saciedad durante el consumo de alimentos. Además, las alteraciones en el circuito de recompensa del cerebro resultan en una actividad reducida en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y la corteza cingulada anterior izquierda. Esta reducción lleva a las personas con obesidad a necesitar una mayor cantidad de estímulos alimentarios para obtener una satisfacción equivalente a la de una persona con normopeso [19].

Asimismo, se ha encontrado una similitud en las irregularidades neuronales entre las personas con obesidad y las personas con alguna adicción a las drogas; entre las cuales se encuentra una respuesta anticipada de placer aumentada ante las recompensas, pero una respuesta de placer atenuada al alcanzar la recompensa, lo que contribuye a la búsqueda de comportamientos para obtener esta recompensa [20].

Capítulo 3. Materiales y métodos

3.1 Participantes

Para la realización de este proyecto, participaron 9 sujetos con sobrepeso y obesidad, con un índice de masa corporal (IMC) promedio de 32.3 ± 6.9 , y edades comprendidas entre 18 y 56 años, con una media de 41.2 ± 11.2 años. De estos sujetos, el 44.4% eran mujeres y el 55.6% hombres (Tabla 1).

Tabla 1. Información de sexo (F: femenino, M: masculino), edad e índice de masa corporal de los participantes.

<i>Sujeto</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>Sexo</i>	F	M	M	M	F	F	F	M	M
<i>Edad</i>	56	18	43	50	46	30	43	44	41
<i>IMC</i>	25.3	47.5	27.5	29.9	35	29.6	30.8	28.6	36.6

Además de considerar el criterio de tener sobrepeso u obesidad, para la selección de los participantes también se aplicaron los siguientes criterios de exclusión:

- Presencia de una patología que impida una reducción calórica en la dieta o la ejecución de actividad física regular.
- Consumo frecuente de alcohol.
- Embarazo, en el caso de mujeres.
- Ser menor de edad o mayor de 60 años.

Todos los sujetos han sido participantes voluntarios de este proyecto, habiendo firmado un consentimiento informado con previa información por escrito sobre el estudio, aprobado por el comité de ética de la Investigación con medicamentos del Hospital General Universitario de Elche (con código de registro PI 93/2020).

3.2 Protocolo de nutrición

Para la implementación del protocolo de nutrición, se contó con la participación de nutricionistas de Nutrividence-SND, ubicados en Elche y Alicante. Estos profesionales fueron responsables del reclutamiento de los participantes y de la recogida de datos siguiendo el protocolo establecido:

1. Entrega de la Hoja de Información al Paciente:

Se proporcionó al paciente una hoja de información detallada sobre el estudio, la cual fue leída, entendida y firmada para obtener su consentimiento informado.

2. Toma de Datos Personales:

Se recogieron los datos demográficos del paciente, incluyendo nombre completo, fecha de nacimiento, género y medio de contacto.

3. Asignación de Código para Preservar el Anonimato:

Cada paciente fue asignado con un código único, el cual fue utilizado en todos los documentos y hojas de cálculo para mantener la confidencialidad del paciente.

4. Toma de Datos Antropométricos:

Se registró el peso y talla, pliegue tricótipal, índice cintura-cadera, determinación de porcentaje de grasa, de porcentaje muscular y de porcentaje de masa ósea.

5. Toma de Tensión Arterial y Pulsaciones:

Se anotaron los valores de la presión arterial (sistólica y diastólica) y las pulsaciones del paciente.

6. Cuestionarios:

Se proporcionaron los siguientes cuestionarios al paciente:

- Cuestionario STAI y EBS, para determinar los niveles de ansiedad y la escala de bienestar subjetivo (véase Anexo I).

- Cuestionario Foerste 2016 e IPAQ para determinar el nivel de actividad física (véase Anexo II).

7. Registro de Patologías y Fármacos:

Se documentan las patologías y los medicamentos actuales del paciente, así como eventos clínicos relevantes.

8. Recordatorio de la Ingesta y Actividad Física:

Se entregó al paciente un recordatorio para que registre su ingesta alimentaria y actividad física durante un rango de 3-5 días, incluyendo un día del fin de semana. Este registro es útil para identificar posibles casos de hiperfagia.

3.3 Protocolo de registro de patrones cerebrales

Una vez finalizado el protocolo en la consulta con el nutricionista, se citó a los participantes en las instalaciones del edificio Torregaitán (IDiBE) de la Universidad Miguel Hernández de Elche para llevar a cabo el proceso de obtención de los patrones cerebrales de manera no invasiva mediante electroencefalografía. Previo a la realización de este registro, se les solicitó a los participantes acudir en ayunas, sin haber consumido bebidas estimulantes y con el cabello limpio y seco, sin la presencia de productos capilares como gomina o laca.

Para la obtención de los patrones cerebrales, se utilizó un equipo inalámbrico de 32 canales de Brain Products basado en el amplificador LIVEAMP con un posicionamiento de electrodos siguiendo el sistema internacional 10-10, utilizando los electrodos: AF3, AF4, F1, F5, F6, FCZ, FC1, FC2, FC3, FC4, FT7, FT8, CZ, C1, C2, C3, C4, CPZ, CP3, CP4, TP7, TP8, P1, P2, P5, P6, PO (véase Fig. 8).



Fig 8. Participante instrumentado con el equipo de registro de EEG.

El día del registro comenzó con la cumplimentación de un cuestionario VAS (Cuestionario de Escalas Análogas, por sus siglas en inglés) en estado preprandial, el cual permite evaluar los niveles de hambre y saciedad de los participantes. Este cuestionario incluyó preguntas como: ¿Qué tan hambriento estás?, ¿Cómo de satisfecho te sientes?, ¿Cómo de lleno te sientes? y ¿Cuánto más crees que podrías comer? (véase Anexo III), permitiendo así establecer una línea base sobre el estado de hambre y saciedad del individuo antes de la ingesta. El mismo cuestionario se repitió en estado posprandial al finalizar los registros de EEG.

Posteriormente, con ayuda de un enfermero colegiado se le colocó al participante una vía para extraerle sangre en los tres estados: preprandial, prandial y posprandial (véase Fig. 9); con estas muestras se pretende analizar hematología, perfil lipídico y marcadores tisulares. Para dichas determinaciones, una parte de las muestras de sangre fueron llevadas en frío a un laboratorio clínico; mientras que otra muestra de plasma fue guardada para determinar péptidos circundantes relacionados con la saciedad.

En cuanto a los registros de EEG, se tomaron un total de 7 registros distribuidos conforme a lo mostrado en la Fig. 9:

- Estado preprandial
 - Registro 1 (R1) y Registro 2 (R2): el participante se encontraba sentado, con los ojos cerrados y sin realizar movimientos. Con un descanso de 30 segundos entre cada uno.
 - Registro 3 (R3): el participante se encontraba sentado, viendo imágenes en blanco y negro de paisajes simples y sin realizar movimientos.

- Estado prandial
 - Registro 4 (R4): el participante se encontraba desayunando algo de su elección de la cafetería de la Universidad.
 - Descanso de 5 minutos.

- Estado posprandial
 - Registro 5 (R5) y Registro 6 (R6): el participante se encontraba sentado, con los ojos cerrados y sin realizar movimientos. Con un descanso de 30 segundos entre cada uno.
 - Registro 7 (R7): el participante se encontraba sentado, viendo imágenes en blanco y negro de paisajes simples y sin realizar movimientos.

Considerando los tiempos necesarios para la realización de cada uno de los registros, donde aquellos en los que los participantes se encontraban con los ojos cerrados duraban 2 minutos con 45 segundos, siendo los primeros 15 segundos utilizados para la estabilización de las señales, y los registros observando imágenes y desayunando duraron 5 minutos con 25 segundos, siendo los primeros 25 segundos utilizados para la estabilización de las señales; aunado a los tiempos de descanso y el tiempo empleado para cada extracción de sangre, todo el proceso del protocolo duró aproximadamente 109 minutos.

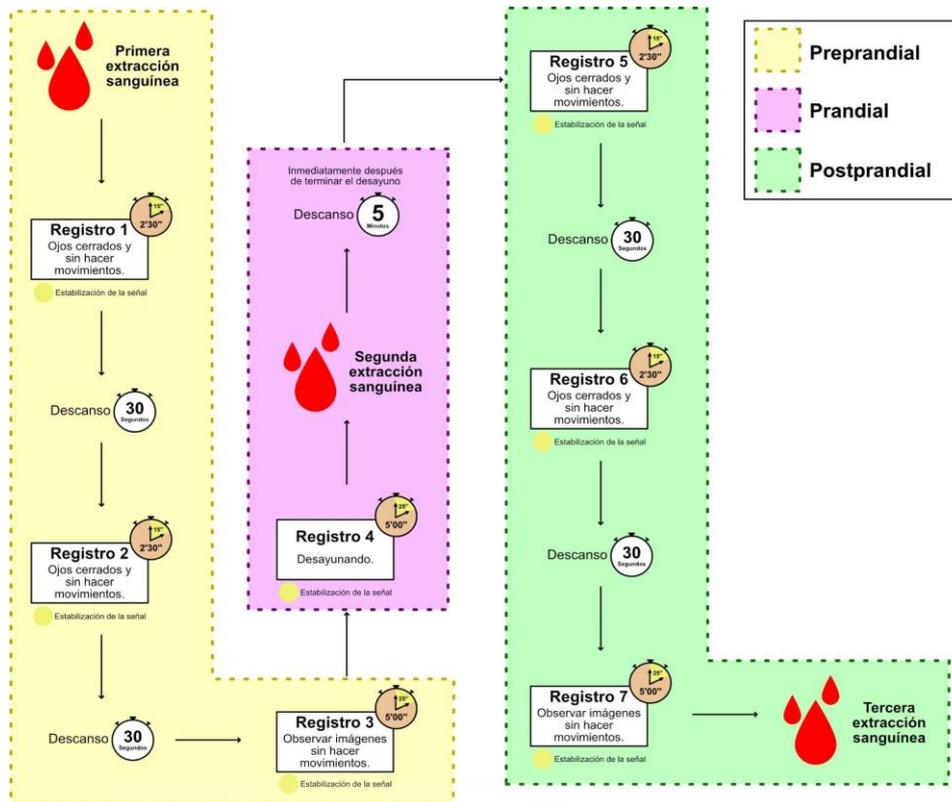


Fig 9. Protocolo establecido para el registro de electroencefalografía y extracción sanguínea.

3.4 Procesamiento de datos

Con los datos obtenidos de los registros de electroencefalografía, el siguiente paso correspondió al análisis de los mismos para la determinación de la región del cerebro que presentó un cambio en su actividad cerebral durante los estados preprandial y posprandial, identificando los electrodos que mostraron una alteración significativa. Para lograr esto, se tomó la decisión de analizar los registros en donde los participantes se encontraban con los ojos cerrados y sin moverse, con la finalidad de disminuir en su mayoría los posibles artefactos. Por tanto, se analizaron cuatro registros de EEG, dos correspondientes al estado preprandial (R1 y R2) y dos correspondientes al estado posprandial (R5 y R6). El resto de los registros se utilizarán para futuros análisis.

Para lograrlo, se comenzó por establecer un enfoque en los electrodos frontales, es decir, F1, FC1, FCZ, FC2, FC3, AF3, F5, FT7, FC4, FT8, F6, AF4, F2 debido a que según

el estudio de Carnell et al. [19], el área relacionada con el sistema de recompensa está localizada en la zona prefrontal de la corteza cerebral. Con esto definido, el siguiente proceso fue realizado para los nueve sujetos:

3.4.1 División por épocas

Para cada uno de los cuatro registros (R1, R2, R5 y R6) se quitaron los 15 segundos correspondientes a la estabilización de la señal, quedando así solo los 2 minutos y 30 segundos de la señal. El registro en este tiempo fue segmentado en épocas de 5 segundos de duración con un movimiento de 1 segundo, obteniendo así un total de 30 épocas. La selección de estos parámetros tuvo como objetivo capturar las variaciones dinámicas en la señal de EEG durante el registro con ojos cerrados.

3.4.2 Cálculo del espectro

Una vez obtenidas las 30 épocas, se calculó el espectro de cada uno de los electrodos frontales (véase Fig. 10), tomando como característica el rango de frecuencia de cada una de las bandas de frecuencia delta, theta, alpha, beta y gamma, y dividiendo la señal en cada una de ellas (Fig. 11).

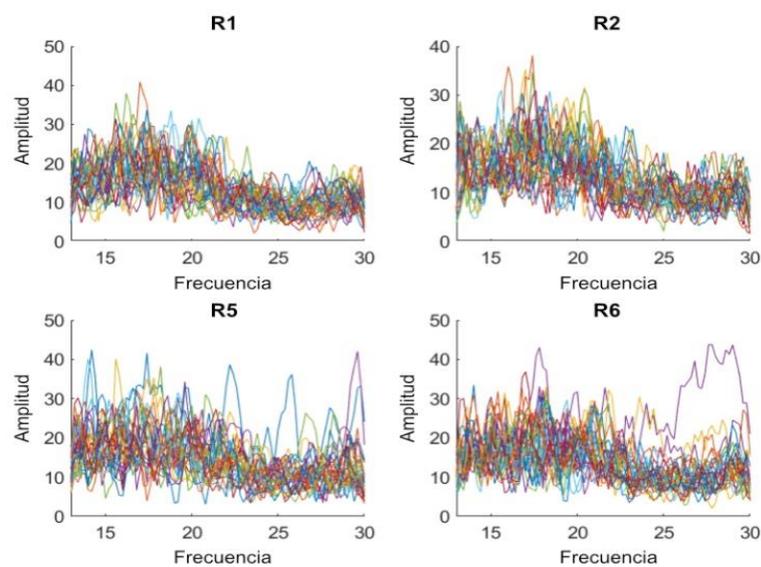


Fig 10. Ejemplificación de los espectros de la señal en el rango de frecuencia de beta del sujeto 3 para los cuatro registros en el electrodo FC2.

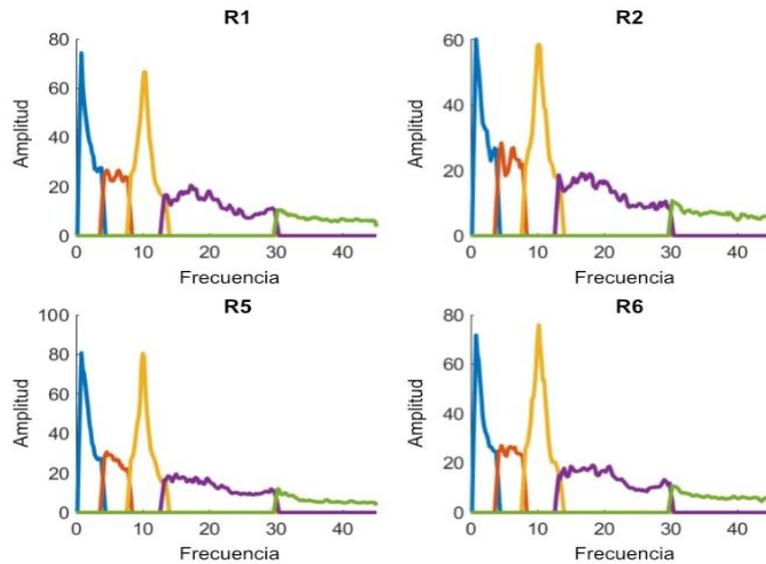


Fig 11. Ejemplificación del corte de la señal del sujeto 3 en bandas de frecuencia para los cuatro registros en el electrodo FC2. En azul tenemos la banda delta, en rojo la banda theta, en amarillo la banda alpha, en morado la banda beta y en verde la banda gamma.

3.4.3 Eliminación de los espectros fuera de rango

Posteriormente, para cada banda de frecuencia y en cada electrodo frontal, se calculó la media de sus espectros, tomando un rango de ± 2.5 veces la desviación estándar (Fig. 12) y se eliminó aquellos espectros que se encontraron fuera de este rango (Fig. 13). Este proceso garantizó que solo los espectros relevantes y estadísticamente consistentes fueran los que contribuyeran al análisis final.

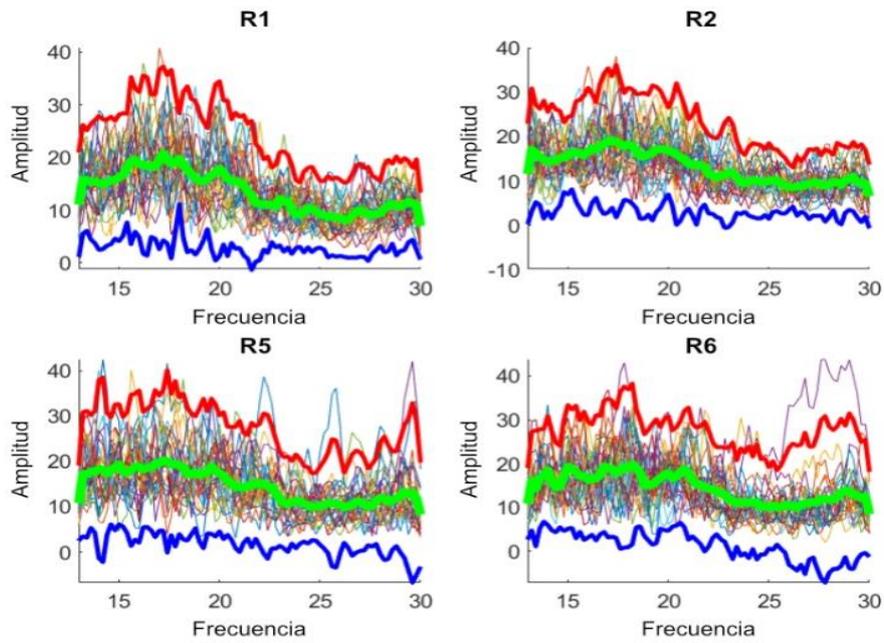


Fig 12. Ejemplificación de la media y el rango de ± 2.5 veces la desviación estándar de la señal en el rango de frecuencia de beta del sujeto 3 para los cuatro registros en el electrodo FC2. En color verde tenemos la media, en color rojo el rango superior y en color azul el rango inferior.

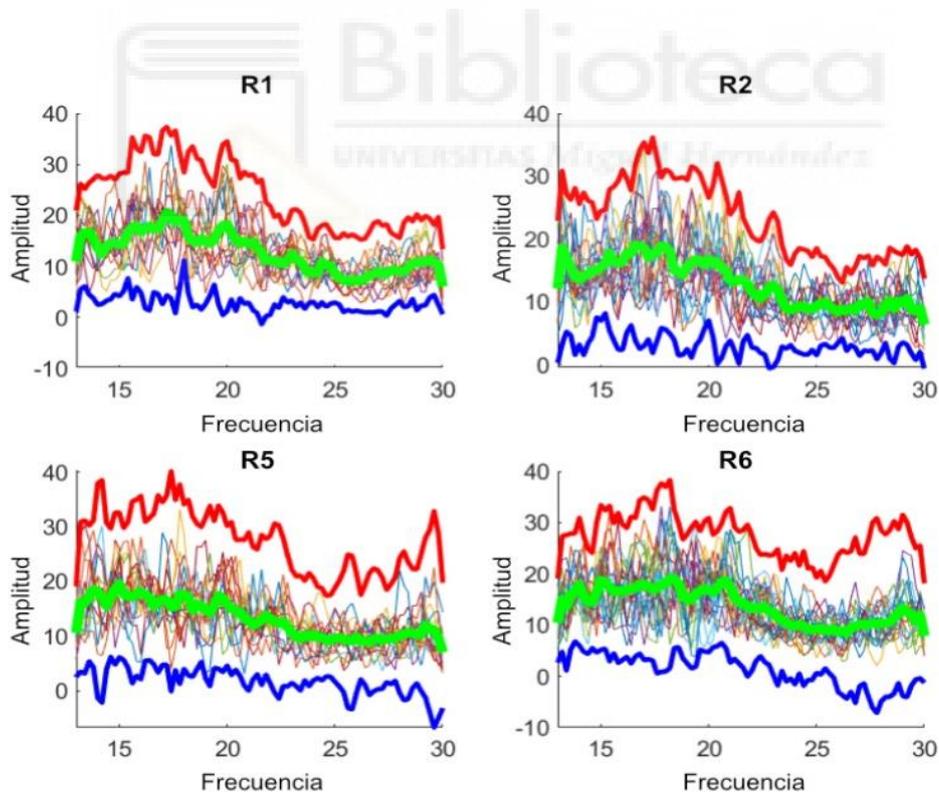


Fig 13. Ejemplificación de los espectros fuera de rango ya eliminados para la señal del sujeto 3 en el rango de frecuencia beta para los cuatro registros en el electrodo FC2. En color verde tenemos la media nueva, en color rojo el rango superior y en color azul el rango inferior.

Ya con los espectros fuera de rango eliminados, se volvió a calcular la media de los espectros restantes en todas las bandas para cada uno de los electrodos frontales y para cada uno de los cuatro registros, véase Tabla 2 para una ejemplificación en uno de los nueve sujetos en la banda beta.

Tabla 2. Valores de las medias de los espectros para cada registro y electrodos frontales del sujeto 3 en la banda beta.

Sujeto 3				
<i>Electrodo</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R5</i>	<i>R6</i>
<i>F1</i>	0.8765	0.8434	0.9410	0.8862
<i>FC1</i>	0.9517	0.9285	1.0130	0.9661
<i>FCZ</i>	0.9443	0.9193	1.0084	0.9880
<i>FC2</i>	0.9359	0.9113	1.0083	1.0007
<i>FC3</i>	0.9557	0.9287	1.0164	0.9653
<i>AF3</i>	0.8137	0.7714	0.8744	0.8034
<i>F5</i>	0.8719	0.7937	0.9503	0.8499
<i>FT7</i>	0.8882	0.8292	0.9225	0.8650
<i>FC4</i>	0.9360	0.8919	1.0777	1.0857
<i>FT8</i>	0.8255	0.5748	0.6705	0.6130
<i>F6</i>	0.7746	0.7042	0.8470	0.8042
<i>AF4</i>	0.7639	0.7067	0.8210	0.7619
<i>F2</i>	0.8399	0.8048	0.9030	0.8653

3.4.4 Cálculo de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) para el espectro medio de las épocas por electrodo entre registros

Teniendo estas nuevas medias de los espectros restantes, se procedió a calcular la raíz del error cuadrático medio (RMSE) para las siguientes combinaciones: R1 con R2, R5 con R6, R1 con R5, R1 con R6, R2 con R5 y R2 con R6 (véase Tabla 3).

Tabla 3. Valores de RMSE en las combinaciones establecidas en el sujeto 3 para la banda de frecuencia beta.

Sujeto 3						
<i>Electrodo</i>	<i>R1 con R2</i>	<i>R5 con R6</i>	<i>R1 con R5</i>	<i>R1 con R6</i>	<i>R2 con R5</i>	<i>R2 con R6</i>
<i>F1</i>	0.3160	0.3839	0.3821	0.3597	0.4097	0.4127
<i>FC1</i>	0.3273	0.3728	0.3908	0.4123	0.3898	0.4160
<i>FCZ</i>	0.3286	0.4212	0.4232	0.4440	0.3974	0.4222
<i>FC2</i>	0.3280	0.4127	0.4746	0.4795	0.4243	0.4588
<i>FC3</i>	0.3117	0.3803	0.4266	0.3506	0.4393	0.3759
<i>AF3</i>	0.3760	0.4111	0.3710	0.3381	0.4557	0.3649
<i>F5</i>	0.4197	0.3357	0.3055	0.3648	0.3948	0.2936
<i>FT7</i>	0.3330	0.3723	0.3669	0.3219	0.3685	0.2585
<i>FC4</i>	0.3687	0.4120	0.3988	0.4714	0.4847	0.6153
<i>FT8</i>	0.9535	0.3203	0.7494	0.9605	0.3100	0.2827
<i>F6</i>	0.4134	0.2782	0.3733	0.3753	0.3245	0.2546
<i>AF4</i>	0.3181	0.4135	0.3421	0.3236	0.5034	0.3379
<i>F2</i>	0.3714	0.3066	0.3658	0.3829	0.4305	0.4253

Considerando que ambos registros preprandiales y ambos registros posprandiales fueron tomados de forma consecutiva, se planteó la hipótesis mostrada en la Fig. 14 en donde se estableció que la combinación de los dos registros preprandiales (R1 con R2) debía cumplir con un valor de RMSE casi cero, puesto que una señal y otra no debería de ser muy diferente; esto mismo se aplicó para la combinación de los dos registros posprandiales (R5 con R6). Sin embargo, para las combinaciones entre los periodos preprandial y posprandial (R1 con R5, R1 con R6, R2 con R5 y R2 con R6) las señales deberían ser bastante diferentes y por tanto tener un valor de RMSE más alto.

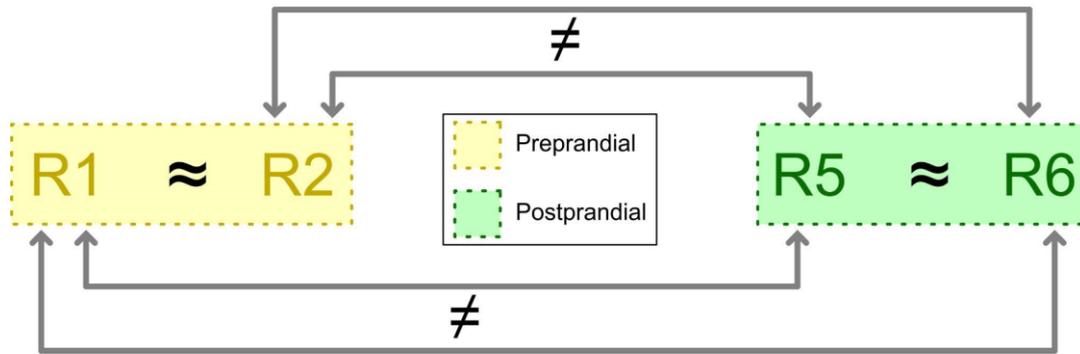


Fig 14. Hipótesis planteada en donde las señales de los dos registros en preprandial (R1, R2) y los dos registros en posprandial (R5, R6) deben ser casi iguales; mientras que la combinación de registros entre estados debería ser diferentes.

Con base en esta información, se tomó la decisión de promediar en dos columnas los valores de RMSE. En la primera columna, denominada “A”, se incluyeron aquellas combinaciones donde su RMSE debería ser casi cero (es decir, R1 con R2 y R5 con R6). En la segunda columna, denominada “B”, se incluyeron aquellas combinaciones donde su RMSE debería ser más alto (es decir, R1 con R5, R1 con R6, R2 con R5 y R2 con R6). Este procedimiento se repitió para cada uno de los sujetos. En la Tabla 4 se pueden observar los resultados obtenidos para un sujeto en la banda de frecuencia beta, donde además se incluye una tercera columna denominada “ Δ ”, la cual corresponde a la diferencia B-A. Si esta columna contiene un número positivo, indica que se cumple con la hipótesis planteada en ese electrodo, ya que el valor de B debe ser mayor que el de A.

Tabla 4. Valores de los promedios de RMSE en las combinaciones establecidas para el sujeto 3 en la banda beta.

Sujeto 3			
<i>Electrodo</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Δ</i>
<i>F1</i>	0.3499	0.3910	0.0411
<i>FC1</i>	0.3501	0.4023	0.0522
<i>FCZ</i>	0.3749	0.4217	0.0468
<i>FC2</i>	0.3703	0.4593	0.0890
<i>FC3</i>	0.3460	0.3981	0.0521
<i>AF3</i>	0.3936	0.3825	-0.0111
<i>F5</i>	0.3777	0.3397	-0.0380
<i>FT7</i>	0.3527	0.3289	-0.0237
<i>FC4</i>	0.3904	0.4925	0.1022
<i>FT8</i>	0.6369	0.5756	-0.0612
<i>F6</i>	0.3458	0.3319	-0.0138
<i>AF4</i>	0.3658	0.3767	0.0109
<i>F2</i>	0.3390	0.4011	0.0621

3.4.5 Determinación de los electrodos significativos

Con estos resultados, se procedió a identificar aquellos electrodos que cumplían con la hipótesis planteada, es decir aquellos electrodos en donde su columna “ Δ ” tenía un valor positivo. Si bien este procedimiento se aplicó a todas las bandas de frecuencia, se prestó especial atención a la elección de electrodos dentro de las bandas de frecuencia beta y gamma. Este enfoque surge de las alteraciones observadas en estas bandas debido a los niveles de ansiedad y saciedad, tal como lo indica De Ridder et al. [21].



Capítulo 4. Resultados y discusión

El último paso de la determinación de los electrodos significativos permite identificar la región cerebral asociada con la ansiedad y saciedad en las personas con obesidad y sobrepeso. Sin embargo, al estar trabajando con personas esta información puede variar de un sujeto a otro, por lo que se seleccionó aquellos electrodos que coincidieron como relevantes en ambas bandas de frecuencia (beta y gamma) para la mayoría de los sujetos.

Teniendo en cuenta esto, se identificó en primera instancia que los electrodos relevantes en la banda de frecuencia beta son AF4, F1, F2, F6, FCZ, FC1, FC2, FC4 y los electrodos relevantes en la banda de frecuencia gamma son AF3, F5, F6, FC2, FC3, FC4, FT7 (véase Fig. 15).

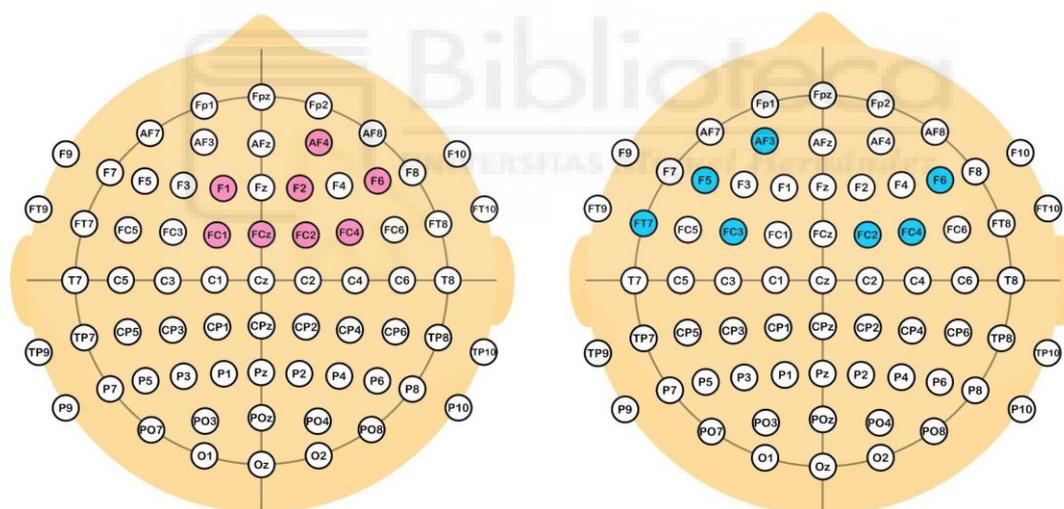


Fig 15. Diagrama de electrodos relevantes. Del lado izquierdo, en color rosa se muestran los electrodos de la banda beta y del lado derecho, en color azul se encuentran los electrodos de la banda gamma.

Por tanto, se identificó que los electrodos que resultaron relevantes en la mayoría de los sujetos para ambas bandas y por tanto son nuestros electrodos significativos corresponde a FC2, FC4 y F6. En la Tabla 5 se puede observar estos resultados, donde la notación de “S” significa la presencia de significancia en esa banda de frecuencia, mientras que la notación “-” significa la ausencia.

Tabla 5. Electrodo relevantes en beta y gamma en todos los sujetos. Se marcan en gris los electrodos que se seleccionaron como significativos.

<i>Sujeto</i>	<i>Banda</i>	<i>AF3</i>	<i>AF4</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F5</i>	<i>F6</i>	<i>FCz</i>	<i>FC1</i>	<i>FC2</i>	<i>FC3</i>	<i>FC4</i>	<i>FT7</i>
<i>1</i>	<i>Beta</i>	-	-	S	S	-	S	S	S	S	-	S	-
	<i>Gamma</i>	S	-	-	-	S	S	-	-	S	S	S	S
<i>2</i>	<i>Beta</i>	-	S	S	S	-	S	S	S	S	-	S	-
	<i>Gamma</i>	S	-	-	-	S	S	-	-	S	S	S	S
<i>3</i>	<i>Beta</i>	-	S	S	S	-	-	S	S	S	-	S	-
	<i>Gamma</i>	S	-	-	-	S	S	-	-	S	S	S	S
<i>4</i>	<i>Beta</i>	-	S	-	-	-	-	-	S	S	-	S	-
	<i>Gamma</i>	-	-	-	-	-	S	-	-	S	S	-	S
<i>5</i>	<i>Beta</i>	-	S	S	S	-	S	S	S	S	-	S	-
	<i>Gamma</i>	-	-	-	-	-	S	-	-	-	-	S	S
<i>6</i>	<i>Beta</i>	-	S	-	-	-	S	-	-	-	-	S	-
	<i>Gamma</i>	S	-	-	-	S	-	-	-	S	S	S	S
<i>7</i>	<i>Beta</i>	-	-	S	S	-	S	-	-	S	-	-	-
	<i>Gamma</i>	-	-	S	S	-	S	S	S	S	S	-	-
<i>8</i>	<i>Beta</i>	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-
	<i>Gamma</i>	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-
<i>9</i>	<i>Beta</i>	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-
	<i>Gamma</i>	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-

Este hallazgo está alineado con las observaciones de Stein et al., quienes destacan que las personas con ciertos niveles de ansiedad pueden presentar un desequilibrio en la corteza prefrontal dorsolateral (dlPFC), caracterizado por una hipoactividad en el lado izquierdo y una hiperactividad en el lado derecho [22].





Capítulo 5. Conclusiones

Finalmente, como conclusión este proyecto reveló importantes conocimientos sobre las complejidades neuronales de la obesidad, identificando electrodos cruciales como FC2, FC4 y F6 que nos permiten tener un camino de las regiones cerebrales asociadas con la ansiedad y saciedad en las personas con obesidad y sobrepeso.

Como líneas de investigación futuras para este proyecto se busca dividirlo en dos partes: por un lado, evaluar los cambios en la dinámica de estos electrodos significativos después de una intervención dietética y de actividad física, con el fin de analizar el impacto de las elecciones alimentarias y el movimiento corporal en la actividad cerebral. Por otro lado, se planea utilizar este descubrimiento para realizar una estrategia de neuroestimulación y analizar sus efectos como una posible estrategia terapéutica para regular esta hiperactividad e hipoactividad encontrada en los patrones cerebrales.

Por tanto, este proyecto no solo amplía la comprensión de las dimensiones neurológicas de la obesidad, sino que también traza un curso para futuras investigaciones, integrando enfoques de neurociencia e intervenciones para una gestión efectiva de trastornos metabólicos.



Capítulo 6. Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, “Obesidad y Sobrepeso.” Disponible: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- [2] A. Biasiucci, B. Franceschiello, and M. M. Murray, “Electroencephalography,” *Current Biology*, vol. 29, no. 3, pp. R80–R85, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.cub.2018.11.052.
- [3] T. M. Vaughan, J. R. Wolpaw, and E. Donchin, “EEG-based communication: prospects and problems,” *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, vol. 4, no. 4, pp. 425–430, 1996, doi: 10.1109/86.547945.
- [4] M. Soufineyestani, D. Dowling, and A. Khan, “Electroencephalography (EEG) Technology Applications and Available Devices,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 21, p. 7453, Oct. 2020, doi: 10.3390/app10217453.
- [5] S. Sanei and J. A. Chambers, *EEG Signal Processing*. John Wiley & Sons, 2007.
- [6] V. Jurcak, D. Tsuzuki, and I. Dan, “10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems,” *NeuroImage*, vol. 34, no. 4, pp. 1600–1611, Feb. 2007, doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.09.024.
- [7] J. A. Morsch, “Sistema 10-20: entenda esse padrão no eletroencefalograma.” Disponible: <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/sistema-10-20-eeeg>
- [8] C. Shure and J. Mínguez, “What is EEG and what is it used for?” Disponible: <https://www.bitbrain.com/blog/what-is-an-eeeg>
- [9] “Brain Anatomy and How the Brain Works,” Johns Hopkins Medicine. Disponible: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/anatomy-of-the-brain>

- [10] B. Cuffari, “The Anatomy of the Human Brain.” Disponible: <https://www.news-medical.net/health/The-Anatomy-of-the-Human-Brain.aspx>
- [11] D. Aparicio, “Las principales partes del cerebro: Un viaje al centro del control cerebral.” Disponible: <https://www.psyciencia.com/las-principales-partes-del-cerebro-un-viaje-al-centro-del-control-cerebral/>
- [12] R. B. Firat, “Opening the ‘Black Box’: Functions of the Frontal Lobes and Their Implications for Sociology,” *Frontiers in Sociology*, vol. 4, Feb. 2019, doi: 10.3389/fsoc.2019.00003.
- [13] NIDS, “Brain Basics: Know Your Brain,” 2023. Disponible: <https://www.ninds.nih.gov/health-information/public-education/brain-basics/brain-basics-know-your-brain>
- [14] I. Abogado, “El Hipotálamo. Localización, Características, Funciones y Hormonas.” Disponible: <https://thebrain.blog/es/hipotalamo/>
- [15] A. Ahuja and N. Yusif Rodriguez, “Is the Dorsolateral Prefrontal Cortex Actually Several Different Brain Areas?,” *The Journal of Neuroscience*, vol. 42, no. 33, pp. 6310–6312, Aug. 2022, doi: 10.1523/JNEUROSCI.0848-22.2022.
- [16] A. Al-Thaqib, I. Kaleem, B. R. Saleem, A. H. Khattak, and B. Shahid, “An Evaluation of the Comparative Effectiveness of tDCS Treatments for Depression in Saudi Arabia,” *International Journal of Neuroscience and Behavioral Science*, vol. 6, no. 1, pp. 12–15, Jan. 2018, doi: 10.13189/ijnbs.2018.060102.
- [17] K. D. Gerlach, R. N. Spreng, K. P. Madore, and D. L. Schacter, “Future planning: default network activity couples with frontoparietal control network and reward-processing regions during process and outcome simulations,” *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 9, no. 12, pp. 1942–1951, Dec. 2014, doi: 10.1093/scan/nsu001.

- [18] Adictalia, “El circuito de recompensa.” Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.adictalia.es/noticias/el-circuito-de-recompensa/>
- [19] Carnell, S., Gibson, C., Benson, L., Ochner, C.N., Geliebter, A.: Neuroimaging and obesity: current knowledge and future directions. *Obesity Reviews* 13, 43–56 (1 2012). <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00927.x>
- [20] N. D. Volkow, G. -J. Wang, D. Tomasi, and R. D. Baler, “Obesity and addiction: neurobiological overlaps,” *Obesity Reviews*, vol. 14, no. 1, pp. 2–18, Jan. 2013, doi: 10.1111/j.1467-789X.2012.01031.x.
- [21] Ridder, D.D., Manning, P., Leong, S.L., Ross, S., Sutherland, W., Horwath, C., Vanneste, S.: The brain, obesity and addiction: an eeg neuroimaging study. *Scientific Reports* 6, 34122 (9 2016). <https://doi.org/10.1038/srep34122>
- [22] Stein, D.J., Medeiros, L.F., Caumo, W., Torres, I.L.: Transcranial direct current stimulation in patients with anxiety: Current perspectives. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* Volume 16, 161–169 (1 2020). <https://doi.org/10.2147/NDT.S195840>

Anexo I - Cuestionario EBS

(1) En desacuerdo, (2) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (3) De acuerdo, (4) Muy de acuerdo, (5) Bastante de acuerdo, (6) Totalmente de acuerdo

Pregunta 1. Me gusta mi vida

Pregunta 2. Estoy satisfecho con mi vida

Pregunta 3. Mi vida es feliz

Pregunta 4. Mi vida es maravillosa

Pregunta 5. Tengo una buena vida

Pregunta 6. Estos satisfecho/a con quien soy

Pregunta 7. Mi vida es como quiero que sea

Pregunta 8. Volvería a vivir mi vida

Pregunta 9. Tengo logros importantes en mi vida

Pregunta 10. Mi vida es interesante

(1) Nunca, (2) Casi nunca, (3) Algunas veces, (4) Muchas veces, (5) Casi siempre, (6) Siempre

Pregunta 1. Estoy “de buenas”

Pregunta 2. Soy una persona feliz

Pregunta 3. Mi vida me trae alegría

Pregunta 4. Me siento de buen humor

Pregunta 5. Disfruto de mi vida

Pregunta 6. Me siento contento/a

Pregunta 7. Me siento en paz conmigo mismo/a

Pregunta 8. Soy una persona entusiasta

Pregunta 9. Disfruto de las actividades cotidianas que realizo

Pregunta 10. Disfruto los detalles de la vida

Anexo II - Cuestionario IPAQ

1. Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos realizó actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios, aeróbicos o andar rápido en bicicleta?
 - a. Días por semana (indique el número)
 - b. Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?
 - a. Indique cuántas horas por día
 - b. Indique cuántos minutos por día
 - c. No sabe/no está seguro

3. Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos livianos o andar en bicicleta a velocidad regular? No incluya caminar.
 - a. Días por semana (indicar el número)
 - b. Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)

4. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?
 - a. Indique cuántas horas por día
 - b. Indique cuántos minutos por día
 - c. No sabe/no está seguro

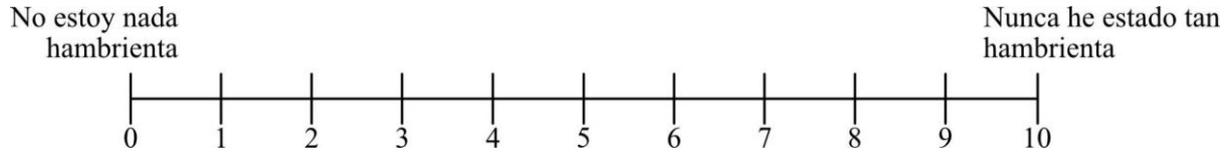
5. Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?
 - a. Días por semana (indique el número)
 - b. Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?
- Indique cuántas horas por día
 - Indique cuántos minutos por día
 - No sabe/ no está seguro
7. Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día hábil?
- Indique cuántas horas por día
 - Indique cuántos minutos por día
 - No sabe/no está seguro

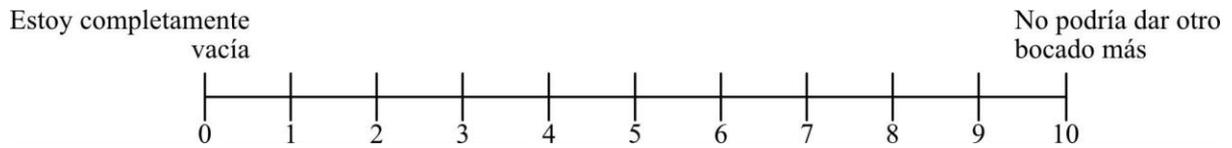


Anexo III - Cuestionario VAS

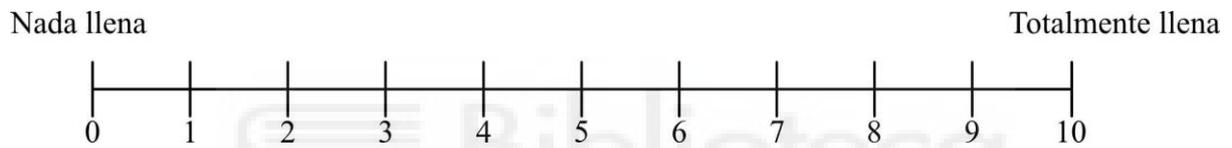
¿Cómo de hambriento/a te sientes?



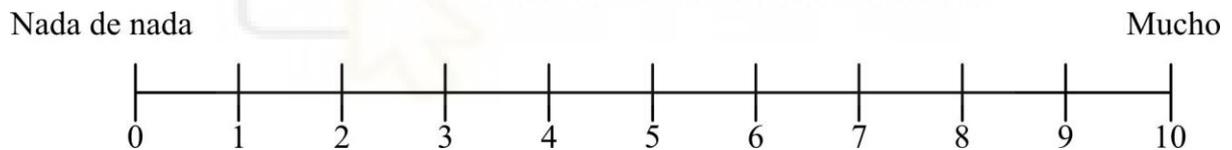
¿Cómo de satisfecho/a te sientes?



¿Cómo de lleno/a te sientes?



¿Cuánto más crees que podrías comer?



¿Te gustaría comer algo dulce?



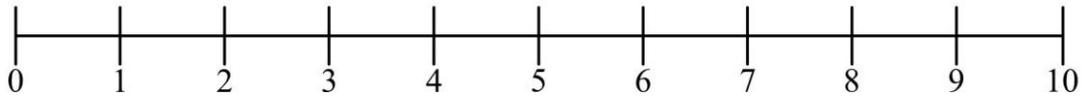
¿Te gustaría comer algo salado?



¿Te gustaría comer algo sabroso?

Sí, mucho

No, nada



¿Te gustaría comer algo graso?

Sí, mucho

No, nada

