



Trabajo para la obtención del Título de Graduado en  
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

# **EVOLUCIÓN DE DOS PERSONAS CON SOBREPESO SOMETIDAS AL MISMO PROGRAMA DE PÉRDIDA DE PESO**

**Autor:**

D. MIGUEL CAMARENA OLAYA

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la  
Actividad Física y del Deporte (INEF).

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2012-2013







Trabajo para la obtención del Título de Graduado en  
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

# **EVOLUCIÓN DE DOS PERSONAS CON SOBREPESO SOMETIDAS AL MISMO PROGRAMA DE PÉRDIDA DE PESO**

**Autor:**

D. MIGUEL CAMARENA OLAYA

**Dirigido por:**

Dra. Ana Belén Peinado Lozano  
(Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte)

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la  
Actividad Física y del Deporte (INEF).

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2012-2013



## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi agradecimiento a las siguientes personas:

En primer lugar, a mis padres y hermana, quienes siempre me han apoyado y animado en los proyectos que he llevado a cabo.

En segundo lugar, a mi tutora la Dra. Ana Belén Peinado Lozano y al Dr. Pedro J. Benito Peinado, quienes, por suerte, han sido partícipes de parte del aprendizaje adquirido en estos cuatro años, por su inestimable dedicación y transmisión de la capacidad de trabajo y por ofrecerme tanta ayuda y valiosos consejos.

Por último, quiero dar las gracias a todas las personas que trabajan en el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo del INEF por su ayuda y compañía en estos meses de arduo trabajo con los que he compartido profusión de horas.

Gracias a todos.



La vida, para mí, no es una vela que se apaga. Es más bien una espléndida antorcha que sostengo en mis manos durante un momento, y quiero que arda con la máxima claridad posible antes de entregarla a futuras generaciones.

George Bernard Shaw.





## Índice de contenido

Agradecimientos.....	IV
Índice de tablas.....	IX
Índice de abreviaturas .....	X
Índice de figuras .....	XII
Índice de ecuaciones .....	XII
Resumen .....	XIII
Abstract .....	XIV
1 Introducción.....	1
1.1 Qué es obesidad.....	3
1.2 Factores que afectan a la obesidad .....	3
1.3 Diagnóstico y clasificación .....	5
1.3.1 Según el IMC.....	6
1.3.2 Según la distribución corporal de la grasa .....	7
1.3.3 Clasificación etiológica .....	7
1.3.4 Según la morbilidad asociada .....	8
1.3.5 Según la etapa de la vida en la que aparece .....	8
1.3.6 Según el porcentaje de grasa corporal.....	8
1.4 Valoración de la obesidad.....	8
1.5 Alteraciones asociadas a la obesidad .....	9
1.6 Criterios de intervención terapéutica.....	10
1.6.1 IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m <sup>2</sup> .....	10
1.6.2 IMC entre 25 y 26,9 kg/m <sup>2</sup> .....	11
1.6.3 IMC entre 27 y 29,9 kg/m <sup>2</sup> .....	11
1.6.4 IMC entre 30 y 34,9 kg/m <sup>2</sup> .....	11

1.6.5	IMC entre 35 y 39,9 kg/m <sup>2</sup> .....	12
1.6.6	IMC entre 40 y 49,9 kg/m <sup>2</sup> o igual o superior a 50 kg/m <sup>2</sup> .....	12
1.7	Tratamientos aplicados en la obesidad y el sobrepeso .....	12
1.7.1	Tratamiento dietético.....	12
1.7.2	Plan de actividad física .....	14
1.7.3	Combinación de dieta y ejercicio .....	16
1.7.4	Cambios en el estilo de vida y tratamiento psicológico y/o psiquiátrico....	17
1.7.5	Tratamiento farmacológico .....	18
1.7.6	Productos alternativos no farmacológicos.....	18
1.7.7	Tratamiento quirúrgico .....	18
2	Objetivos.....	19
3	Material y métodos.....	21
3.1	Metodología de la intervención del estudio Programas de Nutrición y Actividad Física para el Tratamiento del Sobrepeso y la Obesidad (PRONAF).....	21
3.1.1	Reclutamiento de los participantes.....	22
3.1.2	Criterios de inclusión y exclusión .....	22
3.1.3	Distribución en los diferentes grupos .....	22
3.1.4	Duración de la intervención .....	23
3.1.5	Parámetros que se estudiaron y evaluaron en el proyecto .....	23
3.1.6	Tasa de abandono .....	25
3.1.7	Sesiones de entrenamiento.....	25
3.1.9	Dieta .....	28
3.2	Participantes del proyecto PRONAF seleccionados para el TFG.....	28
3.3	Pruebas de evaluación .....	29
4	Resultados.....	31
4.1	Evolución y comparación de ambos sujetos .....	31

4.1.1	Peso e IMC.....	32
4.1.2	Gasto energético diario.....	32
4.1.3	Composición corporal.....	32
4.1.4	Parámetros obtenidos en la prueba de esfuerzo.....	33
4.1.5	Índices de fuerza.....	34
4.1.6	Metabolismo basal y frecuencia cardíaca en reposo.....	36
4.1.7	Valores obtenidos en las analíticas sanguíneas.....	37
4.1.8	Evolución de los valores de presión arterial.....	38
4.1.9	Comparación de los perfiles genéticos de ambos sujetos.....	38
4.1.10	Adherencia al plan de entrenamiento y nutrición.....	40
5	Discusión.....	43
6	Conclusiones.....	47
7	Futuras líneas de trabajo.....	49
	Referencias.....	51

## Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de obesidad según diferentes criterios de clasificación .....	5
Tabla 2: Clasificación de la SEEDO del sobrepeso y la obesidad según el IMC .....	6
Tabla 3: Resultados obtenidos en algunos estudios que analizaron y compararon la pérdida de peso corporal lograda por diferentes tipos de ejercicio.....	15
Tabla 4: Resultados obtenidos en algunos estudios que compararon pérdida de peso corporal por dieta y por la combinación de dieta y ejercicio.....	17
Tabla 5: Características de ambas personas al comenzar el estudio .....	29
Tabla 6: Evolución del peso e IMC en ambas personas.....	31
Tabla 7: GET de ambas personas durante los meses en los que tuvo lugar la intervención.....	32
Tabla 8: Resultados de la evaluación de la composición corporal realizada mediante DEXA al inicio y al final de la intervención.....	32
Tabla 9: Datos obtenidos en ambos sujetos en las pruebas de esfuerzo realizadas al inicio y al final de la intervención .....	33
Tabla 10: Índices de fuerza obtenidos en ambos sujetos al inicio y al final de la intervención medidos por dinamometría .....	35
Tabla 11: Frecuencia cardíaca y gasto energético en reposo al iniciar y finalizar la intervención en ambas personas .....	36
Tabla 12: Valores obtenidos en analítica en ambas personas al iniciar y finalizar la intervención.....	37
Tabla 13: Valores de presión arterial medidos al inicio y al final de la intervención en ambas personas.....	38
Tabla 14: Comparación de los resultados obtenidos tras analizar cinco genes en ambas personas .....	39
Tabla 15: Datos obtenidos de los entrenamientos que realizaron ambas personas.....	41

## Índice de abreviaturas

15RM: 15 Repeticiones máximas.

DEXA: Absorciometría dual de rayos X.

DORICA: Dislipemia, obesidad y riesgo cardiovascular.

FC: Frecuencia cardíaca.

FCM: Frecuencia cardíaca máxima.

GET: Gasto energético diario

GOT: Transaminasa glutámico oxalacética.

GPT: Transaminasa glutámico pirúvica.

HDL: High density lipoproteins (Lipoproteínas de alta densidad).

HRR: Heart rate reserve (Reserva de frecuencia cardiaca).

HTA: Hipertensión arterial.

ICC: Índice cintura-cadera.

IMC: Índice de masa corporal, relaciona el peso corporal con la talla.

LDL: Low density lipoproteins (Lipoproteínas de baja densidad).

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PRONAF: Programas de Nutrición y Actividad Física para el tratamiento del Sobrepeso y la Obesidad.

REP: Rango de esfuerzo percibido.

SEEDO: Sociedad Española para el Estudio del Sobrepeso y la Obesidad.

TAD: Tensión arterial diastólica.

TAS: Tensión arterial sistólica.

TFG: Trabajo Fin de Grado.

Tg: Triglicéridos.

TSH: Hormona estimulante de la tiroides.

VLDL: Very low density lipoproteins (Lipoproteínas de muy baja densidad).

VO<sub>2</sub>: Consumo de oxígeno.

VO<sub>2máx</sub>: Consumo de oxígeno máximo.

## Índice de figuras

Figura 1: Distribución de la prevalencia de obesidad (índice de masa corporal superior a 30 kg/m <sup>2</sup> ) por región y por sexo. Estudio dislipemia, obesidad y riesgo cardiovascular (DORICA).....	2
Figura 2: Protocolo del circuito de entrenamiento mixto (ejercicio aeróbico más entrenamiento con cargas) .....	27

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Índice de masa corporal.....	6
Ecuación 2: Fórmula para calcular la adherencia a la dieta .....	41





## Resumen

**Introducción:** Tanto el sobrepeso como la obesidad son un serio problema de salud que se encuentra en un alto porcentaje de la población española. El Estudio “Programas de Nutrición y Actividad Física para el Tratamiento del Sobrepeso y la Obesidad” (PRONAF) ha intentado optimizar el abordaje a dicho problema de salud con excelentes resultados. Las personas estudiadas en el presente trabajo pertenecieron al estudio PRONAF.

**Objetivo:** Describir la evolución de los dos participantes en el proyecto PRONAF, analizando los motivos para la consecución o no del objetivo previsto.

**Material y métodos:** El estudio PRONAF se llevó a cabo con 119 personas con sobrepeso y 120 personas con obesidad, con edades comprendidas entre los 18 y los 50 años, de nacionalidad española y tuvo una duración de 24 semanas. Los sujetos fueron aleatoriamente distribuidos en cuatro grupos; el primero realizaba entrenamiento con cargas más dieta; el segundo, entrenamiento aeróbico más dieta; el tercero una combinación de entrenamiento con cargas y aeróbico más dieta; el cuarto grupo, al que se puede denominar “control”, recibió recomendaciones de actividad física a realizar semanalmente y pautas nutricionales. Las personas analizadas en el presente trabajo pertenecieron al grupo “entrenamiento con cargas y aeróbico más dieta”.

**Resultados:** Los resultados obtenidos revelan que, a pesar de haber perdido menos peso, Federico ha tenido más adherencia a la dieta que Juan y que, Juan, a pesar de tener mayor predisposición genética a ser obeso y perder con más dificultad peso, gracias a su alta adherencia al ejercicio, ha perdido más peso.

**Conclusiones:** Tras haber analizado en profundidad los parámetros que han podido influir en la consecución de mayor pérdida de peso en Juan, se puede justificar que, para ambas personas, la adherencia al ejercicio ha tenido mayor repercusión que la adherencia a la dieta y que, los 3 genes en los que muestran diferencias ambas personas no pueden explicar la mayor pérdida de peso que ha tenido lugar en Juan.

**Palabras Clave:** pérdida de peso, ejercicio físico, nutrición, tratamientos para la pérdida de peso, adherencia.



## Abstract

**Introduction:** Both overweight and obesity are a serious health problem that is found in a high percentage of the Spanish population. The Study "Nutrition and Physical Activity Programs for Overweight and Obesity Treatment" (PRONAF) has attempted to optimize the approach to this health problem with excellent results. The people studied in this work belonged to PRONAF study.

**Aim:** The main objective of this work was to describe the evolution of two participants in the PRONAF project, analyzing the reasons for the achievement of the established target.

**Methods:** The study was conducted in 119 overweight and 120 obese Spanish people aged 18 to 50. The nutrition and exercise program lasted 24 weeks. Subjects were randomly divided into four groups: the first performed strength training plus diet, the second resistance training plus diet, the third a combination of strength and endurance training plus diet and the fourth group, which may be called "control group", received physical activity recommendations and nutritional guidelines. The people analyzed in this work belonged to the group "strength and endurance training plus diet".

**Results:** The results show that Federico had more adherence to diet despite a lower weight loss. By contrast, John had lost more weight than Federico, despite a greater genetic predisposition to be obese.

**Conclusions:** We have analyzed in detail the parameters that could have influenced the achievement of a greater weight loss in John and we can conclude that exercise adherence had more impact than diet adherence in weight loss. Indeed, the genetic profile showed by our subjects could not explain the greater weight loss observed in John.

**Key Words:** weight loss, exercise, nutrition, weight loss treatments, adherence.



# 1 Introducción

Alarmantes son los datos que tenemos acerca de la obesidad y del sobrepeso. España se encuentra a la cabeza de Europa en esta patología; **una de cada cuatro personas padece sobrepeso u obesidad** (12,5 millones de personas). De hecho, dos de cada tres hombres tienen sobrepeso y uno de cada seis, obesidad (Zapico et al., 2012).

**La población infantil y juvenil que padece obesidad en España es del 13,9%, y del 12,4% para el sobrepeso**, lo que supone un 26,3% de la población española entre 2 y 24 años. Estos datos se han basado en la definición del sobrepeso como valores del índice de masa corporal (IMC) comprendidos entre los percentiles 85 y 97 (específicos por edad y sexo) de los valores de referencia en las tablas de Orbegozo, y la obesidad para valores del IMC iguales o superiores al percentil 97. La obesidad es superior en los varones (15,6%) en comparación a las mujeres (12,0%). Entre los chicos, las tasas de prevalencia más elevadas se observaron entre los 18 y los 24 años (Aranceta-Bartrina, Serra-Majem, Foz-Sala, Moreno-Esteban, & SEEDO, 2005).

**Para la población adulta**, grupo poblacional comprendido entre los 25 y 65 años, se estima una **prevalencia de obesidad del 15,5%**, siendo la prevalencia mayor en mujeres (del 17,5%) que en los varones (13,2%). En este mismo grupo, la **prevalencia de sobrepeso se estima en un 39,2%**, siendo más elevada en el colectivo masculino (46,4%), que en el femenino (32,9%) (Aranceta-Bartrina, et al., 2005).

**En ancianos** (población mayor a 65 años), la prevalencia de la obesidad experimenta un crecimiento significativo en relación con edades más jóvenes hasta el umbral de los 75 años. Dicha **prevalencia de obesidad se estima en un 35%** (siendo un 30,9% en varones y un 39,8% en mujeres) (Aranceta-Bartrina, et al., 2005).

**La obesidad en España no se encuentra distribuida con homogeneidad**, pues en las comunidades autónomas del noreste, surte del país y en Canarias es mayor. En la figura 1 podemos ver cómo es dicha distribución.

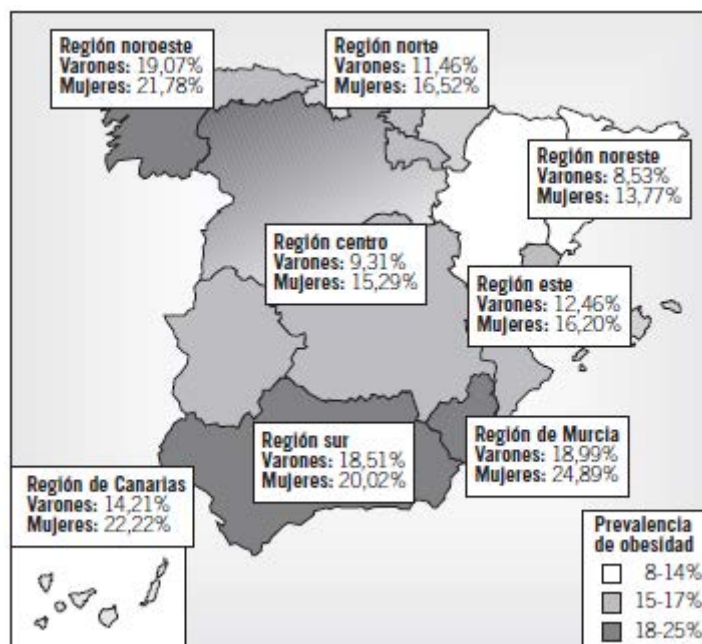


Figura 1: Distribución de la prevalencia de obesidad (índice de masa corporal superior a 30 kg/m<sup>2</sup>) por región y por sexo. Estudio dislipemia, obesidad y riesgo cardiovascular (DORICA) (Aranceta J. et al. 2004, citado en: Aranceta-Bartrina, et al., 2005).

Como hemos visto, la obesidad es la gran epidemia del siglo XXI y para mitigarla es necesario el trabajo coordinado de un buen equipo multidisciplinar dado que dicha patología lleva consigo enfermedades asociadas como son la diabetes, la hipertensión, la arterioesclerosis, etc., además de problemas psicológicos e incluso sociales. La clave del éxito en el tratamiento reside en el enfoque multifactorial del mismo y eso es lo que ha aplicado el proyecto Programas de Nutrición y Actividad Física para el Tratamiento del sobrepeso y la Obesidad (PRONAF) (gracias al trabajo conjunto de endocrinólogos, nutricionistas y dietistas, doctores y licenciados en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte), de ahí el éxito conseguido.

**PRONAF** fue un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de su convocatoria de proyectos I+D. Participaron las siguientes instituciones:

1. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
2. Hospital Universitario La Paz.
3. Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

4. Unidad de Metabolismo, Genética y Nutrición de la Fundación Marqués de Valdecilla (IFIMAV) de la Universidad de Cantabria.

Este proyecto tuvo como objetivo principal la comparación de cuatro programas de dieta y ejercicio para combatir el sobrepeso (en la Fase II, año 2009/2010) y la obesidad (en la Fase III, año 2010/2011) (PRONAF, 2009, 2010, 2011).

### **1.1 Qué es obesidad**

Se puede definir la obesidad como una **enfermedad metabólica crónica de origen multifactorial**, la cual conlleva una afectación física y psíquica de la persona, con patologías asociadas que limitan la esperanza de vida y deterioran la calidad de la misma pudiendo determinar la proyección social y laboral de la persona (Bellido, García-Almedida, López-Delatorre, & Rubio, 2012:15).

Este trastorno metabólico crónico, caracterizado por una excesiva acumulación en el organismo de energía en forma de grasa, conlleva un aumento de peso respecto al valor esperado por el sexo, edad y talla (Arrebola Vivas, Gómez Candela, & García Puig, 2012:18); no obstante, cabe la posibilidad que una persona que se encuentre en normopeso tenga obesidad (al tener un exceso de grasa corporal). También puede ocurrir que un individuo de constitución atlética con gran desarrollo muscular y óseo tenga un peso elevado pero un porcentaje de grasa saludable y también que haya aumento de peso sin exceso de grasa debido a retención de líquidos (causado por insuficiencia cardíaca congestiva, cirrosis hepática, insuficiencia renal...), por lo que el peso no sería el mejor indicador para determinar el sobrepeso u obesidad (Bellido, et al., 2012:15).

### **1.2 Factores que afectan a la obesidad**

Como hemos dicho, la obesidad es una **enfermedad multifactorial y compleja**, en la que se ven implicados factores sociales y culturales, genéticos, fisiológicos, metabólicos, psicológicos y de comportamiento (López Chicharro, 2008:280).

En cuanto a las **causas dietéticas** que han favorecido al aumento de la obesidad cabe destacar la mayor densidad energética de las actuales dietas y el aumento del tamaño medio de las raciones. En la actualidad, se consume un exceso de proteínas,



azúcares refinados y grasa saturada, se han dejado de consumir carbohidratos complejos presentes en frutas, verduras y fibras y se ha aumentado la ingesta de productos cárnicos, bollería y aperitivos salados (Nielsen et al., 2002; Prentice, 2003; Close y Schoeller, 2006 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:27). También se pueden ver hábitos dietéticos erróneos como no desayunar. Asimismo, se realizan intermitentemente dietas de adelgazamiento equivocadas que provocan el famoso efecto “yo-yo”.

Bien sabido es por todos que otra de las causas de esta patología es la **falta de actividad física**, cuya práctica se ha ido disminuyendo con el paso de los años, pues actualmente, el número de horas que se está viendo la televisión y empleando transporte motorizado para los desplazamientos es muy alto. Para cuantificar lo expuesto, destacaremos que, de los jóvenes, el 28,4% no practica ejercicio físico al menos tres veces por semana (Arrebola Vivas, et al., 2012:27).

**La depresión, la ansiedad y las situaciones de estrés** son las que llevan a una mayor ingesta de alimentos, que por lo general son de elevada densidad energética, como el chocolate o las bebidas alcohólicas. También se puede dar el comer compulsivamente (*binge eating*) (López Chicharro, 2008:282).

La obesidad también puede verse influenciada por la **falta de actividad física provocada por causas mecánicas**, enfermedades como la artritis o artrosis, dificultades respiratorias, incontinencia o apnea del sueño (López Chicharro, 2008:283).

También el bajo **nivel socio-económico** se relaciona con la obesidad, pues un bajo poder adquisitivo reduce las posibilidades de realizar actividades de ocio y de seguir una dieta más saludable dado que el precio de frutas y verduras es alto comparado con la comida basura. También el desconocimiento sobre temas de salud es una de las causas potenciales (Arrebola Vivas, et al., 2012:28).

Todo lo expuesto en este apartado data de recientes tesis y libros, no obstante, **ya a principios del siglo XX se hablaba de un exceso de ingesta calórica como**

**causante de la obesidad** (Newburgh & Johnston, 1930). En dicho artículo se culpa al “apetito perverso” de la obesidad.

### 1.3 Diagnóstico y clasificación

Es posible distinguir diversos tipos de obesidad según los criterios que se utilicen para clasificarla; pueden estar relacionados con la cantidad de grasa acumulada, la localización de la misma, sus causas, las características clínicas o las etapas de la vida en que se produce (Tabla 1) (Bellido, et al., 2012:15).

Criterio	Tipos de obesidad
<b>Índice de masa corporal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo I</li> <li>• Tipo II</li> <li>• Tipo III (mórbida)</li> <li>• Tipo IV (extrema)</li> </ul>
<b>Distribución corporal de la grasa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior o androide</li> <li>• Inferior o ginoide</li> </ul>
<b>Etiología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primaria o esencial</li> <li>• Secundaria</li> </ul>
<b>Morbilidad asociada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple</li> <li>• Complicada</li> </ul>
<b>Etapas de la vida en que aparece</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infantil</li> <li>• Juvenil</li> <li>• Del adulto</li> <li>• De edad avanzada</li> <li>• Gestacional</li> <li>• Perimenopáusica</li> </ul>

Tabla 1: Tipos de obesidad según diferentes criterios de clasificación

### 1.3.1 Según el IMC

El IMC relaciona el peso corporal (P) con la talla (T).

$$\text{IMC} = \text{Peso (kg)} / \text{Talla}^2 (\text{m}^2)$$

Ecuación 1: Índice de masa corporal

Este método aceptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las sociedades científicas es el **cociente entre el peso en kilogramos y el cuadrado de la talla en metros**. La estimación del porcentaje de masa grasa a partir de los datos antropométricos ha demostrado una aceptable correlación. **Debemos saber que el IMC presenta limitaciones, pudiendo sobreestimar el porcentaje de grasa en deportistas y subvalorarlo en ancianos por la disminución de masa magra** (Arrebola Vivas, et al., 2012:19).

En la tabla 2 se muestra la clasificación de la Sociedad Española para el Estudio del Sobrepeso y la Obesidad (SEEDO) del sobrepeso y la obesidad según éste método (Bellido, et al., 2012:16).

Grado de sobrepeso u obesidad	Valores límite del IMC (kg/m <sup>2</sup> )
Peso insuficiente	<18,5
Normopeso	18,5-24,9
Sobrepeso grado I	25-26,9
Sobrepeso grado II (preobesidad)	27-29,9
Obesidad de tipo I	30-34,9
Obesidad de tipo II	35-39,9
Obesidad de tipo III o mórbida	40-49,9
Obesidad de tipo IV o extrema	≥50

Tabla 2: Clasificación de la SEEDO del sobrepeso y la obesidad según el IMC

### 1.3.2 Según la distribución corporal de la grasa

Podemos distinguir dos tipos de obesidad (Bellido, et al., 2012:16):

1. De tipo superior, central, abdominal, visceral o **androide**: la grasa se acumula mayoritariamente en la mitad superior del cuerpo (en cara, cuello, tronco y región supraumbilical). Es denominada androide por ser la forma más común en varones.
2. De tipo inferior, periférico, glúteo-femoral o **ginoide**: la grasa se acumula preferentemente en la mitad inferior del cuerpo (regiones infraumbilicales, caderas, glúteos, muslos y en situación superficial cutánea). Es la forma más frecuente en mujeres.

La acumulación de grasa en la región abdominal (**androide**), se asocia a **mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus, dislipemia y mortalidad en general**; mientras que su distribución en la región glúteo-femoral (ginoide), se relaciona con enfermedades óseo-articulares de tipo mecánico e insuficiencia venosa de miembros inferiores (Pasquali et al., 2002 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:20).

La identificación del tipo de obesidad se realiza a través del índice cintura/cadera (ICC), que resulta del cociente entre el perímetro de cintura y el perímetro de cadera. La OMS propuso en 1988 que la obesidad se considere superior cuando dicho cociente se encuentre por encima de 1 en varones y de 0,85 en mujeres (Bellido, et al., 2012:17).

### 1.3.3 Clasificación etiológica

En ocasiones, alguno de los mecanismos responsables del aumento de peso tiene especial notoriedad. Esto nos permite distinguir dos tipos de obesidades (Bellido, et al., 2012: 17):

1. **Obesidad primaria o esencial**: Hay alteración de los mecanismos fisiológicos reguladores del ajuste del peso, sin que haya ningún factor determinante.
2. **Obesidad secundaria**: Causada por origen hormonal, genético, por medicamentos o por cambios en el estilo de vida (por ejemplo, dejar de fumar).

### 1.3.4 Según la morbilidad asociada

Este criterio distingue las obesidades en función de que se padezcan enfermedades asociadas (Bellido, et al., 2012:17):

1. **Obesidad simple:** La persona se encuentra bien y no se detectan alteraciones analíticas ni funcionales.
2. **Obesidad complicada:** Tiene asociadas alteraciones analíticas y clínicas que revelan una afectación orgánica metabólica y cardiovascular.

### 1.3.5 Según la etapa de la vida en la que aparece

Según la edad, podemos distinguir entre obesidad **infantil, juvenil**, obesidad y sobrepeso del **adulto**, obesidad de la **edad avanzada, gestacional** y obesidad de la **perimenopausia**.

### 1.3.6 Según el porcentaje de grasa corporal

Siempre se había empleado el IMC para valorar el grado de sobrepeso/obesidad, siendo erróneo el diagnóstico en muchos casos, pues el sobrepeso y la obesidad llevan consigo exceso de grasa corporal, y en personas con una gran masa muscular, según el IMC se encontrarían en sobrepeso u obesidad.

Ya en un artículo publicado en el año 2011 se clasifica a las personas en sobrepeso u obesidad en función de su **porcentaje de grasa corporal**, correspondiéndose el **sobrepeso** a un **20,1-24,9%** de grasa corporal y **30,1-34,9%** para **hombres y mujeres, respectivamente**. Para la **obesidad**, se dan valores de un porcentaje de grasa corporal **igual o superior al 25% en el caso de los hombres, y del 35% en el caso de las mujeres** (Gómez-Ambrosi et al., 2011).

## 1.4 Valoración de la obesidad

Para valorar la obesidad, hay que **comenzar con una anamnesis**, pues como en cualquier enfermedad, en la valoración es imprescindible la realización de la **historia clínica** para así determinar factores de predisposición, causas concomitantes y elementos desencadenantes.

Posteriormente, es importante realizar una **evaluación física y estudios complementarios** para evaluar el grado de sobrepeso/obesidad preferiblemente por el

porcentaje de masa grasa, pues, como hemos visto, el IMC tiene bastantes limitaciones.

Imprescindible es también **evaluar la adiposidad global y regional**, pues hemos de conocer la distribución de la grasa y, en particular, el perímetro de la cintura en relación con la talla. En personas mayores de 50 años también hay que valorar la densidad mineral ósea para descartar osteopenia u osteoporosis. Como método fiable se puede utilizar la absorciometría dual de rayos X (**DEXA**) (López Chicharro, 2008:292).

## 1.5 Alteraciones asociadas a la obesidad

El grupo poblacional que padece sobrepeso y obesidad presenta mayor riesgo de morbilidad y mortalidad y las alteraciones de salud asociadas son las siguientes:

- **Diabetes mellitus tipo 2.** La hiperglucemia mantenida en el tiempo es lo que hace que las células  $\beta$  del páncreas se agoten y aparezca dicha enfermedad. También juegan un papel importante la adiponectina y la leptina, pues ellas disminuyen la resistencia a la insulina (Dyck et al., 2006 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:30) y se ha comprobado que las personas obesas presentan niveles bajos de adiponectina en plasma (Ouchi et al., 1999 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:30).
- **Dislipemia.** La obesidad va acompañada de (Vázquez Martínez, De cos, Calvo, & Nomdedeu, 2011:57):
  - Aumento del colesterol total.
  - Aumento de la fracción de lipoproteínas de baja densidad (LDL).
  - Aumento de la fracción de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL).
  - Aumento de los triglicéridos (Tg). Esto viene provocado por un fallo en la inhibición postprandial de la secreción hepática de VLDL.
  - Disminución en torno al 5% de los valores de las lipoproteínas de alta densidad (HDL).
- **Hipertensión arterial (HTA).** El riesgo de padecer HTA aumenta un 40-60% en sujetos con sobrepeso y se triplica en obesidades severas. Como mecanismos que explican esa asociación cabe destacar que el mayor volumen corporal exige un mayor gasto cardíaco y volumen sistólico que puede originar un aumento de

la presión arterial sistólica (TAS). Además el sistema renina-angiotensina-aldosterona o la secreción de cortisol y sus derivados pueden contribuir a la HTA. Por último, la resistencia a la insulina favorece la retención de sodio y el aumento de las resistencias periféricas (Vázquez Martínez, et al., 2011:58-59).

- También cabe nombrar **otras alteraciones** como la enfermedad coronaria y cerebrovascular, la colelitiasis, la osteoartrosis, la insuficiencia cardíaca, el síndrome de apnea del sueño, algunos tipos de cáncer, alteraciones menstruales, la esterilidad y alteraciones psicológicas (Rubio et al., 2007:142-143).

## **1.6 Criterios de intervención terapéutica**

En cuanto al tratamiento de la obesidad, de cuándo y cómo hacerlo depende de profusión de variables, por lo que es una ardua tarea estandarizar un protocolo de actuación. La edad, el IMC, la distribución de la grasa corporal, el sedentarismo y la existencia de comorbilidades nos llevan a diferenciar las actitudes que debemos tener en cuenta ante los pacientes con obesidad (Rubio, et al., 2007:146).

A continuación se muestra la intervención a realizar en función del IMC propuesta por el Consenso SEEDO 2007 (Rubio, et al., 2007).

### **1.6.1 IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m<sup>2</sup>**

A las personas consideradas en “normopeso” es aconsejable hacerles **recomendaciones de hábitos saludables de dieta y ejercicio**. Hemos de prestar especial atención a este grupo en los siguientes casos (Rubio, et al., 2007:146-147):

- Hay una importante carga familiar de obesidad.
- El incremento ponderal ha sido superior a 5 kg en el último año.
- En la composición corporal se observa excesivo desarrollo del componente adiposo, especialmente abdominal.
- Hay presentes alteraciones en la presión arterial.

### **1.6.2 IMC entre 25 y 26,9 kg/m<sup>2</sup>**

En estas personas con ligero sobrepeso la visita al médico es obligada. En el caso que el peso sea estable, la distribución de la grasa sea glúteo-femoral y no haya factores de riesgo asociados, la intervención terapéutica desde el punto de vista médico carecerá de justificación. Si no se cumpliesen las condiciones previamente citadas, se aconseja la intervención incidiendo únicamente en **consejos relativos a la alimentación, al ejercicio físico y a la realización de controles clínicos con periodicidad.**

### **1.6.3 IMC entre 27 y 29,9 kg/m<sup>2</sup>**

Es un grupo en el que ya comienza a verse aumento de la comorbilidad y mortalidad asociada a la acumulación adiposa. En este grupo, es obligatoria la visita al médico. En el caso de que el peso sea estable, la distribución topográfica de la grasa sea glúteo-femoral y no haya factores de riesgo asociados, la intervención médica es opcional pero serán convenientes los consejos alimentarios y sobre ejercicio físico. En caso de que alguna de las condiciones no se cumpliesen, el paciente debe ser tratado con el objetivo de **perder entre un 5 y un 10% de su peso corporal en seis meses gracias a un programa combinado de nutrición y actividad física** y, si el objetivo propuesto no se cumpliera, la utilización de fármacos estaría justificada (Rubio, et al., 2007:147).

### **1.6.4 IMC entre 30 y 34,9 kg/m<sup>2</sup>**

Las personas cuyo IMC se encuentra en esta franja tienen alto riesgo de que aparezcan comorbilidades como la alteración del metabolismo hidrocarbonado, en especial la aparición de diabetes mellitus tipo 2, la dislipemia y la hipertensión arterial. El tratamiento, consistente en **dieta hipocalórica y realización de ejercicio físico**, será obligatorio y, como complemento, se deben tratar las comorbilidades asociadas. En estos casos, la utilización de fármacos antiobesidad puede ser beneficiosa. El objetivo principal será **reducir el peso al menos un 10%** para que así disminuya el riesgo cardiovascular (Rubio, et al., 2007:147-148).



### **1.6.5 IMC entre 35 y 39,9 kg/m<sup>2</sup>**

En el grupo poblacional encuadrado en esta franja es de gran importancia que, con una intervención terapéutica parecida a la expuesta en el apartado anterior, se logre una pérdida superior al 10% del peso corporal en seis meses. Si se diese la situación en la que no se cumple el objetivo, el paciente debe ser remitido a una unidad hospitalaria de obesidad especializada para estudiar otras vías de actuación como la **cirugía bariátrica o la imposición de dietas de muy bajo contenido calórico** (Rubio, et al., 2007:148).

### **1.6.6 IMC entre 40 y 49,9 kg/m<sup>2</sup> o igual o superior a 50 kg/m<sup>2</sup>**

En los casos de obesidad grado III y IV hay alto riesgo de enfermedad cardiovascular. **La cirugía bariátrica** es con frecuencia el camino elegido por estos pacientes (Rubio, et al., 2007:148).

## **1.7 Tratamientos aplicados en la obesidad y el sobrepeso**

### **1.7.1 Tratamiento dietético**

Es importante saber que al prescribir un tratamiento dietético no basta con adaptarlo a las comorbilidades detectadas al realizar la historia clínica, pues deben conocerse las particularidades de cada sujeto, es decir, el lugar donde come, sus preferencias culinarias, el poder adquisitivo y el entorno cultural. Por lo expuesto, **es necesaria la individualización** (Díaz et al., 2000 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012: 33).

La pérdida de peso mediante la dieta es uno de los enfoques más populares para perder peso corporal. En función de la cuantía o importancia de la reducción en la ingesta calórica, se propone la siguiente clasificación (López Chicharro, 2008:286-290):

- A) **Ayuno e inanición**: se emplean para denominar las situaciones en las que **se deja de ingerir alimentos**. La inanición se diferencia del ayuno en que en éste se ingieren vitaminas y minerales, algo que no ocurre en la inanición. Se restringe la ingesta de alimentos durante un período de tiempo que puede llegar a las 3 semanas.

B) **Restricción calórica:** la restricción puede ser desde 200 Kcal/día hasta una restricción importante, incluso inferior al gasto metabólico basal. Dentro de la restricción calórica se puede diferenciar:

- a. **Semi-ayuno o semi-inanición:** estas dietas buscan disminuir el aporte energético. Proporcionan entre 400 y 800 Kcal diarias a través de alimentos altos en proteínas de alta calidad. No se deben seguir durante más de tres meses. Estas dietas deben complementarse con medicación diaria. Tanto el ayuno como el semi-ayuno están totalmente desaconsejados.
- b. **Dietas hipocalóricas:** buscan disminuir el aporte energético manteniendo los niveles de actividad. Proporcionan entre 800 y 1200 Kcal diarias en mujeres y entre 1200 y 1800 Kcal diarias en hombres. Como consejos para conseguir estas disminuciones se puede destacar la disminución de la ingesta de grasas y la inclusión de comidas con fibras (López Chicharro, 2008:288). Otro tipo de dieta hipocalórica es la que busca una restricción calórica de un porcentaje del gasto energético diario (GET), por ejemplo, como se hizo en PRONAF, del 25 al 30% del GET de los participantes en el estudio.
- c. **Dietas milagrosas:** las cuales prometen perder peso con celeridad y sin sacrificios. Algunos ejemplos son la dieta de la alcachofa, de la luna, de la sopa, Atkins, Dukan...

Es recomendable hacer cuatro o cinco comidas diarias, aportando el desayuno un 25% de la ingesta total, la media mañana y la merienda un 10% cada una, la comida el 35% y la cena el 20% (Navia y Perea, 2006 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:33).

Además, como **consejos dietéticos** que ayudan al tratamiento nombraremos los siguientes (Arrebola Vivas, et al., 2012:39-40):

- Intentar comer 4-5 veces al día y conseguir regularidad en el horario.
- Usar platos pequeños.
- Comer sentados y a ser posible en compañía.

- Comer despacio masticando bien los alimentos.
- Potenciar los desayunos y aligerar las cenas.
- Controlar los factores que afectan a la pérdida de nutrientes, como el pelado, remojo, temperatura y tiempo.
- Escoger técnicas culinarias que no precisen grasas como asados, cocidos, vapor, papillote y evitar fritos, rebozados y empanados.
- Usar hierbas y especias aromáticas para hacer más apetecibles las comidas y no abusar de la sal.
- Asegurarse de que no falten alimentos básicos en la despensa.

### **1.7.2 Plan de actividad física**

El ejercicio físico es otra de las alternativas a la hora de perder peso. El aumento de dicho ejercicio hace que se produzca un desequilibrio si se mantiene el aporte calórico; además, presenta ventajas tales como la mejora del tono muscular, de la condición cardiovascular, de la fuerza y de la flexibilidad, aumenta el metabolismo basal y mejora el sistema inmune (López Chicharro, 2008:290).

En la tabla 3 mostrada a continuación podemos ver cómo ha influido el ejercicio en diversos estudios en los que se comparó un grupo control con otros grupos que realizaron ejercicio (encontrándose diferencias importantes en función del tipo de ejercicio realizado).

Autor	n	Grupo	%Graso antes	%Graso después	%Cambio
Kirk , 2009 (Kirk et al., 2009)	17	Control	33,2±2,2	35,3±1,8	6,3%
	22	Musculación	32,7±1,8	33,0±1,7	0,9%
Sillanpaa, 2009 (Sillanpaa et al., 2009)	12	Control	32,6±6,8	32,0±5,3	-1,84%
	15	Aeróbico	35,5±4,8	33,4±2,6	-5,92%
	17	Musculación	32,0±7,1	31,1±5,3	-2,81%
	18	Aeróbico+Musculación	32,6±6,8	30,7±5,1	-5,83%
Camargo, 2008 (Camargo et al., 2008)	7	Control	22,0±3	22,7±3	3,2%
	6	Aeróbico	17,3±6	15,4±5	-11%
	7	Musculación	18,4±5	17,1±4	-7%
Davidson, 2009 (Davidson et al., 2009)  (Los datos mostrados están en kg)	28	Control	36,05±6,8	35,53±6,42	-1,44%
	37	Aeróbico	33,95±8,2	30,92±7,81	-8,92%
	36	Musculación	33,95±5,6	32,39±5,24	-4,59%
	35	Aeróbico+Musculación	34,90±6,8	31,52±6,46	-9,68%

Tabla 3: Resultados obtenidos en algunos estudios que analizaron y compararon la pérdida de peso corporal lograda por diferentes tipos de ejercicio

### 1.7.2.1 *Cuánto ejercicio es necesario para perder grasa corporal*

Las **sesiones de trabajo deben acumular un mínimo de 300-350 Kcal** para que se produzcan pérdida de grasa corporal (López Chicharro, 2008:290). Como forma sencilla para cuantificar estos gastos energéticos se puede considerar que, al **correr**, una persona gasta **1Kcal/kg/km** recorrido, que al **caminar** el gasto calórico es de **0,7 Kcal/kg/km** y al ir en **bicicleta** de **0,35 Kcal/kg/km** (Franklin, 2008, citado en: Benito, 2008:173).

### 1.7.2.2 *El efecto metabólico post-ejercicio*

El ejercicio físico provoca un aumento **del consumo de oxígeno después de cesar la actividad**, durante períodos comprendidos entre minutos hasta 24 horas según la intensidad de la actividad física y el grado de entrenamiento. Esta respuesta

post-ejercicio parece tener efecto en las tasas de oxidación de los sustratos metabólicos y puede favorecer balances energéticos negativos (López-Fontana, Martínez-González, & Martínez, 2003). También, el aumento de masa muscular, además de reducir el riesgo de padecer osteopenia u osteoporosis y tener protagonismo en la **termorregulación corporal**, eleva el **metabolismo basal** que, en la mayoría de las personas, supone un 60-70% de gasto energético diario (Marks & Rippe, 1996).

### **1.7.3 Combinación de dieta y ejercicio**

No cabe duda que la mejor manera de perder peso es realizando una combinación de dieta y ejercicio, pues el aumento de gasto calórico provocado por el ejercicio unido a una restricción de la ingesta y una educación alimentaria y de estilo de vida es la alternativa más adecuada para tratar esta epidemia del siglo XXI.

Un meta-análisis que muestra los resultados de 9 estudios publicado en 2005 deja claro que, a la hora de realizar una intervención, es mejor la combinación de dieta y ejercicio que únicamente la realización de dieta (Curioni & Lourenco, 2005).

Para que se vea cuantificada la pérdida de peso corporal tras realizar solo dieta y tras realizar dieta y ejercicio, se muestran a continuación, en la tabla 4, algunos estudios de intervención con los grupos seleccionados y los cambios operados antes y después de la intervención.

Autor	n	Grupo	% Graso antes	% Graso después	%Cambio
Del corral, 2009 (Del Corral, Chandler-Laney, Casazza, Gower, & Hunter, 2009)	34	Sólo dieta (control)	42,7±3,4	33,4±4,5	-21,8%
	46	Dieta + Aeróbico	44,1±3,8	33,9±4,5	-23,1%
	61	Dieta + Musculación	43,0±3,6	32,4±4,6	-24,7%
Hunter, 2008 (Hunter et al., 2008)	27	Sólo dieta (control)	39,5±4,5	30±5,9	-24,1%
	30	Dieta + Aeróbico	40,7±4,2	30,1±5,7	-26,0%
	37	Dieta + Musculación	39,3±4,8	28±5,6	-28,8%
Brochu, 2009 (Brochu et al., 2009)	71	Sólo dieta (control)	45±4,3	42,5±1,6	-5,56%
	36	Dieta + Musculación	46,3±4,4	41,9±3,5	-9,50%

Tabla 4: Resultados obtenidos en algunos estudios que compararon pérdida de peso corporal por dieta y por la combinación de dieta y ejercicio

#### 1.7.4 Cambios en el estilo de vida y tratamiento psicológico y/o psiquiátrico

El principal objetivo del apoyo psicológico ha de ser proporcionar al paciente **técnicas y habilidades para modificar su estilo de vida y mantener esos cambios en el tiempo** (Poston y Freyt, 2000; Foster en al., 2005 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:42).

Los **programas conductuales en grupo** son una buena opción para el tratamiento psicológico de esta patología, pues refuerzan el control de estímulos y el autocontrol (Poston y Freyt, 2000; Foster en al., 2005 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:42).

### **1.7.5 Tratamiento farmacológico**

El empleo de medicamentos en el tratamiento de la obesidad está reservado para pacientes con IMC  $\geq 27$  kg/m<sup>2</sup> que presenten alguna comorbilidad grave asociada (Klein, 2003 citado en: Arrebola Vivas, et al., 2012:41), y no hayan alcanzado el objetivo de pérdida de peso tras modificar los hábitos de estilo de vida.

En estos últimos años y en la actualidad, los laboratorios farmacéuticos han estado lanzando al mercado fármacos para tratar la obesidad. Puesto que cada día que pasa se van conociendo más factores causantes de la obesidad, se van investigando nuevos principios activos (López Chicharro, 2008:292).

### **1.7.6 Productos alternativos no farmacológicos**

Podemos encontrar diversas revisiones sistemáticas sobre suplementos de plantas para adelgazar, como chitosan, picolinato de cromo, Ephedra sínica, Garcinia cambogia, etc., en las que podemos ver la evaluación de dichos productos. Se ha podido demostrar que ninguna de estas sustancias muestra eficacia y/o seguridad de empleo en el control del exceso de peso a medio o largo plazo, por lo que, tras considerar riesgos y beneficios de los mismos, no son recomendados para el tratamiento de la obesidad (Rubio, et al., 2007).

### **1.7.7 Tratamiento quirúrgico**

El tratamiento quirúrgico es empleado en obesidades mórbidas. Como técnicas utilizadas nombraremos la **cirugía bariátrica**, el **balón intragástrico** y el **by-pass gástrico**. Dichas técnicas contribuyen a la reducción del apetito, pues producen alteraciones en las hormonas del tracto digestivo (López Chicharro, 2008:292).

## **2 Objetivos**

1. Analizar la intervención de dieta más ejercicio realizada en dos personas con sobrepeso a lo largo de 6 meses.
2. Comprobar si tras la realización del programa de pérdida de peso se consiguen los objetivos planteados inicialmente en las dos personas estudiadas.
3. Estudiar en profundidad los motivos que diferencian a los dos casos analizados, profundizando en las causas que han podido influir en la consecución o no del objetivo de pérdida de peso previsto.





### 3 Material y métodos

#### 3.1 Metodología de la intervención del estudio Programas de Nutrición y Actividad Física para el Tratamiento del Sobrepeso y la Obesidad (PRONAF)

Las dos personas que serán analizadas en este TFG participaron en la fase II del proyecto PRONAF, que fue financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de su convocatoria de proyectos I+D y cuyo investigador principal fue el Dr. Pedro J. Benito Peinado. En este primer punto del material y métodos se explicará la **metodología del proyecto PRONAF**, así como se comentarán algunos de los resultados más relevantes.

La intervención realizada en el estudio PRONAF se llevó a cabo con **119 personas con sobrepeso y 120 personas con obesidad con edades comprendidas entre los 18 y los 50 años y de nacionalidad española** (Zapico, et al., 2012).

Los objetivos del proyecto de PRONAF fueron los siguientes:

- Descubrir cuáles son los protocolos de entrenamiento más eficaces para la pérdida de peso.
- Determinar qué tipo de ejercicio combinado con nutrición es más adecuado para la intervención en obesidad.
- Describir las modificaciones relacionadas con la mejora de la salud. Entre ellas son especialmente interesantes las modificaciones que se den en el perfil lipídico de los sujetos estudiados, en un periodo longitudinal.
- Determinar el grado de importancia de la composición corporal (masa grasa y masa muscular principalmente) en el gasto energético total diario.
- Establecer pautas de intervención nutricional y de ejercicio que puedan aplicarse en salas de entrenamiento públicas (polideportivos municipales, centros deportivos, etc.) y privadas (gimnasios, centros de *fitness*, etc.).
- Transferir los conocimientos generados al ámbito industrial del sector de la actividad física y deportiva.
- Desarrollar herramientas informáticas que permitan evaluar y pautar ejercicio físico, además de realizar evaluaciones del gasto energético rápidas y precisas.

### **3.1.1 Reclutamiento de los participantes**

Todos los participantes fueron reclutados por medio de **anuncios publicados en diversos medios de comunicación**.

Tras interesarse en el proyecto, todos los sujetos fueron informados cuidadosamente acerca de los posibles riesgos y beneficios del proyecto, teniendo que firmar un documento de consentimiento informado aprobado institucionalmente.

### **3.1.2 Criterios de inclusión y exclusión**

En cuanto a los criterios de inclusión cabe destacar la obligatoriedad de vivir en la comunidad de Madrid, tener sobrepeso (IMC=25-29,9 kg/m<sup>2</sup> en la fase II) (PRONAF, 2010) u obesidad (IMC=30-34,9 kg/m<sup>2</sup> en la Fase III) (PRONAF, 2011), tener entre 18 y 50 años, llevar un estilo de vida sedentario (menos de 30 minutos de actividad física diaria), tener normoglucemia y no fumar. En el caso de las mujeres, además de lo anteriormente expuesto, tener ciclos menstruales normales (no siendo posible participar habiendo pasado la menopausia).

En los criterios de exclusión encontramos la tenencia de discapacidad física (limitaciones ortopédicas, apoplejía...) y/o psicológica (anorexia, bulimia...), de enfermedades que pudieran haber impedido el desempeño en los entrenamientos, la ingesta de algunos medicamentos como beta bloqueadores, ingesta de alcohol, pertenecer a una religión con restricciones alimentarias, ser vegetariano, tener diagnosticado Síndrome Metabólico, un peso corporal inestable (ganancia o pérdida de 5 kilos en los últimos 3 meses), haber sufrido accidente cardiovascular, presentar patologías como diabetes, problemas renales o hepáticos, complicaciones asmáticas, anemia, etc., y haber realizado entrenamiento de resistencia más de una vez por semana a intensidad moderada/alta durante el año previo al inicio del estudio.

Tras la intervención fueron excluidos de los análisis los pacientes que no cumplieron con el 80% de asistencia a las sesiones de entrenamiento y que tuvieron menos del 70% de adherencia a la dieta.

### **3.1.3 Distribución en los diferentes grupos**

Los sujetos fueron aleatoriamente distribuidos en cuatro grupos; el primero realizaba entrenamiento de fuerza únicamente más dieta; el segundo, entrenamiento

de resistencia más dieta; el tercero, una combinación de entrenamiento de fuerza y resistencia más dieta; el cuarto grupo, al que se puede denominar “control”, recibió recomendaciones de actividad física a realizar semanalmente y pautas nutricionales.

#### **3.1.4 Duración de la intervención**

La intervención tuvo una duración de 22 semanas en las cuales se entrenaba 3 días a la semana. Además de estas 22 semanas de intervención nutricional y de ejercicio, se utilizaron 2 semanas para las evaluaciones pre y post-intervención.

#### **3.1.5 Parámetros que se estudiaron y evaluaron en el proyecto**

A lo largo de la intervención se estudiaron diversos parámetros tales como marcadores bioquímicos, inflamatorios, composición corporal, condición física, hábitos nutricionales, perfil genético y calidad de vida.

En cuanto al peso corporal, se midió cada 15 días.

La intensidad del entrenamiento y la actividad física fue controlada mensualmente. Para la evaluación subjetiva de cada sesión se utilizaba la escala de esfuerzo percibido o rango de esfuerzo percibido (REP). Se cuantificó la actividad física diaria gracias a un diario que llevaban todos los participantes en el que escribían el tiempo dedicado diariamente a cada tipo de actividad. Dicha actividad física diaria fue evaluada con un SenseWear Pro3 Armband. Para aplicar la restricción calórica del 25-30% de Kcal. al gasto total diario, se tuvo en cuenta un registro de alimentos de 3 días y GET, que fue medido por acelerometría. La fuerza muscular dinámica máxima fue medida con el método de ensayo 15RM, es decir, se cuantificó la carga con la que se podían realizar 15 repeticiones, pero no 16. Dicha medida se realizó en dos ocasiones en días diferentes y se utilizó para calcular las cargas de entrenamiento.

La ingesta de alimentos se evaluó cada 3 meses a través de las entrevistas que las dietistas-nutricionistas realizaron a los participantes en el estudio y la conducta alimentaria se vio gracias a un recuento de alimentos y bebidas de 3 días, siendo posteriormente calculada la energía y el contenido nutricional con el software DIAL. Tras tener los resultados, se compararon con las ingestas dietéticas recomendadas

para él. Puesto que se midió el GET por acelerometría, se pudo aplicar una restricción calórica del 25 al 30%.

La condición física aeróbica fue evaluada antes y después de la intervención, con una prueba de esfuerzo en tapiz rodante hasta el agotamiento, utilizando el protocolo Bruce modificado. Se analizó el volumen y la composición del gas espirado con analizador de gases y se determinó el consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2\text{máx}}$ ) la frecuencia cardíaca máxima (FCM). Para dicha prueba se pidió a los participantes que se abstuviesen de realizar cualquier ejercicio durante al menos 24 horas antes de la prueba.

El ritmo metabólico basal fue medido en ayunas, por la mañana y por calorimetría indirecta, tanto de pie (durante 11 minutos) como tendido supino (durante 20 minutos). La frecuencia cardíaca en reposo se midió utilizando un monitor de FC. Esta evaluación se hizo antes y después de la intervención.

La adherencia a la dieta se calculó como las Kcal estimadas de la dieta divididas por el consumo real de Kcal, en porcentaje y la adherencia al ejercicio fue calculada dividiendo el número de sesiones efectuadas entre el número de sesiones que tendría que haber realizado el sujeto, multiplicado por 100.

La calidad de vida se evaluó con dos cuestionarios diferentes: el EQ-5D y el SF-36, los cuáles son cuestionarios genéricos para evaluar la calidad de vida.

La composición corporal fue medida con antropometría, bioimpedancia y DEXA. Se tuvo en cuenta el IMC y la circunferencia de cintura. El porcentaje de grasa corporal se obtuvo gracias a la bioimpedancia y al DEXA. Además se realizaron resonancias magnéticas nucleares para estudiar la proporción y ubicación del tejido adiposo.

Los biomarcadores se midieron con muestras de sangre obtenidas en el Hospital La Paz tras un ayuno de 12 horas. Se vieron los valores de la hematología, el calcio sérico, fósforo, proteínas totales, albúmina, creatinina, ácido úrico, fosfatasa alcalina, creatin kinasa, LDL, colesterol total, glucosa GOT, GPT, Apo A y Apo B. En cuanto a biomarcadores inflamatorios se estudiaron la C reactiva en plasma, la

leptina, IL-6 y TNF. La 25 hidroxivitamina D también fue medida, al igual que la hormona estimulante de la tiroides (TSH).

De gran importancia y relevancia fue el estudio del perfil genético de los participantes. Se estudiaron diferentes polimorfismos que afectan a las rutas metabólicas relacionadas con la adiposidad (receptores beta-adregénicos, leptina...), y también se estudiaron genes involucrados en el metabolismo energético y la producción de energía durante la actividad física (metabolismo de ácidos grasos y lactato). La enzima convertidora de la angiotensina fue también medida.

### **3.1.6 Tasa de abandono**

La tasa de abandono fue del 24,7% (180 pacientes terminaron el estudio) siendo la división de motivos la que sigue:

- 45,8% (27 pacientes) por pérdida de interés.
- 28,8% (17 pacientes) por motivos personales.
- 10,2% (6 pacientes) por cambio de trabajo.
- 10,2% (6 pacientes) por baja adhesión a la dieta.
- 5,1% (1 pacientes) por baja adhesión al ejercicio.

### **3.1.7 Sesiones de entrenamiento**

Todas las sesiones fueron supervisadas por entrenadores personales.

Los programas de entrenamiento fueron diseñados teniendo en cuenta la fuerza muscular (medida con 15RM) de cada sujeto y la frecuencia cardíaca de reserva medida en la prueba de esfuerzo.

Antes de cada sesión se realizaban 5 minutos de ejercicio aeróbico como calentamiento y tras cada sesión había una vuelta a la calma de 5 minutos de duración.

El ritmo de ejecución de los ejercicios estaba también controlado puesto que todos los participantes tenían una pista de audio MP3 que lo marcaba. La cadencia para los ejercicios de fuerza se fijó en 1:2 (fases concéntrica y excéntrica).

La frecuencia cardíaca fue medida con pulsómetros.

La sesión de entrenamiento para el grupo de fuerza consistió en la ejecución de un circuito de entrenamiento con cargas formado por 8 ejercicios. Dichos ejercicios fueron los siguientes:

- 1- Press de hombro.
- 2- Sentadilla.
- 3- Remo a la cintura.
- 4- Zancada lateral.
- 5- Press de banca.
- 6- Zancada frontal.
- 7- Curl de bíceps.
- 8- Press francés.

El grupo de ejercicios de resistencia realizaba carrera en tapiz rodante, bicicleta o elíptica.

El grupo de entrenamiento combinado (al que pertenecieron los sujetos analizados) realizaba los ejercicios de resistencia intercalados con sentadilla, remo en máquina, press de banca y zancada frontal. En la siguiente figura se muestra el protocolo para este grupo de entrenamiento mixto (cargas + ejercicio aeróbico) (Figura 2):

Nombre: \_\_\_\_\_ Apellidos: \_\_\_\_\_ Nivel: \_\_\_\_\_

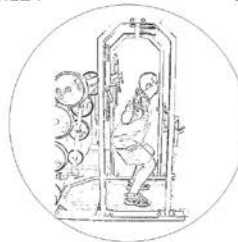
Fecha Comienzo \_\_\_\_\_ Objetivos \_\_\_\_\_

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6

**CIRCUITO CMA**



SENTADILLA



1

CINTA



2

REMO GIRONDA



3

**DESCANSO:  
DE 3 A 5 MINUTOS  
ENTRE CIRCUITOS**

**3 VUELTAS AL CIRCUITO.  
15 REPETICIONES CADA EJERCICIO  
VELOCIDAD: 1" CONCENTRICO  
2" EXCENTRICO  
INTENSIDAD 70%**

8

CINTA



ZANCADAS

7



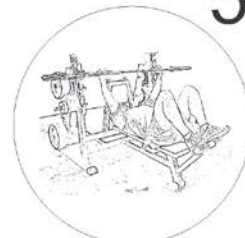
CINTA

6



PRESS DE BANCA

5



CINTA

4



**OBSERVACIONES:**

RECUERDA: HIDRATARTE BIEN DURANTE EL ENTRENAMIENTO  
ESTIRAR DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO. PARA RELAJAR EL CUERPO.

Figura 2: Protocolo del circuito de entrenamiento mixto (ejercicio aeróbico más entrenamiento con cargas)



Tanto el volumen como la intensidad de los tres programas fueron aumentando con el paso del tiempo. Durante las primeras cuatro semanas tuvo lugar el período de adaptación en el cual los sujetos aprendieron la correcta técnica de los ejercicios. Ya entre las semanas 5 y 8, los ejercicios se realizaban a una intensidad del 50% de 15RM y frecuencia cardíaca de reserva (HRR), y se realizaban dos vueltas al circuito (51 minutos). Entre las semanas 9 y 14, la intensidad se incrementó a un 60% de 15RM y HRR y, finalmente, entre las semanas 15 y 24, el volumen aumentó de 2 a 3 vueltas al circuito (64 minutos). El tiempo de recuperación entre circuitos era de 5 minutos. Se realizaban 15 repeticiones de cada ejercicio (45 segundos) con un período de descanso de 15 segundos entre una estación y otra.

### **3.1.9 Dieta**

La dieta que siguieron los sujetos era hipocalórica (25-30% de restricción calórica aplicado al gasto total diario de energía estimado por acelerometría) e hiperproteica puesto que la distribución de macronutrientes fue la siguiente:

- 29-34% de grasas.
- 14-20% de proteínas.
- 50-55% de carbohidratos.

Fueron dietistas y nutricionistas expertos del Hospital Universitario La Paz los que prescribieron las dietas a los pacientes haciendo entrevistas a cada participante al inicio del estudio, a los 3 meses y a los 6 meses de la intervención.

## **3.2 Participantes del proyecto PRONAF seleccionados para el TFG**

Los sujetos seleccionados para el presente trabajo han sido dos y, para mantener la confidencialidad de ambas personas, al sujeto 1, el cual comenzó pesando 72 kg, le llamaremos Juan y, al sujeto 2, que comenzó pesando 81 kg, le llamaremos Federico. Ambas personas se encontraban en sobrepeso según la clasificación propuesta por la SEEDO. Al comenzar la intervención, ambos tenían las siguientes características (Tabla 5):

Nombre (ficticio)	Juan	Federico
Edad (años)	36,37	38,65
Peso (kg)	72	81
Talla (cm)	163	174
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,1	26,75

Tabla 5: Características de ambas personas al comenzar el estudio

El objetivo de pérdida de peso que inicialmente se plantea para cada uno de ellos es **perder un 10% del peso corporal inicial**. Por lo tanto, **Juan** debería pesar tras la intervención de 6 meses **64,8 kg** y **Federico 72,9 kg**, no obstante, para alcanzar un **IMC de 25**, **Juan** debería llegar a pesar tras la intervención **66,4 kg** y **Federico 75,69 kg**. Es decir, para alcanzar un IMC de 25, ambos deben perder menos del 10% de su peso corporal, concretamente, Juan tendría que perder el 7,78% de su peso y, Federico, el 6,54% de su peso para llegar a un IMC de 25.

### 3.3 Pruebas de evaluación

Ambos sujetos se sometieron voluntariamente a las siguientes pruebas, tanto al inicio como al final del programa de pérdida de peso:

- Evaluación nutricional.
- Metabolismo basal.
- Valoración de la composición corporal (Bioimpedancia eléctrica y DEXA).
- Prueba de esfuerzo máxima.
- Análisis sanguíneo.
- Análisis genético.

Como hemos dicho anteriormente, en la metodología empleada en PRONAF se dividió a los sujetos en cuatro grupos: en el primero se realizaba entrenamiento de fuerza únicamente más dieta; en el segundo, entrenamiento de resistencia más dieta; en el tercero una combinación de entrenamiento de fuerza y resistencia más dieta; y el cuarto grupo, al que se puede denominar “grupo control”, recibió recomendaciones de actividad física a realizar semanalmente y pautas nutricionales. Pues bien, ambas

personas analizadas pertenecieron al grupo que llevó a cabo una intervención para pérdida de peso en la que se combinó nutrición y un programa mixto de ejercicio aeróbico más entrenamiento con cargas (tercer grupo).

## 4 Resultados

En este apartado se muestra la evolución de ambas personas a lo largo del estudio habiéndose realizado también una comparativa entre ambos.

### 4.1 Evolución y comparación de ambos sujetos

#### 4.1.1 Peso e IMC

Tanto en Juan como Federico se vio reducido el peso y el IMC. A continuación, en la tabla 6 se muestra la evolución de ambas variables:

Fecha (día/mes)	11/1	28/1	12/2	28/2	12/3	28/3	9/4	23/4	7/5	21/5	4/6	18/6	2/7
<b>Peso Federico</b>	81	82	80,6	78,6	77	76,7	76,4	76	75,5	75,2	74,7	75,7	75,5
<b>IMC Federico</b>	26,7	27	26,6	26,0	25,4	25,3	25,2	25,1	24,9	24,8	24,7	25	24,9
<b>Peso Juan</b>	72	72,1	71,2	70,8	69	68,1	67,6	65,9	65,4	64,1	62,5	61,6	60,7
<b>IMC Juan</b>	27,1	27,1	26,8	26,7	26	25,6	25,4	24,8	24,6	24,1	23,5	23,2	22,9
Peso en kg													
IMC en kg/m <sup>2</sup>													

Tabla 6: Evolución del peso e IMC en ambas personas

En cuanto al **IMC**, **Juan** comenzó con un valor de 27,1 kg/m<sup>2</sup> valorado como “sobrepeso grado II o preobesidad” y, al finalizar la intervención, su IMC fue de 22,85 kg/m<sup>2</sup>, considerado “normopeso”, habiendo una diferencia de **4,25 kg/m<sup>2</sup>**. Su cambio en el peso corporal desde el comienzo del estudio fue de **-11,3 kg**, lo que supone un **-15,69%** de su peso previo. Por otro lado, **Federico** comenzó con un valor de 26,75 kg/m<sup>2</sup> de IMC valorado como “sobrepeso grado I” y, al finalizar la intervención, su IMC fue de 24,94 Kg/m<sup>2</sup>, considerado “sobrepeso grado I” rozando el “normopeso”, habiendo una diferencia de **1,81 Kg/m<sup>2</sup>**. Su cambio en el peso corporal desde el comienzo del estudio fue de **-5,5 Kg**, lo que supone un **-6,79%** de su peso previo.

#### 4.1.2 Gasto energético diario

Durante 5 días en cada uno de los meses de duración del proyecto se puso un acelerómetro a los sujetos, con el objetivo de medir el GET. Los datos obtenidos se pueden ver a continuación (Tabla 7):

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
GET Federico (Kcal)	2790	2771	2789	2783	2958	2832
GET JUAN (Kcal)	2734	2308	2599	2849	3009	2722

Tabla 7: GET de ambas personas durante los meses en los que tuvo lugar la intervención

Como se puede ver, en **Federico**, el GET tuvo un **mínimo** en el segundo mes de la intervención (**2771 Kcal**) y un **máximo** en el quinto mes (**2958 Kcal**); en **Juan**, el **mínimo** también se dio en el segundo mes (**2308 Kcal**) y, el **máximo**, también en el quinto mes superando las 3000 Kcal (**3009 Kcal**).

#### 4.1.3 Composición corporal

Los principales resultados obtenidos en la valoración de la composición corporal mediante el DEXA son los que se muestran a continuación (Tabla 8):

	% Grasa	Magro (kg)	DMO (g/cm <sup>2</sup> )
Inicio Federico	26,59	51,73	1,15
Fin Federico	20,53	51,43	1,14
Inicio Juan	18,94	50,91	1,28
Fin Juan	10,8	48,94	1,24

1. %Grasa: Porcentaje de grasa total  
2. Magro (kg): Kg de peso muscular y visceral medido por DEXA  
3. DMO (g/cm<sup>2</sup>): Densidad mineral ósea

Tabla 8: Resultados de la evaluación de la composición corporal realizada mediante DEXA al inicio y al final de la intervención

Tanto en Federico como en Juan, el porcentaje **de masa grasa** se vio disminuido gracias a la intervención. En **Federico**, dicha pérdida fue de **6,06%** y, en **Juan**, **8,14%**.

Además la cantidad de peso magro también decreció, siendo dicha pérdida mayor en **Juan (-1,97 kg)** que en **Federico (-0,3 kg)**. La **DMO** apenas varió en ambos sujetos.

#### 4.1.4 Parámetros obtenidos en la prueba de esfuerzo

Durante la **prueba de esfuerzo** que realizaron al inicio y al final de la intervención se analizó la potencia aeróbica máxima a través del  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Como variables importantes destacamos las siguientes (Tabla 9):

	$VO_{2m\acute{a}x}$	$VO_{2m\acute{a}x}$ relativo	FCM	FC Umbral Aeróbico	FC Umbral Anaeróbico
<b>Inicio Federico</b>	2565	32	182	107	153
<b>Fin Federico</b>	3762	51	178	127	154
<b>% Cambio Federico</b>	46,67	56,83	-2,2	18,7	0,7
<b>Inicio Juan</b>	2898	40		100	132
<b>Fin Juan</b>	3185	50	180	128	175
<b>% Cambio Juan</b>	9,9	25,12		28	32,6
$VO_{2m\acute{a}x}$ en ml/min. $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo: Consumo de oxígeno máximo relativo al peso corporal (ml/min/kg). FC: Frecuencia cardíaca.					

Tabla 9: Datos obtenidos en ambos sujetos en las pruebas de esfuerzo realizadas al inicio y al final de la intervención

Las pruebas de esfuerzo revelaron importantes variaciones en los parámetros de  $VO_{2m\acute{a}x}$  y en la FC del umbral aeróbico y anaeróbico:

- El  **$VO_{2m\acute{a}x}$  relativo** (el cual tiene en cuenta el peso corporal) tuvo mayor incremento en **Federico (56,83%)** que en **Juan (25,12%)**; no obstante, hemos de tener en cuenta que el valor inicial en Federico era inferior al de Juan y también que, al perder peso, si se mantuviese el  $VO_{2m\acute{a}x}$ , el  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo se vería incrementado porque tiene en cuenta el peso corporal; pero, a pesar de que Juan ha perdido más peso, su  $VO_{2m\acute{a}x}$  ha mejorado menos que en Federico.

- La FC para el **umbral aeróbico** se vio aumentada, pudiendo ser así gracias a la intervención, siendo en **Federico** el incremento de 107 ppm a 127 ppm **(18,7% de cambio)** y, en **Juan**, se produjo un aumento de 100 ppm a 128 ppm **(28% de cambio)**.
- La FC para el **umbral anaeróbico** en **Federico** solo aumentó de 153 a 154 ppm **(0,7% de cambio)** y en **Juan**, de 132 a 175 ppm **(32,6% de cambio)**.

#### 4.1.5 Índices de fuerza

También fueron medidos los **índices de fuerza** en ambos sujetos. Dichos índices fueron dos:

El primero se obtuvo a partir de los datos de entrenamiento cuando se les sometía a cargas máximas de 15 repeticiones al 100% (Índice de Jurca, 2004). Para **Federico** el valor de este índice fue de 1,17 al inicio del estudio y, al finalizar, de 1,41, lo que supone un porcentaje de cambio de **20,94%**. **Juan** comenzó con 1,53 y, al finalizar, obtuvo un 1,54 en este índice, lo que supone un cambio de **1,24%**. La otra forma de medir la fuerza fue la dinamometría de manos, piernas y tronco. A continuación se muestra la evolución y cambios de estas variables a lo largo del tiempo en ambos sujetos (Tabla 10):

	Dinamometría mano derecha	Dinamometría mano izquierda	Dinamometría piernas	Dinamometría espalda	Índice general de fuerza
<b>Inicio Federico</b>	58,1	49,5	145,5	101	4,43
<b>Fin Federico</b>	56,2	52,7	167	115	5,45
<b>% De Cambio Federico</b>	-3,27%	6,46%	14,78%	13,86%	23,02%
<b>Inicio Juan</b>	39	35	97,5	90,5	3,63
<b>Fin Juan</b>	38,9	35,3	124	92	4,68
<b>% De cambio Juan</b>	-0,26%	0,86%	27,18%	1,66%	28,93%
Dinamometría en kg. Índice general de fuerza: suma de los 4 valores de dinamometría entre el peso corporal.					

**Tabla 10: Índices de fuerza obtenidos en ambos sujetos al inicio y al final de la intervención medidos por dinamometría**



#### 4.1.6 Metabolismo basal y frecuencia cardíaca en reposo

El **metabolismo basal** también fue cuantificado: se realizó una prueba al inicio del estudio y otra al final para calcular las pulsaciones por minuto en reposo y el gasto energético basal. En la tabla 11 se pueden ver los resultados obtenidos.

	Federico	Juan
<b>FC al iniciar el estudio</b>	55 latidos/min	70 latidos/min
<b>FC al finalizar el estudio</b>	54 latidos/min	53 latidos/min
<b>Porcentaje de cambio</b>	-1%	-25%
<b>Gasto energético en reposo al iniciar el estudio</b>	1553 Kcal/día	1380 Kcal/día
<b>Gasto energético en reposo al finalizar el estudio</b>	1536 Kcal/día	1235 Kcal/día
<b>Porcentaje de cambio</b>	-1%	-10%

Tabla 11: Frecuencia cardíaca y gasto energético en reposo al iniciar y finalizar la intervención en ambas personas

#### 4.1.7 Valores obtenidos en las analíticas sanguíneas

A continuación se pueden ver los resultados de la **analítica** realizada mediante extracción sanguínea tanto al inicio como al final de la intervención (Tabla 12):

	Inicio Federico	Fin Federico	Inicio Juan	Fin Juan	Valores de referencia
<b>Hemoglobina</b> (gr/dl)	13,7	14	15,5	15,3	13,7-17,3 gr/dl
<b>Hematocrito (%)</b>	42,8	42,7	47	47,6	38,9-51,4%
<b>Urea (mg/dl)</b>	48	45	36	42	17-43 mg/dl
<b>Glucosa (mg/dl)</b>	102	94	99	81	74-115 mg/dl
<b>Calcio (mg/dl)</b>	9,4	9,3	9,7	9,7	8,8-10,6 mg/dl
<b>Colesterol total</b> (mg/dl)	269	242	200	194	<200 mg/dl
<b>HDL (mg/dl)</b>	45	40	46	54	>40 mg/dl
<b>LDL (mg/dl)</b>	195	180	137	124	<160 mg/dl
<b>Triglicéridos</b> (mg/dl)	83	112	81	78	<150 mg/dl
<b>Insulina (μU/ml)</b>	9	5	4	2	2-17 μU/ml
<b>GOT (UI/L)</b>	26	26	18	14	<35 UI/L
<b>GPT (UI/L)</b>	38	26	21	14	<45 UI/L
<b>Vitamina D (ng/ml)</b>	10	15	13	22	15-100 ng/ml
HDL: Lipoproteínas de alta densidad. LDL: Lipoproteínas de baja densidad. GOT: Transaminasa glutámico oxalacética. GPT: Transaminasa glutámico pirúvica.					

Tabla 12: Valores obtenidos en analítica en ambas personas al iniciar y finalizar la intervención

Como podemos observar, **ambos sujetos** vieron **reducidos** sus niveles de **colesterol total**, quedándose todavía lejos Federico de los valores de referencia y llegando Juan a dichos valores. El **HDL** se **redujo 5mg/dl en Federico** y **aumentó 9 mg/dl en Juan**. El LDL disminuyó en ambos sujetos, en Federico, 15 mg/dl y, en Juan, 13 mg/dl; no obstante, aunque en ambos descendieron estos niveles de **LDL, Federico** seguía al final de la intervención con valores por **encima** de los de referencia.

#### 4.1.8 Evolución de los valores de presión arterial

Los valores de **presión arterial sistólica y presión arterial diastólica (TAD)**, tanto antes como después de la intervención, son mostrados a continuación (Tabla 13):

	Federico	Juan
<b>TAS al iniciar el estudio</b>	112 mm Hg	106 mm Hg
<b>TAD al iniciar el estudio</b>	72 mm Hg	66 mm Hg
<b>TAS al finalizar el estudio</b>	102 mm Hg	98 mm Hg
<b>TAD al finalizar el estudio</b>	69 mm Hg	63 mm Hg

Tabla 13: Valores de presión arterial medidos al inicio y al final de la intervención en ambas personas

Como podemos ver, en ambos sujetos descendieron los niveles de la TAS y la TAD, siendo más acusado el descenso en la TAS que en la TAD.

#### 4.1.9 Comparación de los perfiles genéticos de ambos sujetos

A ambos sujetos se les realizó un informe genético para obtener información relativa a 5 genes (ADRB2, ADRB3, PPARG2, LEPR y ApoE). El objetivo de la realización de dicho informe era la detección de polimorfismos en la estructura de dichos genes que pudiesen modificar su funcionamiento. Cabe destacar que, aunque los genes influyen en la aparición de ciertas patologías, está demostrado que es el ambiente el que tiene el principal papel en su aparición.

En la tabla 14 se puede ver tanto el gen al que hacemos referencia como el resultado obtenido de la información aislada de estos genes en ambos sujetos:

Variante	Resultado Federico	Resultado Juan
ADRB2 (polimorfismo GLN27Glu)	<b>Mayor</b> riesgo de padecer obesidad	<b>Mayor</b> riesgo de padecer obesidad
ADRB3 (polimorfismo Trp64Arg)	<b>Menor</b> riesgo de padecer obesidad y diabetes	<b>Menor</b> riesgo de padecer obesidad y diabetes
LEPR (polimorfismo Gln223Arg)	<b>Menor</b> riesgo de padecer diabetes	<b>Mayor</b> riesgo de padecer diabetes
LEPR (polimorfismo Lys656Asn)	<b>Más</b> facilidad para mejorar variables (como el IMC o la tensión arterial) tras la realización de actividad física y dieta saludable	<b>Menos</b> facilidad para mejorar variables (como el IMC o la tensión arterial) tras la realización de actividad física y dieta saludable
PPARG2 (polimorfismo Pro12Ala)	<b>Menor</b> riesgo de padecer obesidad y <b>mayor</b> riesgo de padecer diabetes	<b>Mayor</b> riesgo de padecer obesidad y <b>menor</b> riesgo de padecer diabetes
ApoE	Consultar apartado “información relativa perfil lipídico”	

Tabla 14: Comparación de los resultados obtenidos tras analizar cinco genes en ambas personas

Puesto que la información que indica cada gen de forma aislada es limitada, a continuación se indican una serie de puntuaciones que se elaboraron teniendo en cuenta de forma conjunta todos los genes analizados:

- Índice relativo a la composición corporal (según 4 de las 6 variantes genéticas analizadas):

El valor en este índice para **Federico** es de **0,375**, es decir, que tiene un **riesgo genético medio** de tener una **composición corporal no saludable**; por otro

lado, dicho valor para **Juan** es de **0,25**, lo que quiere decir que su **riesgo genético es bajo**.

- Índice relativo al metabolismo de la insulina y la glucosa (diabetes) (según 3 de las 6 variantes genéticas analizadas):

Dicho índice, el cual mide la **predisposición a padecer diabetes o resistencia a la insulina**, para **Federico** es de **0**, lo que implica tener un **riesgo genético bajo** y, para Juan, de 0,375, que conlleva un **riesgo genético medio**.

- Información relativa al perfil lipídico (según el alelo presente en el gen ApoE):

En **ambos sujetos**, la información obtenida tras el análisis de este gen indicó que son **E3/E3 Homocigoto**, lo que quiere decir que su predisposición es tener **valores medios de colesterol total y LDL y valores bajos de triglicéridos**. No obstante, hemos de recalcar que la información genética no determina de forma absoluta los valores de colesterol y triglicéridos en sangre, pues son unos buenos hábitos de vida (dieta saludable, ejercicio físico regular...) la clave para controlar estos valores.

#### **4.1.10 Adherencia al plan de entrenamiento y nutrición**

En la tabla 15 se puede ver la asistencia en cada mesociclo de entrenamiento de ambos sujetos (en número de sesiones totales en los tres meses fue 48), el porcentaje de fidelización y el número de kilos movidos en los entrenamientos y el tiempo entrenando.

	Federico	Juan
<b>Asistencia primer mesociclo (nº sesiones)</b>	10	12
<b>Asistencia segundo mesociclo (nº sesiones)</b>	14	17
<b>Asistencia tercer mesociclo (nº sesiones)</b>	17	17
<b>Porcentaje de fidelización</b>	85,42%	95,83%
<b>Total de kilos movidos</b>	138044	150162
<b>Tiempo de entrenamiento (minutos)</b>	2318	2574
<b>Tiempo de entrenamiento (horas)</b>	39	43

Tabla 15: Datos obtenidos de los entrenamientos que realizaron ambas personas

Como se puede apreciar, **Juan**, quien perdió más peso durante la intervención tuvo una **adherencia al ejercicio superior** a Federico, siendo dicha diferencia de **+10,41%**.

Para obtener la adherencia a la dieta se valoró la diferencia entre las Kcal que debían ingerir (impuestas por dieta) y las que realmente ingerían (dato obtenido gracias a la cuantificación calórica de los alimentos apuntados en el recuento de comida de tres días) , por lo que un valor 100 indicaría que se ingieren las Kcal que se deberían ingerir siguiendo la dieta; valores superiores indicarían que el sujeto ha ingerido menos Kcal que las impuestas en la dieta; y valores inferiores a 100 indicarían que el sujeto ha ingerido más Kcal de las impuestas por la dieta.

La fórmula empleada fue la que sigue (Ecuación 2):

$$\frac{\text{Kcal de la dieta}}{\text{Kcal reales ingeridas}} \times 100$$

Ecuación 2: Fórmula para calcular la adherencia a la dieta

Para **Federico** dicho valor fue de **110,4%** y para **Juan** de **73,8%**, por lo que, **la ingesta calórica de Federico ha sido inferior a la impuesta en la dieta y, Juan ha realizado una ingesta calórica mayor a la impuesta.**



## 5 Discusión

Tras analizar los resultados en profundidad, se ha visto que **la mayor pérdida de peso que ha tenido lugar en Juan ha de deberse a su mayor adherencia al ejercicio**, ya que estuvo ingiriendo más Kcal de las pautadas por el equipo de nutrición y por lo tanto la adherencia a la dieta no podría explicar los resultados obtenidos. El GET tampoco puede explicar la mayor pérdida de peso de Juan, pues no difirió apenas del de Federico e incluso, en el segundo mes de la intervención vimos un mínimo de 2308 Kcal en Juan. Los polimorfismos genéticos estudiados tampoco pueden explicar la causa de esa mayor pérdida de peso, pues el gen LEPR (polimorfismo Lys656Asn), indicó que Juan tenía menos facilidad para mejorar variables como el IMC o la tensión arterial tras la realización de actividad física y dieta saludable.

Los resultados obtenidos en diversos estudios muestran **como con ejercicio aeróbico, de musculación o mixto se puede producir pérdida de peso**, no obstante, los cambios son muy pequeños si los comparamos con sujetos que han participado en estudios en los que se ha intervenido con dieta o combinando dieta y ejercicio.

Como ejemplo de la pérdida de peso causada por el ejercicio vamos a citar los siguientes estudios:

- El estudio llevado a cabo por Sillanpaa (20 semanas de duración), en el cual se dividió la muestra en cuatro grupos, siendo el primer grupo el control; el segundo el que realizó entrenamiento aeróbico; el tercero, entrenamiento con cargas; y el cuarto, entrenamiento aeróbico más entrenamiento con cargas. El mayor porcentaje de pérdida de peso tuvo lugar en el grupo que realizaba **ejercicio aeróbico (-5,92%)** seguido por el grupo que realizaba el **entrenamiento mixto (-5,83%)** finalizando por el grupo que realizaba el **entrenamiento con cargas (-2,81%)**. El grupo control perdió un 1,81% de peso corporal (Sillanpaa, et al., 2009).
- El estudio realizado por Camargo (12 semanas de duración) en el que se dividió a la muestra en tres grupos, siendo el primero el control; el segundo el que realizó entrenamiento con cargas; y el tercero,



entrenamiento aeróbico. Fue en el grupo que realizaba **ejercicio aeróbico** en el que se observó mayor pérdida de peso corporal **(-11%)**, seguido por el grupo que realizaba **entrenamiento con cargas (-7%)**. Cabe destacar que el grupo control aumentó un 3,2% de peso (Camargo, et al., 2008).

- En el estudio de Davidson (24 semanas de duración) se dividió la muestra en cuatro grupos: el primero fue el grupo control; el segundo, fue el grupo que realizó entrenamiento aeróbico; el tercero realizó entrenamiento con cargas; y el cuarto realizó entrenamiento aeróbico y de musculación. En este caso, el grupo del **entrenamiento mixto** fue aquel que perdió mayor peso corporal **(-9,68%)**, seguido por el grupo del **entrenamiento aeróbico (-8,92%)** y por el del **entrenamiento con cargas (-4,59%)**. El grupo control perdió un 1,44% de peso (Davidson, et al., 2009).

Como podemos ver, es posible que se produzca pérdida de peso realizando sólo ejercicio, esto podría justificar la mayor pérdida de peso de Juan respecto a Federico, pues **Federico asistió a menos entrenamientos que su compañero**. No obstante, como han demostrado profusión de autores, **con una intervención únicamente de dieta se pierde más peso que sólo con ejercicio y, si se combinan ambas, los resultados mejoran significativamente**. A continuación vamos a mostrar los resultados de algunos estudios en los que aparecen grupos que solo realizaron dieta y una combinación de dieta y ejercicio:

- En el estudio que llevó a cabo Del Corral se dividió la muestra en tres grupos, siendo el primer grupo el que solo realizó dieta (control); el segundo el que combinó dieta y ejercicio aeróbico; y el tercero el que realizó dieta y ejercicio con cargas. La mayor pérdida de porcentaje de peso corporal la experimentó el grupo de **dieta más entrenamiento con cargas (-24,7%)**, seguido por el grupo de **dieta más entrenamiento aeróbico (-23,1%)**, produciéndose en el grupo control una pérdida del 21,8% (Del Corral, et al., 2009).

- En otro estudio que llevó a cabo Hunter (24 semanas de duración), se dividió la muestra en tres grupos: el primero (grupo control), que solo realizó dieta; el segundo fue el grupo de dieta más ejercicio aeróbico; y el tercero, fue el grupo de dieta y ejercicio de musculación. Los resultados obtenidos mostraron que el grupo de **dieta** fue el que menos perdió (**24,1% de peso corporal**); el que combinó **dieta y ejercicio aeróbico**, **perdió el 26%**, y, el que realizó **dieta y ejercicio de musculación**, **el 28,8%**, es decir, fue en el que se produjo mayor pérdida de peso corporal (Hunter, et al., 2008).

A pesar de haberse producido una menor pérdida de peso en Federico, con los dos estudios mostrados, **queda claro que la dieta tiene mayor importancia a la hora de realizar una intervención de pérdida de peso, que el ejercicio.**

Aunque **con los resultados obtenidos, podemos concluir que la adherencia al ejercicio debe haber sido el factor clave para que Federico perdiese menos peso**, podrían ser otras las causas que le han llevado a ello, como las situaciones de estrés, otros polimorfismos genéticos no estudiados, etc.



## 6 Conclusiones

Tras la exposición de los objetivos del TFG realizado, expondré una breve conclusión para cada punto.

- Los datos obtenidos al analizar los resultados de las pruebas realizadas a las dos personas estudiadas muestran que, **a pesar de haber seguido el mismo programa de pérdida de peso** combinando dieta y ejercicio aeróbico más ejercicio con cargas, **el peso perdido en ambas personas difiere significativamente.**
- Para ambos se propuso como objetivo lograr una **pérdida del 10%** de su peso corporal inicial en 6 meses. **Juan logró** el objetivo planteado, pero **Federico no**; no obstante, cabe destacar que **ambos lograron un IMC inferior a 25** tras finalizar la intervención.
- Tras haber analizado en profundidad todos los parámetros que han podido influir en la intervención para que una persona perdiese más peso que la otra, se puede concluir que, en las personas estudiadas, **ha tenido mayor importancia la adherencia al ejercicio que a la dieta** y que, **los tres genes** estudiados en los que muestran diferencias (LEPR polimorfismo Gln223Arg, LEPR polimorfismo Lys656Asn y el PPARG polimorfismo Pro12Ala) **no pueden explicar el mayor progreso de Juan** en cuanto a pérdida de peso se refiere.



## **7 Futuras líneas de trabajo**

- Revisar las transgresiones realizadas a la dieta para intentar obtener más información acerca de por qué Juan ha perdido más peso que Federico.
- Realizar la comparativa entre dos mujeres de similares características y resultados a los que han obtenido Juan y Federico para ver si el sexo puede intervenir en las causas de la consecución de mayor pérdida de peso.
- Cuantificar las situaciones estresantes vivenciadas por futuros sujetos que participen en estudios parecidos al que ha llevado a cabo PRONAF para ver cómo influyen en la pérdida de peso.



## Referencias

- Aranceta-Bartrina, J., Serra-Majem, L., Foz-Sala, M., Moreno-Esteban, B., & SEEDO, G. C. (2005). *Prevalencia de obesidad en España*. *Med Clin (Barc)*, 125(12), 460-466.
- Arrebola Vivas, E. C., Gómez Candela, C., & García Puig, J. (2012). *Tratamiento de los pacientes con sobrepeso y obesidad en atención primaria una experiencia piloto*. Fecha de lectura: 8 de Junio de 2012, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Bellido, D., García-Almedida, J. M., López-Delatorre, M., & Rubio, M. A. (Eds.). (2012). *Sobrepeso y Obesidad*. Madrid: Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (Seedo).
- Benito, P. J. (2008). *Conceptos básicos del entrenamiento con cargas de la musculación al wellness*. Armenia (Colombia): Kinesis.
- Brochu, M., Malita, M. F., Messier, V., Doucet, E., Strychar, I., Lavoie, J. M., Rabasa-Lhoret, R. (2009). *Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women*. *J Clin Endocrinol Metab*, 94(9), 3226-3233.
- Camargo, M. D., Stein, R., Ribeiro, J. P., Schwartzman, P. R., Rizzatti, M. O., & Schaan, B. D. (2008). *Circuit weight training and cardiac morphology: a trial with magnetic resonance imaging*. *Br J Sports Med*, 42(2), 141-145.
- Curioni, C., & Lourenco, P. (2005). *Long-term weight loss after diet and exercise: a systematic review*. *International Journal of Obesity*, 29(10), 1168-1174.
- Davidson, L. E., Hudson, R., Kilpatrick, K., Kuk, J. L., McMillan, K., Janiszewski, P. M., Ross, R. (2009). *Effects of Exercise Modality on Insulin Resistance and Functional Limitation in Older Adults A Randomized Controlled Trial*. *Archives of Internal Medicine*, 169(2), 122-131.
- Del Corral, P., Chandler-Laney, P. C., Casazza, K., Gower, B. A., & Hunter, G. R. (2009). *Effect of dietary adherence with or without exercise on weight loss: a mechanistic approach to a global problem*. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 94(5), 1602-1607.



- Gómez-Ambrosi, J., Silva, C., Galofré, J., Escalada, J., Santos, S., Millán, D., Valentí, V. (2011). *Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity*. *International Journal of Obesity*, 36(2), 286-294.
- Hunter, G. R., Byrne, N. M., Sirikul, B., Fernandez, J. R., Zuckerman, P. A., Darnell, B. E., & Gower, B. A. (2008). *Resistance training conserves fat-free mass and resting energy expenditure following weight loss*. *Obesity (Silver Spring)*, 16(5), 1045-1051.
- Kirk, E. P., Donnelly, J. E., Smith, B. K., Honas, J. D., Bailey, B. W., Washburn, R. A. (2009). *Minimal resistance training improves daily energy expenditure and fat oxidation*. *Med Sci Sports Exerc*, 41(5), 1122.
- López-Fontana, C., Martínez-González, M., & Martínez, J. (2003). *Obesidad, metabolismo energético y medida de la actividad física*. *Revista Española de Obesidad*, 1(1), 29-36.
- López Chicharro, J. L. M., L.M. (2008). *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid.
- Marks, B. L., & Rippe, J. M. (1996). *The importance of fat free mass maintenance in weight loss programmes*. *Sports Medicine*, 22(5), 273-281.
- Newburgh, L., & Johnston, M. W. (1930). *The nature of obesity*. *Journal of Clinical Investigation*, 8(2), 197.
- PRONAF. (2009). *Manual de protocolos PRONAF FASE I*. INEF Madrid.
- PRONAF. (2010). *Manual de protocolos PRONAF FASE II*. INEF Madrid.
- PRONAF. (2011). *Manual de protocolos PRONAF FASE III*. INEF Madrid.
- Rubio, M. A., Salas-Salvadó, J., Barbany, M., Moreno, B., Aranceta, J., Bellido, D., Foz, M. (2007). *Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica*. *Rev Esp Obes*, 5(3), 135-175.
- Sillanpaa, E., Laaksonen, D. E., Hakkinen, A., Karavirta, L., Jensen, B., Kraemer, W. J., Hakkinen, K. (2009). *Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women*. *Eur J Appl Physiol*, 106(2), 285-296.
- Vázquez Martínez, C., De cos, A. I., Calvo, C., & Nomdedeu, C. L. (2011). *Obesidad: manual teórico-práctico*. Madrid: Díaz de Santos.

Zapico, A. G., Benito, P. J., Gonzalez-Gross, M., Peinado, A. B., Morencos, E., Romero, B., Calderon, F. (2012). *Nutrition and physical activity programs for obesity treatment (PRONAF study). methodological approach of the project.* BMC Public Health, 12(1), 1100.