



universidad
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE

Curso Académico 2016/2017

ENTRENAMIENTO CON EL PROPIO PESO CORPORAL
(*FREELETICS BWT*[®]): INFLUENCIA EN LA CONDICIÓN
AERÓBICA DE MUJERES JÓVENES UNIVERSITARIAS

Body weight training (*Freeletics BWT*[®]): aerobic fitness influence in
university youth female

Alumno: Javier de los Ríos Calonge

Tutor: Dr. José Gerardo Villa Vicente

Catedrático de Universidad. Dpto. de Educación Física y Deportiva

Fecha: 3 de julio de 2017

VºBº TUTOR

VºBº AUTOR

1 RESUMEN	2
1.1 Abstract	2
2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO	3
3 INTRODUCCIÓN	4
3.1 La condición física en relación con la salud y el entrenamiento.....	4
3.1.1 Relevancia antropológica de la condición física	4
3.1.2 Importancia de una buena condición física.....	5
3.2 Condición física aeróbica. Indicadores y componentes.....	5
3.2.1 Capacidad aeróbica ($VO_{2máx}$).....	7
3.3 Entrenamiento y capacidad aeróbica	8
3.3.1 ¿El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) puede mejorar la capacidad aeróbica?	9
3.4 ¿En que consiste el HIIT con el propio peso corporal?.....	11
3.4.1 <i>Freeletics Body Weight Training</i> [®]	12
3.5 HIIT con el propio peso corporal y sus efectos en la condición aeróbica.....	13
4 OBJETIVOS DEL TRABAJO Y COMPETENCIAS DESARROLLADAS	13
5. METODOLOGÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	14
5.1. Diseño del estudio.....	14
5.2. Sujetos.....	16
5.3. Material y Métodos	16
5.3.1. Cineantropometría	16
5.3.2. Prueba ergoespirométrica máxima para determinar la condición aeróbica.....	17
5.4. Programación del entrenamiento <i>Freeletics BWT</i>[®].....	17
5.5. Análisis de datos	18
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
7. CONCLUSIONES	23
8. VALORACIÓN PERSONAL	23
9. REFERENCIAS.....	24
10. ANEXOS	30
Anexo 1.-Ejercicios del método <i>Freeletics BWT</i>[®].....	30
Anexo 2.-Consentimiento informado para participar en el estudio <i>Freeletics BWT</i>[®]	32

1 RESUMEN

Propósito: Llevar a cabo una revisión bibliográfica del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) con el propio peso corporal y valorar los efectos en la condición aeróbica tras realizar un sistema de entrenamiento denominado *Freeletics Body Weight Training*[®] durante 9 semanas en mujeres jóvenes universitarias, con el objetivo de justificar y discutir las adaptaciones generadas. **Métodos:** mediante una prueba de esfuerzo ergoespirométrica en tapiz rodante se analizaron variables relacionadas con la condición aeróbica de 8 mujeres pertenecientes al grupo “sedentarios”, de un total de 32 sujetos. **Resultados:** incrementos significativos del 12,01% en valores de VO₂ absoluto y 14,10% VO₂ relativo en el umbral anaeróbico; del 14,77% en el VO₂ absoluto y 14,10% VO₂ relativo del umbral aeróbico. El incremento de 8,33% del VO_{2máx} absoluto y relativo no es significativo. Atendiendo al tratamiento estadístico del tamaño del efecto existe un 79% de probabilidad en cuanto a VO_{2máx} absoluto y un 77% de probabilidad en cuanto a VO_{2máx} relativo, de mejorar un 8,33% el VO_{2máx} en dichos parámetros. **Conclusiones:** *Freeletics BWT*[®] puede ser un método eficaz para la mejora de la condición aeróbica a corto plazo. Futuras investigaciones deben estudiar los efectos aislados de cada sesión tipo de dicho método. **Palabras clave:** condición aeróbica, capacidad aeróbica, resistencia aeróbica, entrenamiento con el propio peso corporal, entrenamiento interválico de alta intensidad, VO_{2máx}, umbral aeróbico y umbral anaeróbico.

1.1 Abstract

Purpose: To carry out a bibliographical review of the high intensity interval training (HIIT) with your own body weight and to value the effects in the aerobic fitness after realizing a training system denominated *Freeletics Body Weight Training*[®]. Young university women participated in that project which lasted nine weeks, with the only objective of justifying and discussing the generated adaptations. **Methods:** By means of a maximal oxygen uptake test performed on a treadmill with a gas analyzer, there were analyzed the aerobic fitness related variables. It was done in 8 women of the 32 participants, that belong to the “sedentary” group. **Results:** Significant increases of the 12,01% of the values of absolute VO₂, and 14,10% relative VO₂ of the anaerobic threshold; from the 14,77% in the absolute VO₂ and 14,10% relative VO₂ of the aerobic threshold. The increase of the absolute and relative VO₂ 8,33% is not significant. According to the statistic treatment with the size of the effect there exists a 79% of the absolute VO₂ probability, and a 77% of the relative VO₂ probability to improve an 8,33% of the VO₂ in the mentioned parameters. **Conclusions:** *Freeletics BWT*[®] can be an effective method to improve the aerobic fitness. Future research should study the isolated effects of each session of the mentioned method. **Key words:** aerobic fitness, aerobic capacity, aerobic endurance, bodyweight training, high-intensity interval training, VO_{2máx}, aerobic threshold and anaerobic threshold.

2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

Desde bien temprano existía en mí una curiosidad por los procesos biológicos que tenían lugar en el cuerpo humano. Las materias que más me entusiasmaron en la etapa escolar fueron biología y educación física. Era un chico que no paraba de moverse y de hacer todo tipo de actividades en el entorno natural. Pasaron los años y llegó el momento de elegir que rama del conocimiento estudiar. Me enteré que existían unos estudios denominados “Ciencias de la Actividad Física y del Deporte” y una de esas ciencias era la fisiología. En ese mismo instante hice todo lo posible por acceder a dichos estudios. Desde el primer momento que pisé la facultad, a la que orgullosamente pertenezco, me pregunté el por qué y el cómo de todos los procesos que nos permiten ser más fuertes, más rápidos o más resistentes, es decir, quería conocer la “dosis de ejercicio adecuada”. Encontré fascinantes asignaturas que respondieron a mi cuestión, como Fisiología del Ejercicio, Cinesiología, Biomecánica, Valoración de la Condición Física y Planificación del Entrenamiento Deportivo. También tuve el privilegio de cursar la Ampliación Deportiva en Judo y Gimnasia Artística, caracterizadas por la complejidad de los movimientos, ayudándome a adquirir el concepto de “envoltorio de la dosis” (técnica). Rápidamente me di cuenta que todas las prácticas deportivas hablan un lenguaje común llamado MOVIMIENTO. Llegue a la conclusión de que las diferentes adaptaciones fisiológicas se producen conforme al nivel de intencionalidad con el que queremos movernos. En ese momento es cuando encontré la relación entre la psicología y la fisiología.

En la actualidad se está perdiendo la intencionalidad de moverse. Esta situación se debe a que en nuestro ecosistema no existen circunstancias que incentiven dicha acción por diversos factores. Como bien sabemos todo órgano que no se utiliza se atrofia. Esta crisis de inactividad está provocando una pérdida funcional del organismo del ser humano, desembocando en enfermedades totalmente prevenibles.

Considero que los Graduados en Ciencias de la Actividad Física y del deporte debemos ganarnos un puesto en la sanidad pública, pues somos el ámbito del conocimiento que trata directamente todas las variables que conciernen al movimiento.

Dicho esto, no dudé en llevar a cabo mi Trabajo Fin de Grado (TFG) con el Grupo de Investigación en Valoración de la Condición Física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento (VALFIS) bajo la tutela del Dr. José Gerardo Villa Vicente. En este trabajo se tratan los datos descriptores de condición aeróbica, indicadores de capacidad funcional, de un grupo de chicas que tuve el privilegio de entrenar durante nueve semanas. Esto supone el culmen a la pregunta que me hice en un principio, ya que responde a cómo mejorar la capacidad funcional de las personas y al por qué se producen las adaptaciones. El primer paso es generar sensaciones positivas que inciten el acto natural de moverse.

3 INTRODUCCIÓN

3.1 La condición física en relación con la salud y el entrenamiento

3.1.1 Relevancia antropológica de la condición física

Hace unos 2,4 millones de años, 84.000 generaciones predecesoras sobrevivieron como cazadores recolectores (Fenner, 2005). Este dato pone de manifiesto la crucial importancia que adquiriría una buena condición física (CF) para poder sobrevivir en aquella época. La evolución de la tecnología marca el inicio de la revolución agrícola (hace 350 generaciones), la revolución industrial (hace 7 generaciones) y la era digital (hace 2 generaciones) provocando una acentuada reducción de la cantidad de actividad física en las actividades de la vida diaria y de la vida diaria laboral del ser humano. (Bassett, 2008; Tremblay, Esliger, Copeland, Barnes, y Bassett Jr, 2008). Este nuevo estilo de vida atenta totalmente contra la naturaleza de nuestro genoma poniendo en peligro la salud de la población.

La ruptura en la primitiva relación energía ingerida (alimento) y energía gastada (ejercicio físico) se ha producido al no existir una necesidad vital de moverse. Este cambio entre la interacción de factores genéticos y medioambientales pretende ser explicada por la teoría del “genotipo ahorrador” propuesta por Neel (1962). Las personas que vivieron en un entorno hostil con un pobre suministro de alimentos maximizaron sus probabilidades de supervivencia al optimizar el almacenamiento de la energía excedente. La selección genética favoreció a los genotipos que fueron capaces de conservarla. Actualmente las variantes genéticas seleccionadas durante la evolución humana pasan a ser desfavorables pues la nutrición ha sido “mejorada” (Kaur, 2014).

Debemos adquirir un enfoque evolutivo en cuanto a la fisiología innata que posee el cuerpo humano, viendo la imprescindible necesidad de llevar a cabo un ejercicio físico que atienda al arquetipo cazador-recolector de nuestros antepasados, pues poseemos los genes que estos mismos modularon con su antiguo estilo de vida. El estilo de vida actual seguirá aumentando el número de situaciones fisiológicas desfavorables, interconectadas entre sí, como hiperglucemia, dislipidemia e hipertensión. Derivan de una pobre capacidad funcional del organismo generando un aumento de los índices de diabetes tipo 2, síndrome metabólico e hipercolesterolemia asociados con el riesgo de accidente cardiovascular (Kaur, 2014). Estas situaciones fisiológicas son totalmente prevenibles aumentando el nivel de CF de la población. (Carnethon, Gidding, Nehgme, Sidney, y Jacobs, 2003). Las enfermedades de origen hipocinético actualmente duplican el gasto sanitario (Ackermann et al., 2003) prescribiéndose un fármaco que reduce la tensión arterial, glucosa en sangre, o triglicéridos pudiéndose suplir con estrategias que controlen ejercicio físico y dieta (Kaur, 2014).

3.1.2 Importancia de una buena condición física

El estilo de vida actual induce cambios en la expresión genética de una serie de parámetros cardiovasculares, musculo-esqueléticos, pulmonares, oxidación de gases e hidratos de carbono, presión arterial, que en general afectan a la CF (O'Keefe, Vogel, Lavie, y Cordain, 2011). Estos cambios explican cómo la CF a nivel cardiovascular puede ser uno de los mejores predictores a largo plazo de salud y supervivencia. (Booth, Laye, Lees, Rector, y Thyfault, 2008; Byberg et al., 2009). Estudios observacionales enuncian que el nivel de condición física medido como rendimiento en una prueba de esfuerzo en tapiz es un potente indicador de estar libre de una muerte prematura (Figuras 1 y 2).

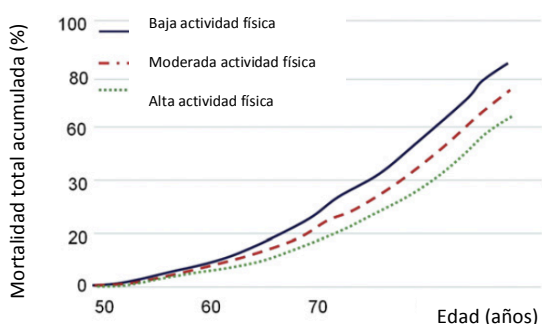


Figura 1. Reducción a largo plazo de la mortalidad en proporción a la cantidad de actividad física diaria. (Byberg et al., 2009)

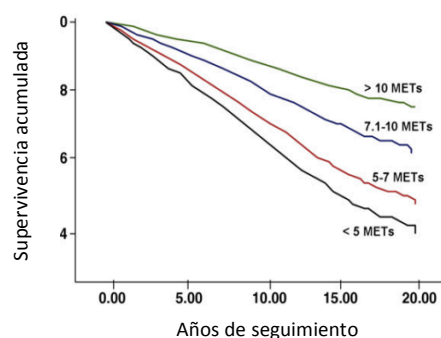


Figura 2. Relación capacidad funcional en prueba de esfuerzo en tapiz y mortalidad a largo plazo (Kokkinos et al., 2008). 1MET = $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ O}_2$

Subrayar la diferencia entre una buena CF e índice de masa corporal (IMC) mediante la teoría “*fitness over fatness*”. Diversos estudios indican que el riesgo de muerte prematura depende de una incorrecta condición cardiorrespiratoria (CCR) y no del IMC (Barry et al., 2013; Fogelholm, 2009; Pedersen, 2007). Personas con buena CCR y un IMC alto no poseen directamente un mayor riesgo de mortalidad. Estas conclusiones son de gran interés para la sanidad pública pues una vez justificada la importancia de una buena CF investigadores, médicos, políticos competentes en dicha materia y Graduados en Ciencias de las Actividad Física y de Deporte deberán desarrollar protocolos de ejercicio físico que mejoren la CF y no la composición corporal como objetivo principal.

3.2 Condición física aeróbica. Indicadores y componentes

Según Caspersen, Powell y Chistenson (1985) una buena CF es la capacidad de llevar a cabo las tareas de la vida diaria y vida diaria laboral con vigor y agilidad, sin excesiva fatiga y poder afrontar con energía y divertimento las actividades del tiempo libre y hacer frente a emergencias imprevistas.

La Real Academia Española (2001) define aptitud como “capacidad para operar competentemente en una determinada actividad”. Una “buena o mala” capacidad física deriva de la tarea planteada. Esta reflexión nos permite fijar objetivos en diferentes

contextos. La capacidad físico-funcional de las personas está descrita por diferentes indicadores. Estos indicadores toman más o menos protagonismo en función del contexto en el que se encuentre la persona. Un Deportista de alto rendimiento necesita un hiperdesarrollo de uno o varios indicadores de la CF para afrontar su vida diaria laboral (actividad competitiva). En cambio otro tipo de población necesita mejorar otro tipo de indicadores para afrontar los factores de riesgo derivados del estilo de vida sedentario. El análisis de contextos diferentes ha permitido generar clasificaciones (Tabla 1)

Tabla1. Indicadores de la condición física (CF). Adaptado de Caspersen et al., (1985).

Indicadores de CF en relación con la salud:	Indicadores de CF de habilidad (carácter competitivo)
• Resistencia cardiorrespiratoria	• Agilidad
• Resistencia muscular	• Equilibrio
• Fuerza muscular	• Coordinación
• Composición Corporal	• Velocidad
• Flexibilidad	• Potencia
	• Tiempo de reacción

La condición aeróbica consiste en la potencialidad que posee el ser humano para resistir tareas en las cuales la resíntesis de ATP se produce fundamentalmente por medio del metabolismo aeróbico (Augusto y Hernández, 2010).

El “*Gold Standard*” a la hora de conocer el nivel de condición aeróbica consiste en realizar una medición del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$). Se puede definir como la capacidad máxima de utilizar oxígeno del aire atmosférico durante la ejecución de un ejercicio de carácter dinámico. (Cassidy, Thoma, Houghton, y Trenell, 2016; Fardy, Yanowitz, y Wilson, 1995). Según López, Vicente, y Cancino (2013, p. 99):

“La sangre venosa siempre contiene oxígeno y la cantidad de oxígeno transportado es siempre superior a la cantidad de oxígeno utilizado. El oxígeno consumido en las mitocondrias equivale al oxígeno absorbido en los alveolos, ya que la función del sistema ventilatorio es permitir que la sangre reponga, a su paso por los capilares pulmonares, el oxígeno que le ha sido extraído en los capilares sistémicos”.

Esta interacción entre metabolismos, sistema circulatorio, ventilatorio y de mecanismos fisiológicos subyacentes involucrados en la producción de energía durante el ejercicio físico varía en función al nivel de intencionalidad o intensidad con que se quiera llevar a cabo una actividad (Wasserman, Van Kessel, y Burton, 1967). Beaver, Wasserman y Whipp (1986) definieron umbral anaeróbico, indicador de resistencia aeróbica, como la intensidad a la cual empieza a aumentarse de forma progresiva la concentración de lactato en sangre a la vez que la ventilación se intensifica de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido. Por ello el umbral anaeróbico es el “punto de compensación respiratoria por acidosis metabólica” (Wasserman, 1978).

A esta intensidad el nivel de energía demandada requiere un aporte mayor de oxígeno (Castellanos y Sánchez, 2010). Esta excesiva demanda de ATP por unidad de tiempo no podrá suministrarse en su totalidad únicamente por vía aeróbica teniendo que intervenir la vía metabólica glucolítica de carácter anaeróbico para sostener el nivel de exigencia física produciéndose un aumento de lactato por los músculos ejercitantes. La intensidad a la que se presenta en personas sanas no entrenadas es del 55 y 65% del $VO_{2m\acute{a}x}$ y por encima del 80% del $VO_{2m\acute{a}x}$ en deportistas de resistencia con un nivel alto de entrenamiento (Castellanos y Sánchez, 2010).

Al cesar el estímulo aeróbico existe un fenómeno fisiológico denominado deuda de oxígeno (DO_2). Castellanos y Sánchez (2010) lo definen como la cantidad de oxígeno en litros que el organismo consume por encima del nivel de reposo, desde que cesa la actividad muscular hasta que el VO_2 vuelve a los valores basales. Refleja los ajustes respiratorios, circulatorios, iónicos y térmicos que ocurren durante la recuperación. Este gasto energético posterior suele presentar un componente rápido (reabastecimiento de las reservas de oxígeno y resíntesis de fosfágenos) y un componente lento (asociado con mecanismos responsables de un incremento del metabolismo) (McArdle, 2002). Se ha comprobado que la magnitud y duración de la DO_2 depende de la intensidad del ejercicio (Bahr y Sejersted, 1991). Campillo (2008) en su revisión bibliográfica cualitativa concluye enunciando aplicaciones prácticas para aumentar la DO_2 descritas en la tabla 2.

Tabla 2. Estrategias para aumentar la Deuda de oxígeno (DO_2). Adaptado de Campillo (2008)

• Utilizar intensidades relativamente elevadas de ejercicio ($\geq 70\%$ $VO_{2m\acute{a}x}$)
• Realizar ejercicio por periodos relativamente prolongados (60 – 80 minutos)
• Introducir sesiones de entrenamiento interválico (2 x 25 min vs 50 min continuos)
• Introducir sesiones de entrenamiento tipo HIIT (20 x 1 min 105% $VO_{2m\acute{a}x}$, con 2 min recuperación)
• Ejercicios tren inferior vs tren superior (ejercicios tren inferior, frente a una misma intensidad relativa específica, se percibe mucho más difícil)

3.2.1 Capacidad aeróbica ($VO_{2m\acute{a}x}$)

Tabla 3. Variables que afectan al $VO_{2m\acute{a}x}$

Genética	La herencia puede condicionar hasta el 70% del $VO_{2m\acute{a}x}$.
Edad	El $VO_{2m\acute{a}x}$ aumenta desde el nacimiento, de forma paralela a la ganancia de peso corporal. Se alcanza un máximo entre 18 - 25 años. En este punto el $VO_{2m\acute{a}x}$ disminuye gradualmente.
Composición corporal	El $VO_{2m\acute{a}x}$ depende especialmente de peso magro libre de grasa, de manera que cuanto mayor sea la masa muscular, mayor será el $VO_{2m\acute{a}x}$.
Sexo	$VO_{2m\acute{a}x}$ es más elevado en los varones que en las mujeres debido a composición corporal, función cardiovascular y factores hormonales.
Funcionalidad	El entrenamiento puede aumentar el $VO_{2m\acute{a}x}$. Pueden mejorarlo desde personas con discapacidad funcional (cardiópatas), hasta atletas de alto nivel (mejoras de hasta el 20%).

Conforme aumenta la intensidad en un ejercicio de carácter dinámico, mayor es el VO_2 hasta alcanzar la potencia aeróbica máxima o $VO_{2m\acute{a}x}$. Se expresa de manera absoluta ($L \cdot \text{min}^{-1}$) o relativa al peso corporal ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Según López et al., (2013) la variabilidad existente entre los diferentes sujetos es amplia y depende de 5 factores descritos en la tabla 3.

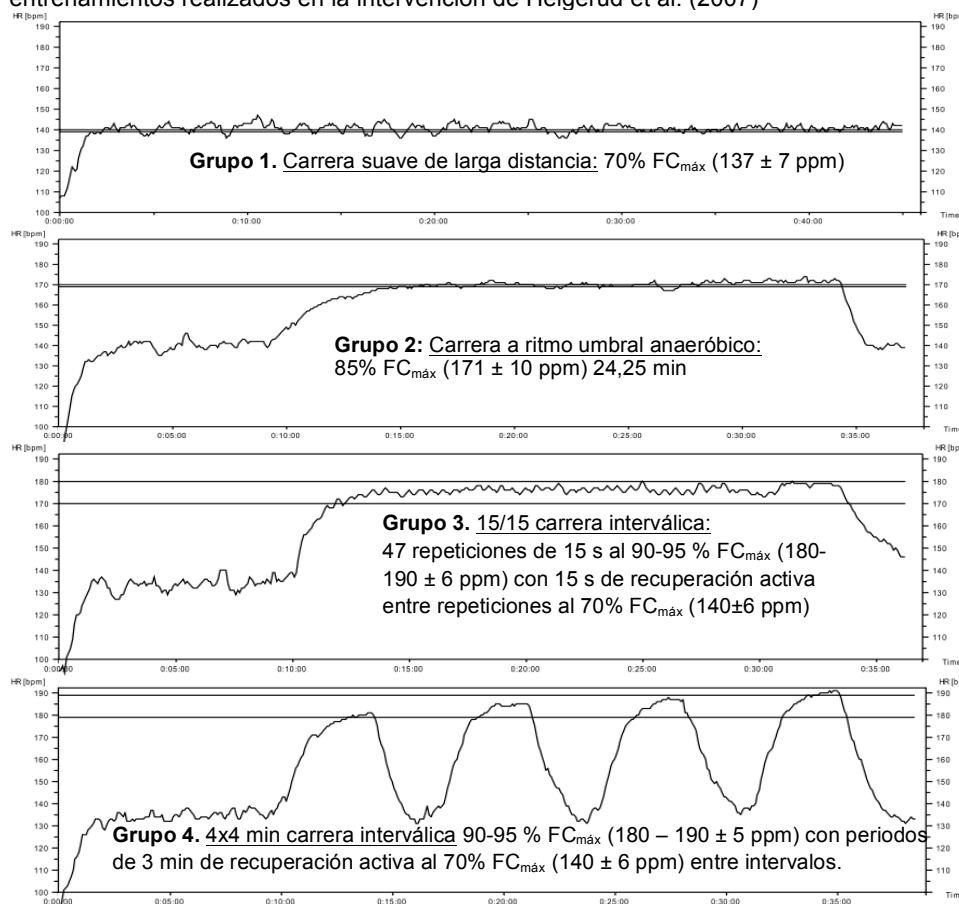
3.3 Entrenamiento y capacidad aeróbica

Tabla 4. Tipo de adaptación en función del estímulo. Adaptado de Coffey y Hawley (2007)

Entrenamiento aeróbico de larga duración	Entrenamiento de fuerza con alta carga.
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios metabólicos y morfológicos: biogénesis mitocondrial, transformación de fibras rápidas a fibras lentas, cambio en la utilización de sustratos energéticos a nivel metabólico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis de las proteínas responsables de la contracción muscular para generar una hipertrofia de las fibras musculares y con ello incrementar la máxima manifestación de fuerza contráctil.

El músculo esquelético es un tejido maleable capaz de modificar el tipo y la cantidad de proteínas responsables de alterar el equilibrio bioquímico celular (homeostasis). El entrenamiento induce adaptaciones a nivel del músculo esquelético involucrando multitud de señales y mecanismos que inician la replicación de concretas secuencias de ADN de nuestro genoma que activan la posterior translación del mensaje genético (Coffey y Hawley, 2007). Los efectos a nivel funcional de este proceso, denominado adaptación, están determinados por el volumen, intensidad y frecuencia de entrenamiento. El tipo de adaptación depende tanto del tipo del estímulo como del tipo de ejercicio (tabla 4).

Figura 3. Respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) a los diferentes tipos de entrenamientos realizados en la intervención de Helgerud et al. (2007)



El desarrollo tecnológico permite estudiar de manera objetiva los efectos del entrenamiento. Según Coffey y Hawley (2007), el buen conocimiento de las vías que permiten la adaptación del organismo a un estímulo es de gran importancia para entender la etiología de diferentes enfermedades, mantener la capacidad funcional y metabólica en el proceso de envejecimiento y crear metodologías de entrenamiento más efectivas.

Se ha despertado un gran interés sobre la metodología tipo HIIT (High Intensity Interval Training) desde que Tabata et al. (1996) demostraron que un entrenamiento tipo HIIT en cicloergómetro (7-8 x 20 s / 10s descanso), induce mejoras en capacidad aeróbica y resistencia anaeróbica en un escaso periodo de tiempo (4 min). Se busca realizar intervalos de trabajo a una intensidad próxima o mayor al 90% del $VO_{2m\acute{a}x}$ (Midgley, Mcnaughton, y Wilkinson, 2006). Helgerud et al. (2007) comparan los efectos de diferentes intensidades utilizando en jóvenes sanos 4 métodos diferentes de entrenamiento (Figura 3) 3 días a la semana durante 8 semanas con misma carga de trabajo. El $VO_{2m\acute{a}x}$ no mejoró en el grupo 1 y 2. Sin embargo los grupos 3 y 4 aumentaron significativamente un 5,5 y 7,3%, respectivamente. Concluyen enunciado que la metodología tipo HIIT utilizada por el grupo 4 genera mayores beneficios que el entrenamiento continuo convencional.

Milanovic, Sporis y Weston (2015) realizaron un meta-análisis de 28 artículos que estudian la efectividad de diferentes métodos de entrenamiento HIIT y/o continuos de resistencia y sus efectos en $VO_{2m\acute{a}x}$. Los criterios de inclusión fueron adultos sanos (18-45 años), ≥ 2 semanas de entrenamiento y haber llevado acabo una valoración de $VO_{2m\acute{a}x}$ previa y posterior. Estos criterios derivan en 723 participantes con una media \pm desviación estándar de edad y $VO_{2m\acute{a}x}$ inicial de $25,1 \pm 5$ años y $40,8 \pm 7,9$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, respectivamente. Concluyen enunciando los resultados presenten en la tabla 5.

Tabla 5. Conclusiones del meta-análisis realizado por Milanovic et al. (2015)

Entrenamiento resistencia tradicional	Realizando un entrenamiento de resistencia tradicional continuo existe un 95% de posibilidades de aumentar $4,9 \pm 1,4$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ el $VO_{2m\acute{a}x}$. Teniendo una menor edad se han observado mejores efectos en este tipo de entrenamiento.
Entrenamiento tipo HIIT	Realizando un entrenamiento HIIT existe un 95% de posibilidades de aumentar el $VO_{2m\acute{a}x}$ $5,5 \pm 1,2$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Estos dos tipos de entrenamiento provocan mayores mejoras en personas que poseen un nivel de condición física menor.
HIIT VS Tradicional	Comparando ambos entrenamientos el HIIT mejora en mayor medida el $VO_{2m\acute{a}x}$ ($1,2 \pm 0,9$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) que el entrenamiento tradicional de resistencia.

3.3.1 ¿El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) puede mejorar la capacidad aeróbica?

Cada vez existen más evidencias indicando que el HIIT puede ser un ejercicio físico eficiente en tiempo para incrementar la capacidad aeróbica y la salud (Babraj et al., 2009; Burgomaster et al., 2008). Buchheit y Laursen (2013) señalan que un trabajo cercano al $VO_{2m\acute{a}x}$, maximiza el estímulo de transporte de oxígeno y los sistemas de utilización proporcionando el estímulo más efectivo para la mejora del $VO_{2m\acute{a}x}$. Esta intensidad permite reclutar un gran número de motoneuronas que inervan fibras musculares tipo I y II con la consecución de un gasto cardiaco cercano al máximo. También se incentivan las señales de oxidación de sustratos por las fibras musculares y se produce un agrandamiento de la pared del miocardio tras varias sesiones de entrenamiento. Esta serie de adaptaciones son las que se proponen como causas del aumento del $VO_{2m\acute{a}x}$, disminución de la presión sanguínea

sistólica y diastólica, aumento de lipoproteínas de alta intensidad (HDL), disminución de triglicéridos y glucosa en ayunas, menor estrés oxidativo e inflamación y mayor sensibilidad a la insulina, todas interconectadas entre si (Weston, Wisloff, y Coombes, 2014). Esta intensidad es respaldada y considerada como “red zone” por diversos autores (Billat, 2001; Laursen y Jenkins, 2002; Midgley, Mcnaughton, y Jones, 2007; Midgley et al., 2006) en la cual se deben alcanzar valores por encima del 90% $VO_{2máx}$ teniendo que ser mantenida durante varios minutos para alcanzar adaptaciones a nivel cardiovascular y periférico.

A pesar de la limitada comprensión de los mecanismos que relacionan la carga de entrenamiento con los cambios en las capacidades físicas y el rendimiento, pues existe una gran variabilidad entre individuos (Vollaard et al., 2009), hay un creciente interés en las ciencias de la actividad física y del deporte en crear protocolos de entrenamiento que permitan trabajar cerca del $VO_{2máx}$ (Midgley y Mcnaughton, 2006) y conseguir con ello una mejora del mismo.

Tabla 6. Requerimientos metabólicos y/o carga neuromuscular de sesiones tipo HIIT. Adaptado de Buchheit y Laursen (2013) y Weston, Wisloff y Coombes (2014).

1. Metabólico	Grandes requerimientos de utilización y transporte de O_2 (Sistema cardiopulmonar - capacidad oxidativa muscular)	Intervalos cortos < 60s	Intervalos largos < 60s	SIT	RST	Fuerza velocidad
2. Metabólico + neuromuscular	Se suma al 1. un cierto grado de estrés muscular					
3. Metabólico + anaeróbico	Se suma al 1. una importante contribución energética de la glucólisis anaeróbica.					
4. Metabólico + Anaeróbico + neuromuscular	Se suma al 3. una sobrecarga muscular					
5. Anaeróbico + neuromuscular	Energía procedente principalmente de glucólisis anaeróbica + gran carga neuromuscular					
6. Neuromuscular	Gran predominio de esfuerzo neuromuscular					
Nota: Sprints (Intervalos) cortos y largos 80-100% $FC_{máx}$; RST = entrenamiento de sprints repetidos, SIT = entrenamiento interválico de sprints cortos > 100% $VO_{2máx}$; Fuerza velocidad = apenas aumenta FC.						

A la hora de seleccionar una metodología de tipo HIIT debemos fijar un objetivo a largo plazo. La selección de un formato se basa en las expectativas sobre la reacción y el esfuerzo que supondrá al organismo. Cualquier sesión de entrenamiento desafiará, a diferentes niveles respecto el contenido tratado, tanto al sistema metabólico como al neuromuscular y músculo-esquelético. Según Gustin (2001) el sistema metabólico esta compuesto por tres diferentes procesos integrados: partición de los fosfágenos acumulados (adenosintrifosfato (ATP) y fosfocreatina (PCr); glucólisis anaeróbica de los carbohidratos almacenados; consumo de grasas y carbohidratos en presencia de oxígeno (metabolismo oxidativo). En la tabla 6 se muestra una clasificación de las metodologías de HIIT más utilizadas. No son apartados estancos, pretende explicar los mecanismos fisiológicos que serán estimulados predominantemente con cada tipo de entrenamiento.

3.4 ¿En que consiste el HIIT con el propio peso corporal?

Uno de los principales motivos por los cuales la población actual no practica ejercicio físico de manera regular es la “falta de tiempo” (Gillen y Gibala, 2013). A esta falta de tiempo, en numerosas ocasiones, se le suma un continuo cambio de entorno debido al desempeño de las actividades laborales. Muchas personas no tienen a su alcance los recursos necesarios para poder llevar a cabo un entrenamiento tradicional (Kilika y Jordan, 2013). Por lo tanto existe la necesidad de encontrar una metodología que atienda a las demandas espacio-temporales de la sociedad actual.

El ratio estímulo recuperación del HIIT puede ser fácilmente adaptado para ser usado con ejercicios que involucren la utilización de todo el cuerpo. Esta metodología, puede ser una opción atractiva como estrategia para mejorar la CF y eficiente en cuanto a tiempo, pues predomina más la intensidad que el volumen (Gillen y Gibala, 2013; McRae et al., 2012).

A día de hoy existe un gran interés por la producción científica sobre HIIT aplicado a modalidades tradicionales como carrera, bicicleta y natación; pero existe una escasez de estudios que lo combinen con ejercicios con el propio peso corporal (Peña, 2014). Investigaciones recientes confirman que un HIIT con el propio peso corporal puede generar un mismo estímulo a nivel cardiovascular que entrenamientos de sprints repetidos en cicloergómetro tipo SIC (*sprint interval cycling*) (Gist, Freese, Ryan, y Cureton, 2015)

Este tipo de entrenamiento se ha vuelto muy popular ya que según el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) puede ser adaptado a personas con diferentes niveles de condición física y aportar similares mejoras en la condición física que entrenamientos de resistencia continuos en un menor periodo de tiempo. La intensidad durante los intervalos de trabajo debe ser $\geq 80\%$ de la $FC_{m\acute{a}x}$, recomendándose una recuperación al 40-50% de la $FC_{m\acute{a}x}$ (Kravitz, 2011). Otros autores enuncian que para maximizar los beneficios de dicha metodología la intensidad debe ser $\geq 90\%$ $VO_{2m\acute{a}x}$ (Midgley et al., 2006) existiendo grandes dificultades para mantenerla con este tipo de metodología. Este tipo de entrenamiento no suele durar más de 30 minutos por sesión (Thompson, 2017). Existen estudios que muestran que este tipo de metodologías son percibidas más divertidas (Little et al., 2011) pudiendo crear mejor adherencia que el ejercicio físico de larga duración y de baja intensidad (Bartlett et al., 2011).

En cuanto al entrenamiento con el propio peso corporal podría denominarse como un método apropiado para alcanzar y mantener una buena CF en una época en la que existe una gran preocupación por los gastos económicos, siendo ejercicios fantásticos para sentirse bien y verse bien sin una gran inversión financiera. Este tipo de entrenamiento no se limita únicamente a las flexiones y dominadas sino que esta tendencia permite la “vuelta

a lo básico” (Thompson, 2017) utilizando una gran variedad de movimientos simples y dinámicos generalmente usando un mínimo equipo o aparatos (Probst et al., 2011). La necesidad mínima de recursos te permite llevar a cabo las sesiones de ejercicio físico en espacios externos y con ello aprovecharnos de unos beneficios derivados para la salud y el bien estar (Peplonska et al., 2008).

Para dotar de mayor valor a este planteamiento podemos acudir a la encuesta mundial sobre las tendencias del sector del *Fitness* en el 2017. En cabeza, junto a la tecnología *wearable*, en el puesto segundo y tercero se encuentran el entrenamiento con el propio peso corporal y el HIIT respectivamente (Thompson, 2017). La posible explicación es la búsqueda de un servicio económico y efectivo debido a la crisis que comenzó en el 2008.

A modo de conclusión estos entrenamientos pueden englobarse en las metodologías “*cross-training*” (O’Keefe et al., 2011) que buscan un entrenamiento concurrente (Coffey y Hawley, 2007). Se pretende mejorar la capacidad aeróbica y la fuerza de manera simultánea movilizand o un gran volumen de grupos musculares con patrones motores básicos del movimiento humano, como saltos, carreras, empujes y tracciones, que pretenden recuperar la gran variedad de movimientos que ejecutaban los habitantes de la era paleolítica. Se postula que nuestros ancestros no “realizaban” largas sesiones de entrenamiento continuo sino que se movían mucho a baja intensidad y realizaban actividades intensas de corta duración; en contraste con la gran especialización que las actividades deportivas actuales demandan (Boullosa y Abreu, 2013). Remarcar que este tipo de entrenamiento no busca un hiperdesarrollo de una capacidad en concreto, pues está demostrado que un entrenamiento orientado a la fuerza no genera un aumento de biogénesis mitocondrial, y que un aumento de la sección de las fibras musculares dificulta la difusión de oxígeno y sustratos energéticos (Coffey y Hawley, 2007). Por lo tanto este tipo de alteraciones a nivel muscular, en el momento el que se busca una especialización deportiva, no favorece el máximo desarrollo de la capacidad aeróbica pero si permite mantenerla.

3.4.1 *Freeletics Body Weight Training*[®]

El método de entrenamiento utilizado en este trabajo experimental es *Freeletics BWT*[®] (*Freeletics GmbH*, 2017). Esta metodología consiste en realizar ejercicios con el propio peso corporal a alta intensidad y en el menor tiempo posible. Es de tipo concurrente, pues busca desarrollar de manera integral la potencialidad de nuestro organismo. Presenta un modelo de entrenamiento amplio, general e inclusivo, basado en movimientos multiarticulares que representan patrones motores básicos mostrados en el Anexo-1.

Cada sesión tipo de entrenamiento adquiere el nombre de un dios griego que hace referencia al carácter de la sesión, atendiendo a un tipo de HIIT diferente (Tabla 6) para que

en función de nuestros objetivos focalicemos nuestros entrenamientos hacia una mejora de la capacidad aeróbica o la fuerza. Cada sesión es distinta a la anterior a la vez que novedosa, lo que implica un reto constante para quien lo practica, comprendiendo entre 4 y 6 grupos de ejercicios. Cada persona marca su ritmo, pues se debe primar ante todo una correcta ejecución técnica de los ejercicios para evitar lesiones, y con ello progresar y conseguir las mejora que busca.

3.5 HIIT con el propio peso corporal y sus efectos en la condición aeróbica.

No está claro si la dosis de HIIT aplicada con un protocolo de entrenamiento con el propio peso corporal es suficiente para inducir cambios en la capacidad aeróbica y el rendimiento muscular (McRae et al., 2012). Si este protocolo de alta intensidad induce las adaptaciones deseadas, podría representar un tipo de entrenamiento que mejorase indicadores de salud con un mínimo requerimiento de tiempo y recursos.

Tabla 7. Antecedentes HIIT con el propio peso corporal.

Autor	Muestra	Nº Sesiones por semana	Duración (Semanas)	Protocolo	Efectos en VO ₂ máx
McRae et al., 2012	7 Mujeres recreativamente entrenadas (20,3 ± 1,4 años)	4	4	8 rep × 20 s de un solo ejercicio. 10s recuperación (burpees, jumping Jack...)	↑ ≈ 8% (p < 0,05)
Myers, Schneider, Schmale, y Hazell, 2015	17 Mujeres jóvenes sedentarias (20,9 ± 3,2 años)	3	5	Circuito con 5 ejercicios. Repetir "all out" durante 30 min. Recuperación mínima.	↑ 11% (p = 0,015)
Lipecki y Rutowicz, 2015	15 Mujeres deportistas no profesionales (21-23 años)	4-5	10	HIIT + Propio peso corporal (12-36 min)	↑ 33.3% (p < 0,05)

En la tabla 7 se muestran los resultados de investigaciones científicas que han utilizado este tipo de protocolo para la mejora de la condición aeróbica. Se llevó a cabo una búsqueda en cinco bases de datos electrónicas (PubMed, MEDLINE, SPORTDiscus, Web of Science, y Google Scholar). Para ello se utilizaron palabras clave como "High Interval Training", "HIIT", "bodyweight training", "whole-body training", "aerobic fitness", "aerobic resistance" y "VO₂máx".

Existe un escaso numero de referencia bibliográficas que traten este tipo de cuestión, por eso se planteó llevar a cabo una fase experimental realizando un programa de 9 semanas con personas en edad universitaria que permitiera conocer de forma objetiva los efectos que tiene el HIIT con el propio peso corporal.

4 OBJETIVOS DEL TRABAJO Y COMPETENCIAS DESARROLLADAS

4.1. Objetivo General:

- Llevar a cabo una actualizada revisión bibliográfica para adquirir los conocimientos relacionados con la metodología HIIT para poder aplicar dicho sistema al entrenamiento con el propio peso corporal y contextualizar el trabajo.

- Evaluar los cambios producidos en la condición aeróbica mediante una prueba de esfuerzo ergoespirométrica máxima en tapiz, tras un programa de entrenamiento de tipo HIIT con el propio peso corporal (*Freeletics BWT*[®]) durante 9 semanas en mujeres en edad universitaria. Entre los objetivos específicos están:
 - Evaluar los efectos en el $VO_{2m\acute{a}x}$ (indicador de capacidad aeróbica)
 - Valorar los efectos en los umbrales anaeróbico (indicador de resistencia aeróbica) y aeróbico (indicador de entrenamiento aeróbico)

4.2. Competencias desarrolladas (FCAFD Universidad de León, 2017):

Competencias generales:

- Promover y evaluar la formación de hábitos de práctica de la actividad física y del deporte, orientados al mantenimiento y mejora de la condición física y la salud.
- Conocer y comprender los fundamentos, estructuras y funciones de habilidades, patrones y manifestaciones de la motricidad humana y del deporte.

Competencias específicas:

- Planificar, desarrollar, activar, evaluar y controlar programas de prescripción de actividad física para la mejora de la salud y la calidad de vida en poblaciones con distintas características de edad, género, condición física, factores de riesgo físico y psico-social y con diferentes problemas de salud.
- Interpretar resultados y controlar variables utilizando diferentes métodos y técnicas instrumentales de medición o estimación, tanto de laboratorio como de campo, y aplicarlas en sus futuras tareas profesionales en diferentes grupos de población: docencia, salud, entrenamiento y rendimiento deportivo.

5. METODOLOGÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

5.1. Diseño del estudio

El principal objetivo que nos planteamos en dicho estudio consistió en obtener un grupo de personas que se comprometiera a entrenar durante 9 semanas. Se emitió un comunicado a la comunidad universitaria utilizando como medio de difusión grupos de Whatsapp formados por alumnos de diferentes facultades de la Universidad de León. Dicho comunicado enunciaba las características del estudio que se llevaría cabo y la fecha en la que tendría lugar una reunión informativa para aquellos interesados en participar. En esta primera reunión se les comunicó la manera de proceder durante el estudio, el número de días que se entrenaría a la semana y se consultó la disponibilidad horaria para encontrar un rango horario ideal para el máximo número de participantes. En esta reunión se les informó del imprescindible y obligatorio carácter presencial de las sesiones de entrenamiento.

45 personas fueron las que inicialmente firmaron un consentimiento informado tras conocer previamente las características del estudio, enunciándoles los posibles riesgos a los que se podrían exponer. Finalmente 32 llegaron a realizar las pruebas de valoración previas. Dicha muestra fue dividida en tres grupos de condición física (Tabla 8) para individualizar en mayor medida las sesiones de entrenamiento y respetar el principio de estímulo eficaz.

Los criterios de inclusión en grupos de diferente condición física (“Grupo1”= entrenado, “Grupo 2” = recreativamente entrenado y “Grupo 3” =sedentario) atienden a las pruebas de valoración de la condición física iniciales presentes en la Figura 4, y una encuesta suministrada en el grupo “Freeletics León” de Facebook que buscaba conocer la experiencia previa con este tipo de entrenamientos. De las 32 personas que participaron, en el presente trabajo se tratan los datos del “Grupo 3” que es el que presenta los peores promedios en los resultados de la prueba de esfuerzo ergoespirométrica ($VO_{2máx}$, umbrales y velocidad máxima alcanzada) y en los de las pruebas de fuerza, velocidad y test específicos realizados. Inicialmente este grupo estaba constituido por 11 mujeres.

Tabla 8. Promedios de los 3 grupos de condición física.

	TEST BURPEE 1' (reps)	BURPEE 10 REPS (s)	10 PUSH UPS (S)	25 MOUT. CLIM.(S)	25 SIT UP. (S)	VEL MAX 20m (S)	SJ (cm)	CMJ (cm)	ABK (cm)
Promedio Grupo1	28,83	23,29	11,84	10,78	29,28	3,02	31,31	35,78	28,83
Promedio Grupo 2	23,42	28,64	15,85	11,69	37,50	3,21	28,06	31,88	36,22
Promedio Grupo 3	15,29	53,93	29,77	14,99	74,13	3,69	20,39	22,99	26,11

	$VO_{2máx}$ (L/min)	$VO_{2máxR}$ (ml/kg/min)	VELmáx (km/h)	VT1 % $VO_{2máx}$	VT2 % $VO_{2máx}$
Promedio Grupo1	3,94	54,42	17,32	63,25	82,50
Promedio Grupo 2	3,14	44,83	14,78	69,25	85,42
Promedio Grupo 3	2,17	37,10	12,42	74,10	88,40

Nota: *Test burpee 1'*= Realizar el mayor nº de repeticiones en 1 minuto; *Burpee 10 reps (s)* = realizar 10 burpees en el menor tiempo; *10 Push ups (s)* = realizar 10 flexiones en el menor tiempo; *25 Mount. Clim. (s)*= realizar 25 escaladores en el menor tiempo; *25 sit up (s)* = realizar 25 sit ups en el menor tiempo; *VEL MAX 20m* = mejor tiempo en recorrer 20m; *SJ* = squat jump; *CMJ* = countermovement jump; *ABK* = salto abalakov; VO_2 = consumo de oxígeno absoluto; VO_{2R} = consumo de oxígeno relativo; *VT1 % $VO_{2máx}$* = porcentaje del VO_2 en VT1 con respecto al $VO_{2máx}$; *VT2 % $VO_{2máx}$* = porcentaje del VO_2 en VT2 con respecto al $VO_{2máx}$

En la Figura 4 se muestra el desarrollo del estudio experimental. Las 4 sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo lunes, miércoles, jueves y sábado de 18:45 a 19:45 h. Para el desarrollo de las mismas, previa solicitud, el Decanato de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Servicio de Deportes de la Universidad de León cedió sus instalaciones. Se decidió realizar 4 sesiones pues estudios precedentes (Lipecki y Rutowicz, 2015; McRae et al., 2012; Myers et al., 2015) utilizaron esta frecuencia de entrenamiento que se adapta perfectamente a la vida diaria de las personas.

Figura 4. Desarrollo del estudio experimental.

Valoración PRE	9 semanas	Valoración POST
	36 SESIONES DE ENTRENAMIENTO <i>FREELETICS BWT</i> [®]	
↑	<ul style="list-style-type: none"> • Composición corporal: masa corporal, IMC, índice cintura cadera, %masa grasa, %masa muscular. • Prueba de esfuerzo ergoespiométrica máxima en tapiz rodante • Pruebas específicas de resistencia a la fuerza: test de burpee, 10 burpees, 10 push-ups, 25 escaladores, 25 sit ups en el menor tiempo con recuperación completa entre pruebas. • Test de Bosco: SJ, CMJ, Abalakov • Test RSA (<i>Repeat Sprint Ability</i>): Tiempo en 8 rep x 20m (25 s recuperación) 	↑

5.2. Sujetos

Iniciaron el estudio 11 estudiantes universitarias sanas pero 3 de ellas no pudieron, por diferentes motivos, realizar las pruebas de valoración final, quedando una muestra final de 8 mujeres. Los criterios de exclusión fueron: presentar lesiones o enfermedades que les limitara hacer los ejercicios con la intensidad requerida; no atender a los requerimientos establecidos para los test de rendimiento a realizar; no realizar todas las prueba o tests requeridos; no asistir al menos el 90% de las 36 sesiones; y no ejecutar el 90% de las sesiones a la intensidad requerida.

5.3. Material y Métodos

Las participantes fueron informadas con anterioridad de la hora a la que debían acudir al laboratorio de valoración de la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo del grupo de investigación VALFIS ubicado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, para llevar a cabo las pruebas de valoración absteniéndose de haber realizado actividad física vigorosa 24 horas antes, haber ingerido alcohol o estar bajo el efecto de alguna medicación en las ultimas 12 horas y estando en un estado de ayuno mínimo de 4 horas.

5.3.1. Cineantropometría

Para describir la composición corporal de la muestra se tomaron del lado dominante 6 pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, suprailiaco, abdominal, muslo y pierna) para estimar el porcentaje graso (fórmulas de Carter) mediante un plicómetro (Marca Harpenden, Holtain LTD[®]), cuatro perímetros con una cinta métrica Holtain LTD[®] (brazo relajado-contráido, muslo y pierna) y tres diámetros óseos con un paquímetro Holtain LTD[®] (humeral, estiloideo y femoral) conforme a la metodología del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte (Alvero et al., 2009). Talla y peso fueron tomados por la mañana con un tallímetro SECA[®] (precisión 2 mm) y báscula con precisión de 100 g respectivamente. El índice de masa corporal (IMC) fue calculado como $\text{Peso (Kg)}/\text{Altura (m}^2\text{)}$.

5.3.2. Prueba ergoespirométrica máxima para determinar la condición aeróbica.

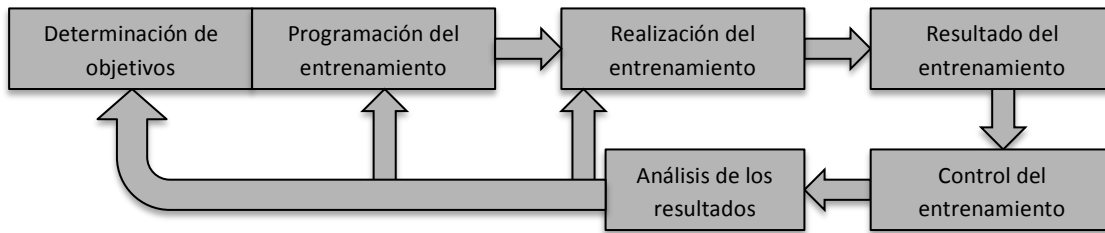
Tras realizar la valoración de la composición corporal el participante realizó una prueba de esfuerzo ergoespirométrica máxima en tapiz rodante (HP Cosmos Pulsar, HP Cosmos Sports & Medical GMBH, Nussdorf-Traunstein, Alemania[®]) con análisis de gases espirados (Medisoft[®] Med Graphics[®] CPX Plus. St. Paul, Minnesota. USA) y monitorización electrocardiográfica continua de 12 derivaciones (MedCard[®]) al mismo tiempo que portaban un pulsómetro (banda pectoral con transmisor) PolarTeam-II (Polar[®] Electro Oy, Finland). En ella se registran valores máximos alcanzados (velocidad, VO_2 , FC, ventilación, cociente respiratorio, percepción subjetiva del esfuerzo) y se identifican los correspondientes al umbral aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2). Las valoraciones se realizaron bajo similares condiciones medioambientales (20-25°C de temperatura, 30-35% de humedad relativa). Previamente realizan un calentamiento estandarizado: 10 min de carrera continua en el tapiz de 6 a 9 km/h, con objeto de alcanzar y mantener un rango de frecuencia cardiaca de 125 a 140 pulsaciones por minuto. Tras su finalización queda en bipedestación 5 min descansado (al tiempo que realiza estiramientos libremente), para permitir una recuperación completa antes de proceder a la prueba en el tapiz rodante atendiendo a un protocolo en rampa: inicio a 6 km/h e incrementando automática, progresiva y continuamente la velocidad 1 km/h cada minuto. La prueba se realiza hasta la extenuación, considerándose como criterios de maximalidad (Casajús, Piedrafita, y Aragonés, 2009) llegar al >95% de la $FC_{máx}$ teórica; tener cociente respiratorio >1,15 ; alcanzar una meseta en el $VO_{2máx}$; sentir una percepción subjetiva de esfuerzo de 9-10 en la Escala de Borg de 1-10 (Borg, 1982). 5 segundos antes de finalizar cada minuto de esfuerzo se le pregunta por la percepción subjetiva de esfuerzo atendiendo a la escala de Borg. Al llegar a la extenuación, el tapiz automáticamente descende gradualmente la velocidad hasta alcanzar los 4 km/h (lo que tarda entre 20 y 25 s dependiendo de la velocidad máxima alcanzada) registrándose la recuperación a dicha velocidad hasta completar 3 min tras finalizar el esfuerzo máximo. Durante la misma se registra cada 10 segundos la FC durante los 3 primeros minutos, al tiempo que se pregunta por su percepción subjetiva de recuperación (escala TQR de 6-20) (Kentta y Hassmén, 1998) .

5.4. Programación del entrenamiento *Freeletics BWT*[®]

La puesta en práctica de dicha metodología se llevo a cabo respetando la estructura cibernética propuesta por Grosser, Brüggemann y Zintl (1989) para tener un feedback continuo del proceso y poder efectuar las correcciones pertinentes (Figura 5.)

El principal objetivo consistió en analizar los efectos de *Freeletics BWT*[®]. Se realizó una fase de familiarización para que los participantes conocieran la metodología. Se explicó la correcta ejecución técnica de los ejercicios para minimizar el riesgo de lesión.

Figura 5. Proceso de planificación y regulación del entrenamiento. Adaptado de: Grosser et al. (1989)



Mientras que el “Grupo 1” realizó siempre las sesiones “estándar” originales que propone dicha metodología, el Grupo 3, objeto de este TFG, realizó sesiones adaptadas a su nivel modificando el tipo de ejercicio y el volumen de entrenamiento. En las primeras semanas, se primaba una correcta ejecución técnica para posteriormente añadir intensidad a los ejercicios. Conforme se iba adquiriendo la técnica ideal, se pedía máxima intencionalidad a la hora de ejecutar los ejercicios para asegurar las adaptaciones que promete dicha metodología de entrenamiento.

Los entrenamientos tuvieron una duración de 5 a 30 minutos de trabajo efectivo. Se realizaba un calentamiento estandarizado con ejercicios de movilidad articular y ejercicios que aumentasen considerablemente la FC. En cada sesión con ayuda de pulsómetros Polar Team-2 (PolarTeam®, Polar® Electro Oy, Finland) se realizaban registros para corroborar que la intensidad es cercana a la máxima (zona 4-5: 80-100% $FC_{m\acute{a}x}$ registrada en la prueba ergoespirométrica). Al terminar la parte principal durante la vuelta a la calma se suministraba el cuestionario sobre percepción subjetiva del esfuerzo de la propia sesión (Borg, 1982) y se registraba el tiempo que tardaban en realizarla. Todos estos datos fueron introducidos en hoja de cálculo de Microsoft Excel 2013. Esta dinámica permitió controlar la carga de todas las sesiones y conocer el carácter de las mismas para comprender que sesiones son más adecuadas para la mejora de la condición aeróbica o la fuerza (Midgley y Mcnaughton, 2006).

Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por un Becario FPU del Dpto de Educación Física y Deportiva, y Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y Deporte, y por mí mismo, conjuntamente con otro estudiante de 4º curso del Grado en Ciencias de la Actividad y del Deporte. Los participantes siguieron sus hábitos de ejercicio físico, en el caso de que los tuvieran, durante la duración del estudio.

5.5. Análisis de datos

Todas las variables fueron introducidas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2013 que permite elaborar tablas y gráficos. Las variables cumplieron con los requisitos de normalidad y homocedasticidad (prueba de Shapiro-Wilk y de Levene), haciendo la comprobación con la ayuda del software SPSS versión 24.0 para Microsoft (SPSS® Inc., Chicago, IL, Estados

Unidos). Se realizó un ANOVA de 1 vía para la comparación de los parámetros en estudio antes y después del programa de entrenamiento. También se realizó un análisis descriptivo (M=medias y (DE)=desviaciones estándar) para todos los conjuntos de datos y se efectuaron las pruebas estadísticas en una hoja de cálculo diseñada por Lakens (2013), salvo el nivel de significación, que fue hallado mediante el software SPSS. Para todos los valores se estableció un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$. Por otro lado, se lleva a cabo un tratamiento estadístico que determina el tamaño del efecto de muestras correlacionadas y se narran aquellos valores de variables que no tienen significación y se consideran de interés. Este método permite determinar diferencias sin influencia del tamaño muestral (Hopkins, 2007). Atendiendo a las recomendaciones de Lakens (2013), se reportó la g de Hedges (g_{av} cuando las comparaciones son intra-sujeto). Se consideraron los siguientes valores de tamaño del efecto: $< 0,2$ trivial, $0,2-0,5$ pequeño, $0,5-0,8$ moderado, $> 0,8$ grande (Cohen, 1988).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La antropometría y composición corporal de las 8 mujeres universitarias se muestran en la Tabla 9. Grupo homogéneo en edad, con un promedio de IMC normal (si bien con algunas con sobrepeso), y valores normales de porcentaje de masa grasa y muscular para una población universitaria (Alvero et al., 2009).

Tabla 9. Antropometría y composición corporal de población universitaria sedentaria (n=8).

	M (DE)	Rango
Edad (años)	20,13 (2,23)	18 - 23
Talla (cm)	166,4 (7,96)	163 - 178
Peso (Kg)	59,24 (5,76)	52,9 - 70,5
IMC (Kg/m ²)	21,53 (3,19)	19,19 - 29,08
∑6 Pliegues (mm)	112,23 (35,62)	74,40 - 188
Masa Grasa (%)	14,53 (3,46)	10,86 - 21,88
Masa Muscular (%)	60,80 (3,41)	53,56 - 64,49
Nota: <i>M</i> = media; <i>DE</i> = desviación estándar; <i>Rango</i> = valor mínimo – valor máximo; <i>IMC</i> = índice de masa corporal		

Los valores máximos obtenidos en las pruebas ergoespirométricas máximas realizadas antes (Pre) y justo al finalizar (Post) el programa de entrenamiento se muestra en la Tabla 10. No se observan cambios significativos en los valores de $VO_{2máx}$ y $VO_{2máxR}$ aunque tienden a mejorar un 8,33%, ambos con un tamaño del efecto moderado; mientras que la velocidad máxima alcanzada mejora muy significativamente un 6,17% (con un gran tamaño del efecto: 99% de probabilidad de que ocurra). Alcanzan $FC_{máx}$ que corresponden al 100,56% de la $FC_{máx}$ teórica en la primera prueba PRE y el 98,44% en la segunda, y que aunque resulta ser un 2% significativamente menor, superan los criterios de maximalidad requeridos. No se observan más cambios significativos, aunque tienda a mejorar un 6,27% la ventilación y un 1,88% el RQ (con moderados tamaño del efecto), y reducirse en un 7,5% la percepción subjetiva de esfuerzo (con un moderado tamaño del esfuerzo), si bien dentro de los criterios de maximalidad (> 9). El lenguaje común del tamaño del efecto indica que

después de controlar las diferencias individuales, la probabilidad de que una persona obtenga un mayor $VO_{2m\acute{a}x}$ y un mayor $VO_{2m\acute{a}xR}$ en la prueba Post que en la prueba Pre es del 79% y 77%, según la convención de Cohen puede decirse que es moderado.

Tabla 10. Efectos en los valores máximos de la prueba de esfuerzo ergoespirométrica en el grupo universitarias que entrenan programa *Freeletics BWT*[®]

n=8	PRE	POST	% Cambio	t	p	g_{av} de Hedges	LC*	IC 95%
	M (DE)	M (DE)						
$VO_{2m\acute{a}x}$ (L·min ⁻¹)	2,25 (0,16)	2,44 (0,25)	8,33	2,28	0,06	0,80	0,79	0,38 ; -0,07
$VO_{2m\acute{a}xR}$ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	38,22 (3,94)	41,21 (4,18)	8,33	2,14	0,07	0,65	0,77	6,29 ; -0,32
VEL _{máx} (Km/h)	12,6 (1,18)	13,38 (1,27)***	6,17	6,20	0,000	0,57	0,99	1,07 ; 0,48
FC _{máx} (ppm)	201,13 (9,02)	196,88 (8,15)*	-2,09	3,44	0,01	0,44	0,89	1,33 ; 7,17
RPE _{máx}	9,88 (0,35)	9,13 (1,13)	-7,50	1,82	0,11	0,8	0,74	-0,224 ; 1,72
$V_{E\ m\acute{a}x}$ (L·min ⁻¹)	102,39 (20,62)	107,43 (15,54)	6,27	1,09	0,31	0,25	0,65	16,01 ; -5,92
RQ _{máx}	1,21 (0,07)	1,23 (0,05)	1,88	0,75	0,48	0,30	0,60	0,08 ; -0,04

Nota: *n* = tamaño muestral; *M*= valores medios; *DE* = desviación estándar; Diferencias significativas Pre-post: *=*p*<0,05; ***=*p*<0,001; % *Cambio* = porcentaje de cambio pre y post periodo de entrenamiento; *t* = estadístico de la prueba t-student; *p* = valor de significación, nivel de significación *p*<0,05; g_{av} de Hedges = tamaño del efecto; *LC** = lenguaje común tamaño del efecto; *IC 95%* = intervalo de confianza para la diferencia de medias al 95%, expresado como limite inferior, limite superior; $VO_{2m\acute{a}x}$ = consumo máximo de oxígeno absoluto; $VO_{2m\acute{a}xR}$ = consumo máximo de oxígeno relativo; *VEL*_{máx} = velocidad máxima; *FC*_{máx}= frecuencia cardiaca máxima; *RPE*_{máx}= percepción subjetiva del esfuerzo máxima de 1 a 10; $V_{Em\acute{a}x}$ = volumen espiratorio máximo, *RQ*_{máx}= cociente respiratorio máximo.

Los resultados obtenidos en cuanto a mejora del $VO_{2m\acute{a}x}$ del 8,33% son inferiores, aunque similares, a los expuestos por Myers et al. (2015) tras realizar un programa de semejante tipo, duración y edad obteniendo un 11 % de cambio $VO_{2m\acute{a}x}$ medido con una prueba de esfuerzo máxima en cicloergómetro. McRae et al. (2012) obtuvieron una similar y significativa mejora (8% $VO_{2m\acute{a}x}$) utilizando un protocolo de Bruce modificado en tapiz rodante. Lipecki y Rutowicz (2015) mediante un test de campo de Astrand-Rhyming obtuvieron mejoras significativas del 33%. Subrayar que nuestra muestra fue seleccionada de entre las de menor condición física en función a la clasificación inicial (Tabla 8). Dentro de la planificación semanal siempre se realizaba una sesión tipo 4 ó 5 (Tabla 6) que implican un fuerte carácter neuromuscular. Nuestra muestra también tenía un menor acondicionamiento a nivel muscular, lo que era una limitación para trabajar durante varios minutos en la llamada “red zone” en la cual se deben alcanzar valores mayores al 90% $VO_{2m\acute{a}x}$ (Billat, 2001; Laursen y Jenkins, 2002; Midgley et al., 2007, 2006). Por lo tanto el volumen de trabajo a estas intensidades fue menor, pudiendo ser una razón de la escasa mejora en $VO_{2m\acute{a}x}$ (Midgley y Mcnaughton, 2006).

Los valores Pre y Post correspondientes al umbral anaeróbico (VT2) se muestran en la Tabla 11. En los valores VO_2 , VO_{2R} *VEL*, % *VEL*_{máx}, V_E , *RQ*, no sólo el tamaño del efecto es grande sino que los cambio son significativos (*p* = <0,05). En la intensidad correspondiente al VT2 el VO_2 , tanto absoluto como relativo, mejora significativamente un 12,01 y 14,1%

respectivamente (Figura 6), con tamaño del efecto grande (es decir, una probabilidad del 82 y 83%, respectivamente, de que ocurra). Al igual que ocurre con la mejora significativa del 10,21% de la velocidad a la que se identifica, o de la mejora significativa del porcentaje que corresponde respecto de la velocidad máxima alcanzada (un 3,88%); también son significativas las mayores ventilaciones y cociente respiratorio correspondientes a la intensidad VT2 tras el programa de *Freeletics* (un 19,47% y 6,71%, respectivamente) y con tamaño del efecto grande. En cambio, no se encuentran diferencias significativas en los porcentajes de VO₂, FC y V_E respecto de sus valores máximos a los que se identifica el VT2, ni en la escala de percepción subjetiva de esfuerzo, aunque éste tienda a mejorar un 17,5% al igual que es mayor la intensidad a la que se identifica.

Tabla 11. Efectos en el umbral anaeróbico (VT2) en el grupo universitarias que entrenan programa *Freeletics BWT*[®].

n=8	PRE	POST	% Cambio	t	p	g _{av} de Hedges	LC*	IC 95%
	M (DE)	M (DE)						
VO ₂ - VT2 (L·min ⁻¹)	1,94 (0,16)	2,16 (0,24)*	12,01	2,57	0,04	0,96	0,82	0,42;0,02
VO _{2R} - VT2 (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	32,88 (2,85)	36,5 (4,54)*	14,10	2,68	0,03	0,85	0,83	6,81;0,44
%VO _{2máx} - VT2 (%)	86,35 (6,02)	88,49 (5,68)	2,97	0,70	0,51	0,33	0,6	9,42;-5,14
VEL - VT2 (Km/h)	10,3 (0,99)	11,36 (1,29)**	10,21	5,39	0,001	0,82	0,97	1,53;0,60
%VEL _{máx} - VT2 (%)	81,76 (2,23)	84,94 (4,12)*	3,88	2,83	0,03	0,85	0,84	5,84;0,52
FC-VT2 (ppm)	189,38 (11,15)	186,75 (8,92)	-1,29	1,26	0,25	0,23	0,67	-2,30;7,56
%FC _{máx} - VT2 (%)	94,11 (1,79)	94,85 (1,99)	0,80	1,11	0,3	0,35	0,65	2,31;-0,83
RPE - VT2	4,31 (1,28)	5 (1,69)	17,50	1,36	0,22	0,41	0,68	1,89;-0,51
V _E - VT2 (L·min ⁻¹)	68,66 (11,18)	81,46 (12,09)**	19,47	4,46	0,003	0,98	0,94	19,59;6,01
%V _{Emáx} - VT2 (%)	67,93 (8,79)	76,45 (10,1)	14,22	1,77	0,12	0,8	0,73	19,90;-2,86
RQ - VT2	1,02 (0,04)	1,085 (0,03)*	6,71	3,09	0,02	1,63	0,86	0,11;0,02

Nota: n = tamaño muestral; M= valores medios; DE = desviación estándar; Diferencias significativas Pre-post: * = p < 0.05; ** = p < 0.01; % Cambio = porcentaje de cambio pre y post periodo de entrenamiento; t = estadístico de la prueba t-student; p = valor de significación, nivel de significación p < 0,05; g_{av} de Hedges = tamaño del efecto; LC* = lenguaje común tamaño del efecto; IC 95% = intervalo de confianza para la diferencia de medias al 95%, expresado como limite inferior, limite superior; VO₂ = consumo de oxígeno absoluto; VO_{2R} = consumo de oxígeno relativo; % VO_{2máx} = porcentaje del VO₂ en VT2 con respecto al VO_{2máx}; VEL = velocidad; % VEL_{máx} = porcentaje de la velocidad en VT2 con respecto a la máxima velocidad; FC = frecuencia cardiaca, %FC_{máx} = porcentaje de FC en VT2 con respecto a FC_{máx}; RPE = percepción subjetiva del esfuerzo de 1 a 10; V_E = volumen espiratorio máximo; %V_{Emáx} = porcentaje de volumen espiratorio en VT2 con respecto al máximo; RQ = cociente respiratorio.

Los resultados obtenidos en cuanto a mejora del VO₂ y VO_{2R} en VT2 son mayores que los referidos por Helgerud et al. (2007) al realizar un protocolo HIIT de sprints repetidos, que no muestran mejora en los mismos. Las mejoras en cuanto a velocidad en VT2 (del 10,21% en este trabajo) son mayores que el 9,6% obtenido en dicho estudio.

En la Tabla 12 se muestran los valores Pre y Post correspondientes al umbral aeróbico (VT1). En los valores VO₂, VO_{2R}, VEL, RPE, V_E, RQ, no sólo el tamaño del efecto es grande

sino que los cambios son significativos ($p < 0,05$). En la intensidad correspondiente al VT1 el VO_2 , tanto absoluto como relativo, mejora significativamente un 14,77 y 14,1% respectivamente (Figura 6), con tamaño del efecto grande (es decir, una probabilidad del 93 y 89%, respectivamente, de que ocurra). Al igual que ocurre con la mejora significativa del 7,29% de la velocidad a la que se identifica; también son significativas las mayores ventilaciones y cociente respiratorio correspondientes a la intensidad VT1 tras el programa de *Freeletics* (un 19,47% y 5,73%, respectivamente) y con tamaño del efecto grande; al tiempo que la percepción subjetiva de esfuerzo se muestra un 68,75 % significativamente mayor, pasando de una percepción muy fácil a fácil. En cambio, no se encuentran diferencias significativas en los porcentajes de VO_2 , Velocidad, FC y V_E respecto de sus valores máximos a los que se identifica el VT1.

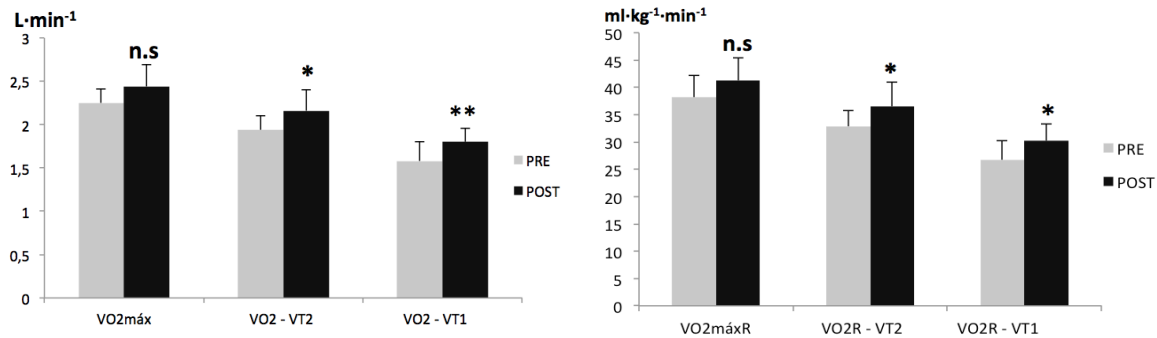
Tabla 12. Efectos en el umbral aeróbico (VT1) en el grupo universitarias que entrenan programa *Freeletics BWT*[®]

n=8	PRE	POST	% Cambio	t	p	g_{av} de Hedges	LC*	IC 95%
	M (DE)	M (DE)						
$VO_2 - VT1$ ($L \cdot min^{-1}$)	1,58 (0,22)	1,8 (0,16)**	14,77	4,11	0,005	1,02	0,93	0,34;0,09
$VO_{2R} - VT1$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	26,75 (3,5)	30,25 (3,01)*	14,10	3,44	0,01	0,95	0,89	5,91;1,09
% $VO_{2máx} - VT1$ (%)	70,41 (9,51)	73,49 (3,5)	6,14	0,90	0,4	0,38	0,62	11,18;-5,03
VEL-VT1 (Km/h)	8,06 (0,72)	8,65 (0,86)**	7,29	4,46	0,003	0,66	0,94	0,90;0,28
%VEL $_{máx} - VT1$ (%)	64,16 (4,53)	64,78 (4,31)	1,04	0,85	0,42	0,12	0,62	2,35;-1,11
FC - VT1 (ppm)	169,25 (14,57)	166,63 (9,21)	-1,11	0,64	0,54	0,19	0,59	-7,06;12,31
%FC $_{máx} - VT1$ (%)	84,02 (3,92)	84,64 (3,25)	0,95	0,34	0,74	0,15	0,55	4,95;-3,71
RPE - VT1	1,38 (0,52)	2,18 (0,84)**	68,75	3,01	0,02	1,02	0,86	1,43;0,17
$V_E - VT1$ ($L \cdot min^{-1}$)	47,56 (12,98)	54,91 (7,73)**	19,47	3,15	0,02	0,61	0,87	12,8 ;1,83
% $V_{Emáx} - VT1$ (%)	46,77 (10,28)	51,74 (8,03)	13,20	1,76	0,12	0,48	0,73	11,63;-1,69
RQ - VT1	0,86 (0,04)	0,91 (0,02)*	5,73	3,22	0,01	1,41	0,87	0,09;0,01

Nota: n = tamaño muestral; M = valores medios; DE = desviación estándar; Diferencias significativas Pre-post: *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; % *Cambio* = porcentaje de cambio pre y post periodo de entrenamiento; t = estadístico de la prueba t-student; p = valor de significación, nivel de significación $p < 0,05$; g_{av} de Hedges = tamaño del efecto; LC^* = lenguaje común tamaño del efecto; IC 95% = intervalo de confianza para la diferencia de medias al 95%, expresado como límite inferior, límite superior; VO_2 = consumo de oxígeno absoluto; VO_{2R} = consumo de oxígeno relativo; % $VO_{2máx}$ = porcentaje del VO_2 en VT1 con respecto al $VO_{2máx}$; VEL = velocidad; % $VEL_{máx}$ = porcentaje de la velocidad en VT1 con respecto a la máxima velocidad; FC = frecuencia cardiaca; % $FC_{máx}$ = porcentaje de FC en VT1 con respecto a $FC_{máx}$; RPE = percepción subjetiva del esfuerzo de 1 a 10; V_E = volumen espiratorio máximo; % $V_{Emáx}$ = porcentaje de volumen espiratorio en VT1 con respecto al máximo; RQ = cociente respiratorio

No existe ningún artículo en la revisión bibliográfica realizada que trate los cambios en el umbral aeróbico tras realizar una metodología tipo HIIT con el propio peso corporal, si bien en nuestro estudio parece que ocurre en las mismas variables y con similares porcentajes de cambio y mejora que el umbral anaeróbico.

Figura 6. Cambios en $VO_{2m\acute{a}x}$, en umbral anaeróbico y aeróbico



Nota: Valores medios y desviación estandar. Diferencias significativas antes y después del periodo de entrenamiento: *= $p < 0,05$, **= $p < 0,0$, n.s.= no significativas

7. CONCLUSIONES

Freeletics BWT[®] puede ser una metodología eficaz para aumentar la resistencia aeróbica y la velocidad máxima aeróbica en mujeres jóvenes universitarias, entrenado cuatro días a la semana en tan sólo 9 semanas. A pesar del pequeño tamaño muestral, la capacidad aeróbica presenta un 79% de probabilidad de mejorar un 8,33%. Tras valorar dichos parámetros indicadores de la condición aeróbica, se obtienen mejoras similares a las expuestas por los antecedentes citados. Futuras investigaciones podrán aplicar dicha metodología, utilizando únicamente aquellos ejercicios que permitan a los participantes alcanzar valores de intensidad óptimos durante más tiempo, para conocer si este tipo de trabajo produce mayores mejoras de la condición aeróbica.

8. VALORACIÓN PERSONAL

Deseo que mi trabajo de fin de master me permita estudiar los efectos de las diferentes sesiones tipo de *Freeletics BWT*[®] por separado. Con ello se adquirirá un conocimiento más fiable de los efectos de las mismas. En el presente estudio se aplican todas las sesiones tipo del método existiendo gran heterogeneidad de tipos de HIIT (Tabla 6), no pudiéndose conocer directamente los factores y rutas metabólicas que median las adaptaciones ocurridas. La sencillez de este tipo de metodología en cuanto a tiempo y recursos, me invita a conocer cómo generar las mayores adaptaciones posibles y como crear estrategias que mejoren la adherencia a dichos protocolos. La fase experimental de este estudio me ha permitido aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos en el Grado, generando en mí un aprendizaje verdadero, siendo la experiencia más enriquecedora de mi carrera universitaria. Esta experiencia me ha enseñado que el objetivo más importante para producir adaptaciones en este tipo de población es generar experiencias positivas. Se consiguió atendiendo a la individualidad de las personas. Es necesario generar un eficiente “envoltorio del estímulo” (ejercicio) con el que el participante se sienta a gusto, primando la calidad frente a la cantidad. Se debe plantear la tarea más difícil que pueda hacer bien, que le suponga un reto y esté libre de dolor. Atendiendo a la individualidad, generaremos el hábito que desemboque en un estilo de vida activo. El nivel de condición física adquirido con este

tipo de estrategias, nos permitirá atender a la fisiología innata del ser humano, combatiendo la crisis de inactividad generadora de las enfermedades del primer mundo, totalmente prevenibles y que desbordan el sistema sanitario actual.

9. REFERENCIAS

- Ackermann, R. T., Cheadle, A., Sandhu, N., Madsen, L., Wagner, E. H., y LoGerfo, J. P. (2003). Community exercise program use and changes in healthcare costs for older adults. *American Journal of Preventive Medicine*, 25(3), 232-237.
- Alvero, J. R., Cabañas, M., Herrero, A., Martínez, L., Moreno, C., Porta, J., ... Sirvent, J. E. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento medico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cinetropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de medicina del deporte*, 26(131), 166-179.
- Augusto, C., y Hernández, N. (2010). Evaluación de la aptitud cardiorespiratoria. *Movimiento científico*, 4(1), 68-72.
- Babraj, J. A., Volvaard, N. B. J., Keast, C., Guppy, F. M., Cottrell, G., y Timmons, J. A. (2009). Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocrine Disorders*, 9, 1-8
- Bahr, R., y Sejersted, O. . (1991). Effect of intensity of exercise on excess post-exercise oxygen consumption. *Metabolism*, 40(8), 836-841.
- Barry, V. W., Baruth, M., Beets, M. W., Durstine, J. L., Liu, J., y Blair, S. N. (2013). Fitness vs fatness on all-cause mortality : A Meta-Analysis. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 1-9.
- Bartlett, J. D., Close, G. L., Maclaren, D. P. M., Gregson, W., Morton, J. P., Bartlett, J. D., ... Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise : Implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 547-553.
- Bassett, D. R. (2008). Physical activity of Canadian and American children : a focus on youth in Amish , Mennonite , and modern cultures. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33, 831-835.
- Beaver, W. L., Wasserman, K., y Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of applied physiology*, 60(6), 2020-2027.
- Billat, L. V. (2001). Interval Training for Performance : A scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I : aerobic interval

- training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Booth, F. W., Laye, M. J., Lees, S. J., Rector, R. S., y Thyfault, J. P. (2008). Reduced physical activity and risk of chronic disease: the biology behind the consequences. *European journal of applied physiology*, 102(4), 381-390.
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381.
- Boullosa, D. A., y Abreu, L. (2013). Do olympic athletes train as in the paleolithic era ? *Sports Medicine*.
- Buchheit, M., y Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., Mcgee, S. L., y Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of physiology*, 1, 151-160.
- Byberg, L., Melhus, H., Gedeberg, R., Sundstrom, J., Ahlbom, A., Zethelius, R., ... Michaelsson, K. (2009). Total mortality after changes in leisure time physical activity in 50 year old men: 35 year follow-up of population based cohort. *Bmj*, 338.
- Campillo, R. R. (2008). Exceso de consumo de oxígeno post- ejercicio. Recuperado a partir de <https://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/exceso-de-consumo-de-oxigeno-post-ejercicio-960>
- Carnethon, M. R., Gidding, S. S., Nehgme, R., Sidney, S., y Jacobs, D. R. (2003). Cardiorespiratory Fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factor. *American Medical Association*, 290(23), 3092-3100.
- Casajús, J. A., Piedrafita, E., y Aragonés, M. T. (2009). Criteria for maximal exercise test. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(35), 217-131.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., y Christenson, G. M. (1985). Physical activity , exercise , and physical fitness : definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2).
- Cassidy, S., Thoma, C., Houghton, D., y Trenell, M. I. (2017). High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*, 60, 7-23.

- Castellanos, P., y Sánchez, A. (2010). Pruebas de esfuerzo : algunas consideraciones teóricas. Experiencias en su aplicación. Umbral del metabolismo anaeróbico. *Revista Cubana de Medicina del Deporte*.
- Coffey, V. G., y Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Real Academia Española (2001). Aptitud. Recuperado a partir de <http://dle.rae.es/?id=3KcD1v9>
- Fardy, P., Yanowitz, F., y Wilson, P. (1995). *Cardiac rehabilitation, adult fitness, and exercise testing*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- FCAFD Universidad de León (2017) Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte Universidad de León. León, España: fcafd. Recuperado de <https://www.fcafd.com/grado-cafd>
- Fenner, J. N. (2005). Cross-cultural estimation of the human generation interval for use in genetics-based population divergence studies. *American Journal of Physical Anthropology*, 128(2), 415-423.
- Fogelholm, M. (2009). Physical activity , fitness and fatness : relations to mortality , morbidity and disease risk factors . *Obesity Comorbidities Physical*, 11, 202-221.
- Freeletics GmbH. (2017) Freeletics. Munich, Alemania: Freeletics. Recuperado de <https://www.freeletics.com/es/bodyweight/workouts>
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741.
- Gillen, J., y Gibala, M. (2013). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(3), 409-412.
- Gist, N. H., Freese, E. C., Ryan, T. E., y Cureton, K. J. (2015). Effects of low-volume, high-intensity whole-Body calisthenics on army ROTC cadets. *Military medicine*, 180(5), 492-498.
- Grosser, M., Brüggemann, P., y Zintl, F. (1989). *Alto rendimiento deportivo: planificación y desarrollo*. Ediciones Martinez Roca, SA.
- Helgerud, J. A. N., Ydal, K. H. K., Wang, E., Karlsen, T., Simonsen, T., Helgesen, C., ... Hoff, J. A. N. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than

- moderate training. *Journal of the American College of Sports Medicine*, (11), 665-671.
- Hopkins, W. G. (2007). A spreadsheet for deriving a confidence interval, mechanistic inference and clinical inference from a P value. *Sportscience*, 11, 16-21.
- Kaur, J. (2014). A Comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiology Research and Practice*.
- Kentta, G., y Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Medicine*, 26(1), 1-16.
- Kilika, B., y Jordan, C. (2013). Hight-intensity circuit training using body weight: maximum results with minimal investment. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 17(3), 8-13.
- Kokkinos, P., Myers, J., Kokkinos, J. P., Pittaras, A., Narayan, P., Manolis, A., ... Singh, S. (2008). Exercise capacity and mortality in black and white Men. *Circulation*, 117(5), 614-622.
- Kravitz, L. (2014). ACSM information on high-intensity interval training. *American College of Sports Medicine*, 1-2.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in psychology*, 4(863), 1-12.
- Laursen, P. B., y Jenkins, D. G. (2002). The Scientific basis for high-Intensity interval training optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
- Lipecki, K., y Rutowicz, B. (2015). The impact of ten weeks of bodyweight training on the level of physical fitness and selected parameters of body composition in women aged 21-23 years. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 22(2).
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Mark, A., Punthakee, Z., ... Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol*, 111, 1554-1560.
- López, J., Vicente, D., y Cancino, J. (2013). *Fisiología del entrenamiento aeróbico. Una visión integrada*. Madrid: Médica Panamericana.
- McArdle, W. (2002). *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- McRae, G., Payne, A., Zelt, J. G. E., Scribbans, T. D., Jung, M. E., Little, J. P., y Gurd, B. J. (2012). Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and*

Metabolism, 37(6), 1124-1131.

Midgley, A. W., y Mcnaughton, L. (2006). Time at or near $\dot{V}O_2$ max during continuous and intermittent running: A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near $\dot{V}O_2$ max. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 46(1), 1-14.

Midgley, A. W., Mcnaughton, L. R., y Jones, A. M. (2007). Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Medicine*, 37(10), 857-880.

Midgley, A. W., Mcnaughton, L. R., y Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Physiological Rationale and Practical Recommendations. *Sports Medicine*, 36(2), 117-132.

Milanovic, Z., Sporis, G., y Weston, M. (2015). Effectiveness of high-Intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO_2 max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Medicine*.

Myers, T., Schneider, M., Schmale, M., y Hazell, T. (2015). Whole-Body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. *The Journal of strength and conditioning research*, 29(6), 1592-1600.

Neel, J. V. (1962). Diabetes mellitus: A « thrifty » genotype rendered detrimental by « progress »? *The American Journal of Human Genetics*, 14, 353-362.

O'Keefe, J. H., Vogel, R., Lavie, C. J., y Cordain, L. (2011). Exercise like a hunter-gatherer: A prescription for organic physical fitness. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 53(6), 471-479.

Pedersen, B. K. (2007). Body mass index-independent effect of fitness and physical activity for all-cause mortality. *Scand J Med Sci Sports* 2007, 17, 196-204.

Peña, G. (2014). HIT aplicado a ejercicios calisténicos. Recuperado a partir de <https://g-se.com/es/salud-y-fitness/blog/hit-aplicado-a-ejercicios-calistenicos>






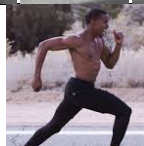
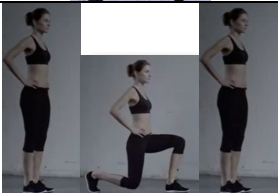
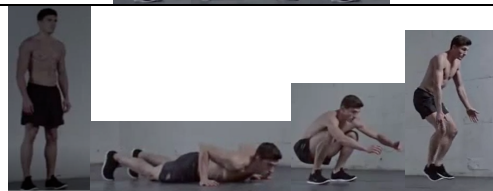
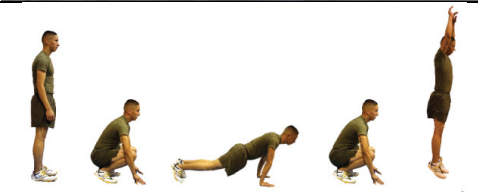

Peplonska, B., Lissowska, J., Hartman, T. J., Szeszenia-dabrowska, N., Blair, A., Zatonski, W., ... Brinton, L. A. (2008). Adulthood lifetime physical activity and breast cancer. *Epidemiology*, 19(2), 226-236.






Probst, V. S., Kovelis, D., Hernandez, N. A., Camillo, C. A., Cavalheri, V., y Pitta, F. (2011). Effects of 2 Exercise training programs on physical activity in daily life in patients with COPD. *Respiratory Care*, 56(11), 1799-1807.

- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., y Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(10), 1327-1330.
- Thompson, W. (2017). Worldwide survey of fitness trends for 2017. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20(6).
- Tremblay, M. S., Esliger, D. W., Copeland, J. L., Barnes, J. D., y Bassett Jr, D. R. (2008). Moving forward by looking back: lessons learned from long-lost lifestyles. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33, 836-842.
- Vollaard, N. B. J., Constantin-teodosiu, D., Fredriksson, K., Rooyackers, O., Jansson, E., Greenhaff, P. L., ... Sundberg, C. J. (2009). Systematic analysis of adaptations in aerobic capacity and submaximal energy metabolism provides a unique insight into determinants of human aerobic performance. *J Appl Physiol*, 106, 1479-1486.
- Wasserman, K. (1978). Breathing during exercise. *New England Journal of Medicine*, 298(14), 780-785.
- Wasserman, K., Van Kessel, A., y Burton, G. G. (1967). Interaction mechanisms of physiological during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 22(1), 71-85.
- Weston, K. S., Wisloff, U., y Coombes, J. S. (2013). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16), 1227-U52.

10. ANEXOS

Anexo 1.-Ejercicios del método *Freeletics BWT*®

Empuje	Miembro superior	Push-up	
		Pike	
	Miembro inferior	Squat	
		Jump	
Tracción	Miembro superior	Pull-up	
Desplazamiento	Sprint		
	Lunge		
	Burpee-frog		
Global	Sprawl		
	Burpee		

	Jumping-jack	
	Stand-Ups	
Plieque	Sit-up	
	Mountain climbers	
	Straight Leg Raise	

Anexo 2.-Consentimiento informado para participar en el estudio *Freeletics BWT*[®]



Dr. José Gerardo Villa Vicente.
Catedrático de Universidad. Responsable del grupo de investigación VALFIS
Médico especialista en Medicina de la E.F. y Deporte. Col. Nº 2403703
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Campus Universitario Vegazana. Universidad de León. 24071 León
e.mail: jg.villa@unileon.es. Tfnos: 987293017 / 09

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO "FREELETICS" DEL GRUPO DE INVESTIGACION VALFIS-Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Fecha de Cumplimentación: ____ / ____ / ____

NOMBRE Y APELLIDOS de la persona a evaluar:

Fecha de nacimiento: ____/____/____ DNI: _____

Tfno: _____ E.mail: _____

He sido informado a cerca de todas las pruebas que se me requieren realizar para participar en el estudio "Freeletics", me han permitido familiarizarme con ellas, me las han explicado y doy mi consentimiento para participar y realizar las mismas, tanto al inicio como al final del estudio. Además, me comprometo a realizarlas todas, así como a participar en el programa de entrenamiento de alta intensidad con el propio peso corporal "Freeletics". A la finalización del entrenamiento y su valoración me informan y acepto que recibiré los resultados de las pruebas efectuadas.

También declaro estar en condiciones físicas y médicas para poder realizar las pruebas que se me van a realizar así como el programa de entrenamiento "Freeletics", ya que me han informado de la intensidad y duración de las mismas.

Doy mi consentimiento a realizar todas las pruebas de valoración (tests de rendimiento, pruebas ergométricas de laboratorio en tapiz rodante con análisis de gases, ejercicios funcionales,...). Se me ha informado de los riesgos de las mismas como fatiga extrema, lesiones, y la posibilidad de aparecer síntomas como palpitaciones, mareo, cansancio y/o calambres en las piernas, cambios en presión arterial, y otros riesgos infrecuentes propios de la prueba de esfuerzo que se informan y se dará su consentimiento específico antes de realizarla

Se minimizarán estos riesgos mediante la evaluación de la información preliminar referente a tu estado de salud y a tu estado físico, y también por medio de observaciones que tienen lugar durante las mismas. Comprendo que se harán todos los esfuerzos por minimizar estos riesgos a través de una estricta supervisión durante el procedimiento, con la presencia de un supervisor y realización y recuperación de las pruebas, y de un médico durante toda la prueba de esfuerzo.

Manifiesto que soy responsable de aportar toda la información que poseo sobre mi estado de salud o experiencias anteriores de sensaciones inusuales o extrañas que lleven consigo un esfuerzo físico podrá afectar a mi seguridad. Soy responsable de decir esa información (estado de tu salud actual, antecedentes médicos tanto personales como familiares).

Con mi firma declaro que he leído la hoja informativa que me ha sido entregada y que he tenido oportunidad de efectuar las preguntas que he considerado oportunas acerca del estudio y sus procedimientos y resultados, y me informan que en todo momento puedo seguir haciéndolas. He recibido respuestas satisfactorias. He recibido suficiente información en relación con el estudio. Entiendo que mi participación es voluntaria. También he sido informado de forma clara, precisa y suficiente de los siguientes extremos que afectan a los datos personales que se contienen en este consentimiento. Estos datos serán tratados y custodiados con respeto a mi intimidad y a la vigente normativa de protección de datos. Doy mi permiso a que de forma anónima se utilicen para tener resultados en los trabajos de investigación para los cuales participo en este estudio. Sobre estos datos me asisten los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición que podré ejercitar mediante solicitud ante el investigador responsable en la dirección de contacto que figura en este documento. Estos datos no podrán ser cedidos sin mi consentimiento expreso y no lo otorgo en este acto.

Declaro que he leído y conozco el contenido del presente documento, comprendo los compromisos, procedimientos y riesgos y malestares posibles que asumo y los acepto expresamente. Y, por ello, firmo este consentimiento informado de forma voluntaria para manifestar mi deseo de participar en este estudio de investigación hasta que decida lo contrario. Al firmar este consentimiento no renuncio a ninguno de mis derechos. Si lo solicito recibiré una copia de este consentimiento para guardarlo y poder consultarlo en el futuro.

Firma del participante en el estudio:

Firma, DNI y nombre y apellidos del evaluado: