



**Universidad
Europea** CANARIAS

Respuesta del índice testosterona-cortisol al entrenamiento de fuerza en futbolistas semi-profesionales. Entrenamiento de fuerza tradicional vs cluster. Un proyecto de estudio controlado aleatorizado (ECA).

TRABAJO FIN DE TITULACIÓN

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2023-2024

MODALIDAD DE TRABAJO

Diseño Estudio

AUTORES

Aarón Aragón Alonso
Hugo Luis Oliva

TUTOR/A

Ismael Pérez Suárez

Junio de 2024
Villa de La Orotava, Santa Cruz de Tenerife

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Europea de Canarias por estos cuatro años de formación y crecimiento académico. Este período ha sido fundamental para nuestro desarrollo personal y profesional, y ha estado marcado por el apoyo y la dedicación de todo el profesorado que nos ha impartido clases. A todos y cada uno de los profesores, muchas gracias por su compromiso, paciencia y esfuerzo en guiarnos y motivarnos a lo largo de este viaje académico.

También queremos agradecer al Club Deportivo Tenerife por brindarnos la oportunidad de realizar nuestras prácticas en su institución. Esta experiencia ha sido verdaderamente enriquecedora y ha servido de inspiración para la realización de este Trabajo de Fin de Grado. Agradecemos sinceramente la confianza depositada en nosotros y el apoyo recibido por parte de todo el equipo del CD Tenerife. Queremos extender un agradecimiento especial a Jorge Miguel González Hernández, profesor vinculado al CD Tenerife, por estar siempre pendiente de nosotros durante el desarrollo de las prácticas y ayudarnos durante todo el proceso. Esperamos que, en un futuro, podamos seguir colaborando y contribuyendo con proyectos que nacen de esta experiencia tan gratificante.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor de TFG, Ismael Pérez Suárez, por su ayuda y guía en esta última etapa del grado. Su apoyo y orientación han sido cruciales para la realización de este proyecto.

Por último, queremos agradecer a nuestros familiares y amigos más cercanos por su incondicional apoyo y aliento a lo largo de estos años. Su presencia ha sido un pilar fundamental para alcanzar este logro, gracias a ellos no tememos a hacer sacrificios porque sabemos que, si esto sale, no vamos a celebrar solos la victoria.

Gracias a todos.

ÍNDICE

ABREVIATURAS Y ACRÓNOMIOS	9
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Entrenamiento de fuerza general y su evolución	13
1.2. Entrenamiento de fuerza en el fútbol	14
1.3. Hipertrofia muscular	15
1.4. Entrenamiento basado en la velocidad de ejecución	15
1.5. Entrenamiento de fuerza tradicional y cluster	16
1.6. Indicadores hormonales de fatiga	17
1.7. Índice Testosterona-Cortisol	18
1.8. Pruebas de evaluación y rendimiento	19
2. JUSTIFICACIÓN	20
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE ESTUDIO	22
3.1. Hipótesis	22
3.2. Objetivos	22
4. METODOLOGÍA.....	22
4.1. Diseño.....	23
4.2. Muestra y formación de grupos	23
4.3. Variables y materiales de medida	25
4.4. Procedimiento	33
4.5. Frecuencia y tiempo de toma de datos	37
4.6. Análisis de datos.....	39
4.7. Equipo Investigador	40
5. VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	41
6. CONCLUSIONES.....	42
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
8. ANEXOS	46
8.1 Anexo I. Información del estudio y consentimiento informado	46
8.2 Anexo II. Velocidad medias para cada % del 1 RM y ejercicio	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Counter Movement Jump	28
Figura 2 Squat Jump	29
Figura 3 Test 30m	30
Figura 4 V-CUT Test	31
Figura 5 Encoder Lineal y App Vitruve	32
Figura 6 Protocolo de Estudio	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de las principales variables del estudio	33
Tabla 2 Diseño de Programa de Entrenamiento	36
Tabla 3 Fases del Protocolo.....	39

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- **APP:** Aproximaciones polea pectoral
- **CEA:** Ciclo estiramiento-acortamiento
- **CL:** Entrenamiento Cluster
- **cm:** centímetro
- **cm²:** centímetros cuadrados
- **CMJ:** Salto en Contramovimiento (*Countermovement Jump*)
- **COD:** Cambios de dirección (*Change of Direction*)
- **COLEFC:** Colegio Oficial de Licenciados y Graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de Canarias
- **CSA:** Área de sección transversal muscular (*Cross-Sectional Area*)
- **DEXA:** Densitometría fotónica dual de Rayos X (*Dual-Energy X-Ray Absorptiometry*)
- **DJ:** Drop Jump
- **ECA:** Ensayo Controlado Aleatorizado
- **FIFT:** Federación Interinsular de Fútbol de Tenerife
- **FP:** Facepull
- **HP:** Hip-Thrust
- **IMC:** Índice de masa corporal
- **Índice T/C:** Índice Testosterona-Cortisol
- **kg:** kilogramo
- **LM:** Landmine
- **m:** metros
- **m/s:** metros por segundo
- **min:** minutos
- **MMII:** Miembros Inferiores
- **PB:** Press Banca
- **PBI:** Press Banca Inclinado con mancuernas
- **PM:** Peso Muerto
- **PR:** Prensa

- **RG:** Rugby Squat
- **RM:** Repetición máxima
- **RMN:** Resonancia Magnética
- **RT:** Entrenamiento de Resistencia (*Resistance Training*)
- **s:** segundos
- **SB:** Sentadilla Búlgara
- **SH:** Separaciones Hombro
- **SJ:** Sentadilla con Salto
- **SLP:** Split Barra Hexagonal
- **SP:** Salida en polea
- **SQ:** Sentadilla
- **TR:** Entrenamiento Tradicional
- **VBT:** Entrenamiento basado en la velocidad

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento de fuerza es esencial para la preparación física y el rendimiento deportivo en futbolistas, proporcionando mejoras en las demandas físicas del juego. Este estudio se centra en comparar dos métodos de entrenamiento de fuerza: tradicional (TR) y cluster (CL), y cómo afectan al índice testosterona-cortisol (Índice T/C) en futbolistas semi-profesionales.

Objetivos: El objetivo principal de este estudio es evaluar la respuesta del índice T/C al entrenamiento de fuerza en futbolistas semi-profesionales utilizando dos métodos diferentes: TR y CL.

Metodología: El estudio se llevará a cabo como un ensayo controlado aleatorizado (ECA) con dos grupos de intervención: cluster y tradicional. Se medirán variables como el índice T/C, el área de sección transversal muscular, los saltos en contramovimiento (CMJ), la velocidad de sprint y los cambios de dirección (COD), utilizando herramientas de medición precisas. Los participantes serán futbolistas semi-profesionales seleccionados aleatoriamente y evaluados antes y después de la intervención.

Equipo Investigador: El equipo investigador estará compuesto por especialistas en Ciencias del Deporte. Además, se contará con el apoyo de un equipo médico y enfermeros para la toma y análisis de muestras sanguíneas.

Viabilidad del Estudio: La viabilidad del estudio está garantizada gracias a la colaboración con instituciones deportivas y médicas que proporcionarán los recursos necesarios.

Conclusiones: Se espera que los resultados del estudio proporcionen información valiosa sobre la efectividad de los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza en la optimización del rendimiento físico y la modulación del índice T/C en futbolistas semi-profesionales. Esto permitirá mejorar las recomendaciones de entrenamiento en el ámbito del fútbol.

Palabras Clave: Entrenamiento de fuerza, fútbol, cluster, índice testosterona-cortisol, rendimiento físico.

ABSTRACT

Introduction: Strength training is essential for physical preparation and sports performance in soccer players, providing improvements in the physical demands of the game. This study focuses on comparing two strength training methods: traditional and cluster, and their effects on the testosterone-cortisol (T/C) ratio in semi-professional soccer players.

Objectives: The primary objective of this study is to evaluate the response of the T/C ratio to strength training in semi-professional soccer players using two different methods: traditional and cluster.

Methodology: The study will be conducted as a randomized controlled trial (RCT) with two intervention groups: cluster and traditional. Variables such as the T/C ratio, muscle cross-sectional area, countermovement jumps (CMJ), sprint speed, and change of direction (COD) will be measured using precise measurement tools. Participants will be randomly selected semi-professional soccer players, evaluated before and after the intervention.

Research Team: The research team will consist of experts in Sport Science. Additionally, medical and nursing support will be provided for blood sample collection and analysis.

Study's Feasibility: The feasibility of the study is ensured through collaboration with sports and medical institutions that will provide the necessary resources.

Conclusions: The study is expected to provide valuable information on the effectiveness of different strength training methods in optimizing physical performance and modulating the T/C ratio in semi-professional soccer players. This will enhance training recommendations in the soccer domain.

Keywords: Strength training, soccer, cluster, testosterone-cortisol ratio, physical performance.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Entrenamiento de fuerza general y su evolución

El entrenamiento de fuerza es un componente fundamental en la preparación física y el bienestar general de los seres humanos, independientemente del deporte o actividad física que practiquen. Este tipo de entrenamiento no solo contribuye a mejorar el rendimiento deportivo, sino que también ofrece múltiples beneficios para la salud, incluyendo el aumento de la masa muscular, la mejora de la densidad ósea y la reducción del riesgo de lesiones.

Una de las ventajas más destacadas del entrenamiento de fuerza es su capacidad para incrementar la masa muscular y la fuerza, mejor conocido como hipertrofia muscular. Esta hipertrofia muscular resultante del entrenamiento con pesos libres y ejercicios de resistencia permite a los individuos realizar actividades diarias con mayor facilidad y reduce la probabilidad de desarrollar sarcopenia, una condición caracterizada por la pérdida de masa y fuerza muscular asociada al envejecimiento (Phillips et al., 2017). Además, el entrenamiento de fuerza ha demostrado ser efectivo en la mejora de la composición corporal, aumentando la proporción de masa magra y reduciendo la grasa corporal (Strasser et al., 2012)

El impacto positivo del entrenamiento de fuerza en la salud mental es otro aspecto a considerar. La práctica regular de ejercicio físico se ha asociado con una reducción de los síntomas de ansiedad y depresión, así como una mejora en la autoestima y la calidad de vida (Gordon et al., 2018)

El entrenamiento de fuerza como pilar fundamental del desarrollo físico y la mejora del rendimiento deportivo, ha experimentado una evolución significativa a lo largo de las últimas décadas. Desde su comienzo el entrenamiento de la fuerza se ha orientado a una práctica generalizada con el fin de desarrollar la fuerza muscular y la resistencia, actualmente ha sufrido una transformación y el trabajo de la fuerza se realiza en un campo altamente especializado con enfoques adaptados a las necesidades específicas de las diferentes disciplinas deportivas, es por eso por lo

que el entrenamiento de fuerza ha sido hasta la actualidad un objeto constante de investigación.

La evolución del entrenamiento de fuerza también ha llevado a una mayor especificidad en los programas de entrenamiento. Los entrenadores y preparadores físicos diseñan rutinas que no solo se centran en la mejora de la fuerza general, sino que también consideran los movimientos y demandas específicas de cada deporte. Según Suchomel et al. (2016), la especificidad del entrenamiento de fuerza es crucial para transferir las ganancias de fuerza a mejoras en el rendimiento deportivo. Esta especificidad se logra mediante la incorporación de ejercicios que replican los patrones de movimiento y las demandas fisiológicas del deporte en cuestión, asegurando que los atletas desarrollan la fuerza funcional necesaria para su disciplina deportiva.

1.2. Entrenamiento de fuerza en el fútbol

En el contexto específico del fútbol, el entrenamiento de fuerza adquiere una importancia aún mayor debido a las demandas físicas únicas de este deporte. A diferencia de otros deportes que pueden requerir una explosividad máxima en cortos períodos de tiempo, el fútbol exige una combinación de fuerza, resistencia y agilidad a lo largo de los 90 min de juego. Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza para futbolistas se centra en el desarrollo de la fuerza explosiva, la resistencia muscular y la agilidad, así como en la prevención de lesiones.

Las características impuestas a los jugadores durante los partidos modernos hacen necesario que el rendimiento físico de los futbolistas de élite se base en la combinación de la resistencia aeróbica, la fuerza muscular, la potencia y la capacidad de sprint repetido. (Owen et al., 2016)

Además, Lehnhard et al., 1996 comprobaron que introducir un régimen de entrenamiento de fuerza reduce entorno a un 50% el número de lesiones. Es por eso por lo que no sólo el entrenamiento de fuerza es una herramienta para la mejora del rendimiento físico sino también una herramienta en la prevención de lesiones.

El objetivo final de los jugadores de fútbol profesional es maximizar su rendimiento durante la competición. Para lograr esto, es fundamental el entrenamiento de fuerza puesto que ayuda a los jugadores a producir altos niveles de potencia muscular, una habilidad clave que tiene un impacto directo en su desempeño en el terreno de juego (Wisloff et al., 2004)

1.3. Hipertrofia muscular

Como consecuencia de este entrenamiento de la fuerza, aparece la hipertrofia muscular, la cual se produce por un aumento del contenido de miofibrillas en las fibras musculares. Según Schimdtbleicher (1992), existe una relación directa entre la sección transversal del músculo y el potencial de desarrollo de la fuerza.

Sin embargo, este aumento en la masa muscular y, por ende, en el peso corporal, genera controversia en el ámbito del fútbol. Aunque la relación entre la sección transversal del músculo y la fuerza es evidente, para muchos futbolistas, un aumento en el peso corporal no es deseable. Esto se debe a que un mayor peso puede afectar negativamente su rendimiento, ya que deberán transportar más masa durante el juego, lo que podría disminuir su agilidad y velocidad.

1.4. Entrenamiento basado en la velocidad de ejecución

En la última década, ha crecido el interés por medir y monitorizar la intensidad y el volumen de entrenamiento gracias al uso de la velocidad de la barra, conocido como entrenamiento basado en la velocidad (VBT). Este interés se ha visto impulsado por los avances tecnológicos que nos han proporcionado numerosos dispositivos como acelerómetros y encoders, los cuales permiten recibir información inmediata sobre la velocidad de cada repetición realizada por los sujetos.

El VBT es un enfoque de entrenamiento de fuerza que utiliza la retroalimentación de la velocidad para prescribir y/o manipular la carga de entrenamiento. En este modelo se emplean dos variables clave: la velocidad de

repetición más rápida inicial, que se utilizara para establecer la carga del 1 RM, y el umbral de pérdida de velocidad, que determina cuándo terminar la serie de repeticiones en lugar de seguir un número fijo de repeticiones tradicionales (Liao et al., 2021).

Esta metodología no sólo permite un ajuste más preciso de la intensidad del entrenamiento en tiempo real, sino que también ayuda a controlar los niveles de esfuerzo y fatiga, optimizando así la especificidad del entrenamiento y potenciando las adaptaciones físicas de manera más eficiente.

1.5. Entrenamiento de fuerza tradicional y cluster

A pesar de que los avances tecnológicos actuales permitan proporcionar una retroalimentación de la velocidad y poder reajustar las cargas y el volumen de entrenamiento con facilidad y en el momento (Weakley J et al., 2020), la manera más efectiva y simple para poder evitar la aparición de fatiga y tener que adaptar en el momento el entrenamiento es el correcto empleo de las configuraciones de entrenamiento.

Por un lado, una de las metodologías más utilizadas desde los inicios del desarrollo del entrenamiento de fuerza en el deporte es la metodología tradicional. Esta, se caracteriza por la realización de las repeticiones cercanas al fallo muscular que aumentan los niveles de fatiga cuando se realizan repeticiones en secuencia (Gorostiaga et al., 2010). En otras palabras, es la progresiva disminución de la carga y potencia a lo largo de las series repetidas y su uso principal es el objetivo de aumentar la fuerza muscular y la hipertrofia (Kraemer WJ et al., 1987).

A raíz de la evolución de la fuerza y de la búsqueda de diferentes estrategias para la mejora de esta, han surgido alternativas para gestionar la fatiga muscular y buscar los máximos resultados con la mínima dosis de entrenamiento. La metodología cluster agrega intervalos de descanso cortos dentro de la serie (entre 15 y 45 s) cada bloque de repeticiones. La evidencia científica, ha demostrado que este formato de trabajo puede dar como resultado un mayor mantenimiento de la

velocidad de movimiento durante el RT en comparación a las series de metodología TR (García Ramos A et al., 2020).

1.6. Indicadores hormonales de fatiga

La testosterona es una hormona esteroidea clave en el sistema endocrino humano y despierta un interés significativo en diversos campos, desde la fisiología hasta la medicina del deporte.

Esta hormona ejerce una amplia gama de efectos en el organismo, que van desde la regulación del desarrollo sexual y la reproducción, hasta la modulación del metabolismo y la composición corporal (Bhasin et al., 2001).

La testosterona endógena, es decir, la producida naturalmente por el cuerpo, desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la salud y el bienestar general. Entre sus beneficios se incluyen la promoción de la síntesis proteica, el desarrollo y mantenimiento de la masa muscular y ósea, la regulación del estado de ánimo, entre otros (West & Phillips, 2012).

En el ámbito deportivo, la testosterona ha sido ampliamente estudiada debido a su influencia en el rendimiento físico y la recuperación muscular. Numerosos estudios han explorado la relación entre los niveles de testosterona y variables como la fuerza, la potencia, la resistencia y la capacidad de recuperación en atletas de diferentes disciplinas, incluyendo deportes de resistencia y fuerza, como el fútbol. (Cook et al., 2013)

La evidencia científica sugiere que los niveles óptimos de testosterona endógena pueden mejorar el rendimiento atlético al aumentar la capacidad de trabajo, la fuerza explosiva y la recuperación muscular, lo que puede traducirse en mejoras en la velocidad, la potencia y la resistencia durante la competición (Vingren et al., 2010).

El cortisol, al igual que la testosterona, es también una hormona esteroidea crucial para una serie de funciones fisiológicas en el cuerpo humano, esta hormona es producida por las glándulas suprarrenales, y desempeña un papel fundamental en la regulación del metabolismo, el sistema inmunológico, el sueño, la respuesta al estrés y la función cardiovascular, entre otros. (Chrousos, 2009)

El mantenimiento de niveles elevados de cortisol durante períodos prolongados puede tener efectos negativos en la salud. El estrés crónico, que se relaciona con niveles crónicamente elevados de cortisol, está asociado con una serie de problemas de salud, como trastornos del sueño, aumento de peso, deterioro del sistema inmunológico, enfermedades cardiovasculares, etc (McEwen, 1998).

En el ámbito deportivo, el cortisol también juega un papel crucial. Durante el ejercicio físico intenso, los niveles de cortisol aumentan para proporcionar al cuerpo la energía necesaria y regular la inflamación inducida por el ejercicio. Sin embargo, los atletas que experimentan altos niveles de estrés crónico pueden enfrentar consecuencias negativas para su rendimiento deportivo y su salud en general (Hackney, 2006).

1.7. Índice Testosterona-Cortisol

El índice T/C es una medida utilizada frecuentemente en el ámbito de la fisiología del ejercicio para evaluar el estado de entrenamiento y recuperación de los atletas. Este índice se calcula dividiendo la concentración de testosterona entre la concentración de cortisol en la sangre. La testosterona es una hormona anabólica que promueve la síntesis de proteínas y el crecimiento muscular, mientras que el cortisol es una hormona catabólica que se libera en respuesta al estrés y que puede descomponer proteínas musculares (Urhausen et al., 1995).

$$\text{Índice T/C} = \frac{[\text{Testosterona}]}{[\text{Cortisol}]}$$

El índice T/C es un indicador valioso del equilibrio entre procesos anabólicos y catabólicos en el cuerpo. Un índice T/C alto sugiere un estado anabólico favorable, donde la recuperación y el crecimiento muscular son predominantes. Por el contrario, un índice T/C bajo indica un predominio de procesos catabólicos, lo cual puede ser un signo de fatiga, sobreentrenamiento o estrés elevado (Elloumi et al., 2003).

En el contexto del deporte, y más específicamente en el fútbol, el índice T/C se ha utilizado para monitorizar la carga de entrenamiento y la recuperación de los jugadores. El fútbol es un deporte que combina esfuerzos intermitentes de alta intensidad, por lo que puede llevar a fluctuaciones significativas en los niveles hormonales de los jugadores. La monitorización regular del índice T/C podría proporcionar información valiosa para la planificación del entrenamiento y la recuperación. Entrenadores y preparadores físicos podrían ajustar la carga de entrenamiento e implementar estrategias de recuperación específicas cuando detectan un descenso de este marcador, ayudando a prevenir el sobreentrenamiento y las lesiones que se puedan ocasionar.

1.8. Pruebas de evaluación y rendimiento

Es crucial disponer de sistemas de evaluación que permitan a los investigadores contrastar y validar las propuestas de entrenamiento que desarrollan. La realización de evaluaciones pre y post intervención de nuestro programa de entrenamiento es esencial para validar la eficacia de dicha intervención.

En nuestro estudio, llevaremos a cabo una serie de pruebas diseñadas para medir diferentes parámetros relevantes en el contexto del fútbol. Estas pruebas permitirán evaluar de manera integral los efectos de nuestro programa de entrenamiento sobre los aspectos clave del rendimiento deportivo.

En primer lugar, utilizaremos el test de salto con contramovimiento (CMJ) y el test de sentadilla con salto (SJ) con el objetivo de medir la fuerza vertical, una

calidad fundamental en el fútbol para acciones como saltos y el mantenimiento del sprint.

El Test CMJ nos permitirá evaluar el rendimiento deportivo, las asimetrías entre miembros, la fatiga neuromuscular y la efectividad de diferentes programas de entrenamiento (Anicic, Z. et al., 2023); mientras que el Test SJ medirá la fuerza generada sin el beneficio del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), proporcionando una visión clara de la fuerza pura de los músculos extensores de las piernas. Además, realizaremos pruebas de velocidad y agilidad mediante un Test de Sprint 30 m y un test orientado a los cambios de dirección, específicamente el V-CUT Test.

El Test de Sprint mide la velocidad lineal de los jugadores, una habilidad crucial para superar a los oponentes y cubrir distancias rápidamente durante el juego.

El V-CUT Test, por su parte, evalúa la capacidad de los jugadores para cambiar de dirección rápidamente. La inclusión de estas pruebas tiene como objetivo no solo medir las capacidades físicas de los jugadores, sino también observar cómo se transfieren estas capacidades a situaciones específicas del juego. Además, Krolo, A, et al. (2020) nos indica la fiabilidad y conformidad apropiada de este tipo de pruebas a modo de carácter evaluador en futbolistas.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de estudio controlado aleatorizado (ECA) se fundamenta en la necesidad de abordar un vacío existente en la literatura científica relacionada con el entrenamiento de fuerza en el ámbito del fútbol. Hasta la fecha, son escasos los estudios que evalúan ciertos parámetros clave desde la perspectiva de la comparación de distintos métodos de entrenamiento de fuerza. Específicamente, este estudio se enfoca en el análisis del índice de fatiga y su importancia en la redistribución de cargas de entrenamiento, con el propósito de prevenir el sobreentrenamiento crónico en los jugadores.

En el contexto del fútbol, la diversidad en los enfoques de entrenamiento de fuerza es evidente, y su aplicación varía según la etapa de la temporada y el estado físico de los jugadores. Es por ello por lo que resulta crucial comprender cuándo y cómo aplicar el entrenamiento de fuerza de manera óptima, no solo para mejorar el rendimiento deportivo, sino también para proteger la salud, reducir los factores de riesgo y, por ende, prevenir lesiones en los jugadores.

Además, este estudio propone evaluar la viabilidad del entrenamiento cluster en el fútbol, pues si los resultados demuestran que este método ofrece resultados equiparables o superiores al entrenamiento tradicional, pero con un menor índice de fatiga, podría representar un avance significativo en el campo del entrenamiento deportivo en fútbol. El índice de fatiga es un parámetro importante que, si se gestiona adecuadamente, puede ayudar a prevenir estados de sobreentrenamiento crónico que afectan negativamente al rendimiento y la salud de los jugadores.

La implementación de estrategias basadas en la monitorización de la fatiga permitirá una mejor planificación de las cargas de entrenamiento, adaptándolas a las necesidades individuales de cada jugador y al momento específico de la temporada, siendo esto importante en un deporte como el fútbol, donde la intensidad y las demandas físicas varían a lo largo del año.

Además, justificamos este trabajo porque pretendemos ayudar al equipo de élite de la isla de Tenerife y contribuir a dar mayor rigor y profesionalidad en el ámbito del entrenamiento. Los datos y resultados obtenidos de este estudio podrán ser cedidos al equipo, permitiéndoles implementar estrategias basadas en evidencia científica para optimizar su rendimiento y bienestar físico. Este aporte pretende contribuir al crecimiento y desarrollo del equipo, consolidando su posición en el ámbito del alto rendimiento deportivo y mejorar su competitividad a nivel regional y nacional.

La relevancia de este trabajo se extiende más allá del ámbito local, ya que los resultados podrían ser una referencia para otros equipos, entrenadores y

preparadores físicos interesados en mejorar sus métodos de entrenamiento, pues la transferencia de conocimientos y la aplicación de nuevas metodologías basadas en la investigación científica son esenciales para el progreso continuo en el deporte.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE ESTUDIO

3.1. Hipótesis

Los futbolistas sometidos al entrenamiento de fuerza cluster mostrarán una mejor recuperación y mayores valores en el índice testosterona-cortisol en comparación con aquellos que realizan un entrenamiento de fuerza tradicional.

3.2. Objetivos

Comparar la respuesta del índice testosterona-cortisol al entrenamiento de fuerza cluster y al entrenamiento de fuerza tradicional en futbolistas semi-profesionales en el último periodo de la temporada.

3.2.1. Objetivos secundarios

- 1) Comparar si existen mejoras significativas en diferentes pruebas físicas (CMJ, SJ, Sprint 30m y V-CUT) al implementar la metodología cluster respecto a la metodología tradicional.
- 2) Analizar mediante resonancia magnética, cómo afecta cada metodología a la hipertrofia muscular y, por ende, al área de sección transversal del músculo cuádriceps.
- 3) Medir y comparar cómo desciende la velocidad de ejecución en ambas metodologías del entrenamiento de fuerza.

4. METODOLOGÍA

A continuación, se exponen detalladamente los procedimientos metodológicos aplicados en el desarrollo de nuestro proyecto de estudio.

4.1. Diseño

El presente estudio se basa en un proyecto de estudio controlado aleatorizado (ECA). En esta investigación, se llevará a cabo una intervención en el ámbito del alto rendimiento deportivo, específicamente enfocada en el fútbol, donde principalmente se comparará la respuesta hormonal entre dos modelos de entrenamiento (TR y CL), centrándonos en el índice T/C. Este ensayo se desarrollará en un entorno semi-profesional, en el cual un total de 25 jugadores serán asignados de forma aleatoria a cada uno de los grupos de entrenamiento establecidos.

4.2. Muestra y formación de grupos

Inicialmente, este estudio se realizará en colaboración con la Universidad Europea de Canarias y Grupo Hospiten. Una vez aprobado el proyecto, el grupo de investigación presentará la propuesta a la Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias, así como a la Federación Interinsular de Fútbol de Tenerife (FIFT) y al Colegio Oficial de Licenciados y Graduados en Educación Física y en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de Canarias (COLEFC).

4.2.1. Contacto

Para reclutar participantes para el estudio, buscaremos el respaldo de la FIFT. A través de esta colaboración, se solicitará formalmente a la FIFT que emitan un comunicado dirigido al CD Tenerife, solicitando la participación de su equipo filial en la investigación. Se plantea como uno de los aspectos fundamentales la posibilidad de ofrecer al club una recompensa por parte del grupo investigador: la cesión de los resultados obtenidos durante el estudio, permitiendo su aplicación directa en las actividades cotidianas del club. Una vez que la invitación del CD Tenerife para participar en el estudio haya sido aceptada, se llevará a cabo una reunión con los responsables del área de preparación física del club y el cuerpo técnico del equipo seleccionado para la investigación. Durante esta reunión, el equipo investigador presentará el estudio y se asegurará de que todas las partes

involucradas comprendan el procedimiento en su totalidad. Además, se discutirán en detalle las fechas y el calendario propuestos por el equipo de investigación para el análisis y aplicación práctica de las diferentes variables.

Otro aspecto de nuestro estudio es la colaboración entre la Universidad Europea de Canarias y el Grupo Hospiten, dicha colaboración garantiza la participación de un equipo multidisciplinar dentro del grupo de investigación, dado que consideramos fundamental en el ámbito deportivo la retroalimentación de diversos profesionales que puedan estar relacionados directa o indirectamente con la actividad deportiva

En esta ocasión, requerimos la participación de un equipo de enfermeros, además de contar con médicos especializados en radiología.

4.2.2. Tamaño muestral

La muestra seleccionada para este estudio estará integrada por los jugadores que conforman el equipo filial del CD Tenerife, con un total de 25 participantes varones cuyas edades oscilan entre los 20 y 25 años.

Para el cálculo del tamaño muestral se ha empleado la calculadora GRANMO. Se asumió un intervalo de confianza del 95%, lo que conlleva un nivel de significación α de 0.05. Se estableció la potencia del estudio en un 80% asumiendo, un error β de 0.2. En base a un promedio de diferentes estudios, se espera un registro de pérdidas de un 20%. Teniendo en cuenta todos estos parámetros, nuestro estudio debe contar con un total de 13 participantes en el grupo tradicional (grupo TR) y 12 en el grupo cluster (grupo CL).

Para llevar a cabo el cálculo del tamaño muestral nos hemos basado en varios estudios previos en los que se miden el índice T/C en el ámbito del deporte (Schelling et al., 2013) (Vilamitjana et al., 2017).

4.2.3 Criterios de inclusión y exclusión

En cuanto a los criterios de inclusión y exclusión, dado el carácter específico del estudio y la alta homogeneidad de los participantes, no se requieren criterios de inclusión adicionales, salvo el requerimiento de consentimiento informado por escrito para participar en la investigación. No obstante, se establecen algunos criterios de exclusión entre los cuales se incluyen:

- No consumir medicamentos ni suplementos que pudieran tener una influencia directa o indirecta en el rendimiento físico.
- La presencia de lesiones previas al inicio del estudio.

4.2.4. Aleatorización y grupos

Se distribuirán 13 participantes en el grupo TR y 12 en el grupo CL. El grupo TR será asignado a un programa de entrenamiento de fuerza tradicional, además este grupo de jugadores realizará sus entrenamientos de fuerza en el gimnasio 2 de la instalación, mientras que el grupo CL realizará sus entrenamientos de fuerza cluster en el gimnasio 1 de dicha instalación. Con esto garantizamos que los participantes no se vean influenciados con el entrenamiento que realiza el otro grupo.

La asignación aleatoria se llevará a cabo mediante métodos de randomización computarizada para asegurar la equidad y la imparcialidad en la formación de los grupos. Esta metodología permitirá comparar los efectos de la intervención en el grupo CL con los resultados obtenidos en el grupo TR, lo que facilitará la evaluación de la efectividad de las estrategias de entrenamiento propuestas. Para aleatorizar la muestra llevaremos a cabo una aleatorización simple doble ciego con el programa random.org.

4.3. Variables y materiales de medida

Las principales propuestas planteadas en este estudio se enfocan en la evaluación del índice T/C durante las fases finales de una temporada regular de

fútbol. Esta evaluación busca comprender mejor los efectos del entrenamiento prolongado en el rendimiento de los jugadores y su capacidad para mantener niveles óptimos de rendimiento físico.

Además, se medirá la hipertrofia de los MMII que pudiera resultar de la aplicación de los protocolos de entrenamiento establecidos. Este análisis de la hipertrofia muscular proporcionará una visión más precisa de los cambios fisiológicos y estructurales asociados con el entrenamiento específico de fuerza en futbolistas.

Por otro lado, se evaluará la capacidad de mejora en diferentes pruebas de rendimiento deportivo específicas del fútbol. Estas pruebas abarcarán aspectos como la velocidad, la agilidad y la potencia, entre otros, con el fin de determinar si los protocolos de entrenamiento propuestos tienen un impacto significativo en el rendimiento de los jugadores.

Por último, se utilizará encoders lineales para determinar la pérdida de velocidad de ejecución de los ejercicios de fuerza planteados durante el desarrollo del estudio con el objetivo de comparar el porcentaje de pérdida de velocidad que sufren ambas metodologías de trabajo.

Es importante destacar que todas las variables serán analizadas o ejecutadas en las instalaciones del club, específicamente en la Ciudad Deportiva Javier Pérez. Las mediciones de hipertrofia de los miembros inferiores (MMII), donde los participantes deberán acudir al centro de Grupo Hospiten designado para tal fin. Este enfoque garantiza la comodidad y la adecuación de las instalaciones para llevar a cabo el estudio de manera eficiente y segura, aprovechando de este modo, los recursos disponibles del club.

A continuación, se describe las mediciones que serán realizadas en las instalaciones del club, así como la enumeración de los materiales requeridos para llevar a cabo dichas evaluaciones:

4.3.1. Índice Testosterona-Cortisol

En esta ocasión, los participantes se dirigirán a la sala de fisioterapia de la Ciudad Deportiva Javier Pérez, donde se mantendrán a la espera durante un periodo de 10 min previo a la toma de muestras sanguíneas. Estas extracciones se realizarán a través de la vena antecubital entre las 09:00 y las 09:30 de la mañana, los sábados.

Durante este proceso, se procederá a determinar las concentraciones de testosterona total, testosterona libre y cortisol. Las muestras de sangre se recolectarán siempre a la misma hora del día con el propósito de minimizar los efectos de la variación diurna en estas concentraciones hormonales.

El análisis de la testosterona y el cortisol se llevará a cabo mediante radioinmunoensayo, utilizando kits de radioactividad. Para la realización de estas extracciones sanguíneas, se contará con el respaldo de un equipo médico del Grupo Hospiten, quienes serán los responsables de realizar las extracciones de sangre. El análisis de las hormonas en sangre se llevará a cabo mediante la técnica de laboratorio ELISA.

4.3.2. Test CMJ

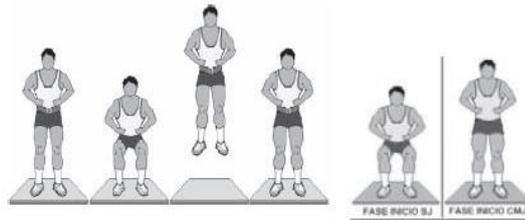
Para la medición de la altura del salto con contramovimiento (CMJ), los participantes serán convocados en el gimnasio de la Ciudad Deportiva Javier Pérez en tres días específicos durante el transcurso del protocolo de estudio. En esta evaluación, se utilizará una plataforma de contacto DIN-A2 (420 x 590 mm) de la marca ChronoJump, proporcionada por la Universidad Europea de Canarias.

Los participantes serán instruidos para realizar el salto desde una posición de bipedestación, con las manos en la cintura. El salto consistirá en una acción vertical después de un contramovimiento rápido hacia abajo. Por otro lado, se enfatizará que, durante toda la fase de vuelo, los participantes mantengan sus

miembros inferiores en completa extensión hasta aterrizar dentro de la plataforma de contacto.

Figura 1

Counter Movement Jump



Salto con Contramovimiento.

Castro, P. (s.f.). *Salto con Contramovimiento*. G-Se. <https://g-se.com/evaluaciones-de-saltabilidad-y-fuerza-reactiva-bp-u57cfb26d680c2>

4.3.3. Test SJ

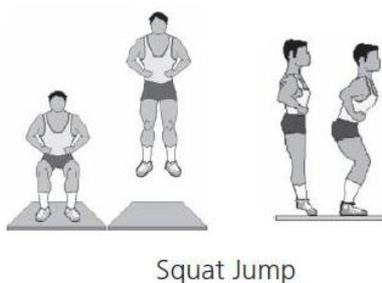
Para la medición de la altura de la sentadilla con salto (SJ), los participantes serán convocados al gimnasio de la Ciudad Deportiva Javier Pérez en tres días específicos durante el transcurso del protocolo de estudio.

En esta evaluación, se utilizará una plataforma de contacto DIN-A2 (420 x 590 mm) de la marca ChronoJump, proporcionada por la Universidad Europea de Canarias. Los participantes serán instruidos para realizar el salto desde una posición de bipedestación, con las manos en la cintura.

El salto consistirá en una acción vertical que anula la fase excéntrica de la sentadilla. El participante deberá de realizar una sentadilla hasta un ángulo de 90° y, posteriormente ejecutar un salto con el objetivo de alcanzar el mayor tiempo de vuelo y un ángulo de 180°, extendiendo completamente las rodillas. Además, se requerirá realizar una flexión plantar para aterrizar dentro de la plataforma de manera controlada y precisa.

Figura 2

Squat Jump



Castro, P. (s.f.). *Squat Jump*. G-Se. <https://g-se.com/evaluaciones-de-saltabilidad-y-fuerza-reactiva-bp-u57cfb26d680c2>

4.3.4. Test Sprint (30 metros)

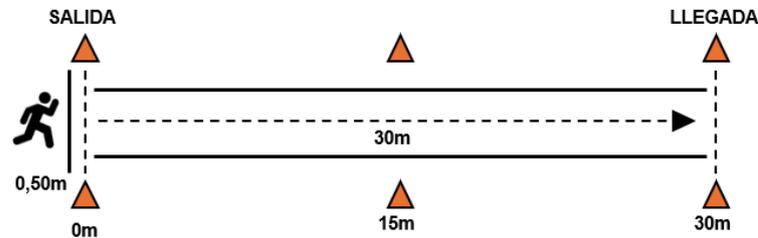
Los participantes serán convocados al Campo 1 de la Ciudad Deportiva Javier Pérez en tres días específicos durante el desarrollo del protocolo de estudio.

Esta evaluación, se realizará mediante una prueba de velocidad lineal de 30m, se llevará a cabo al aire libre en un campo de césped natural. El tiempo de sprint será registrado mediante 3 pares de fotocélulas (Microgate – Kit Witty). Para dicha prueba, los participantes se situarán a una distancia de 0,50 m detrás de la primera fotocélula y comenzarán el sprint una vez estén listo, de esta manera se eliminará el tiempo de reacción como factor influyente en los resultados.

En esta ocasión, se realizarán dos pruebas de 30 m y se seleccionará el mejor tiempo obtenida de ambas. Se permitirá un período de descanso de 3 min entre cada una de las pruebas.

Figura 3

Test 30 m



4.3.5 Test COD: V-CUT Test

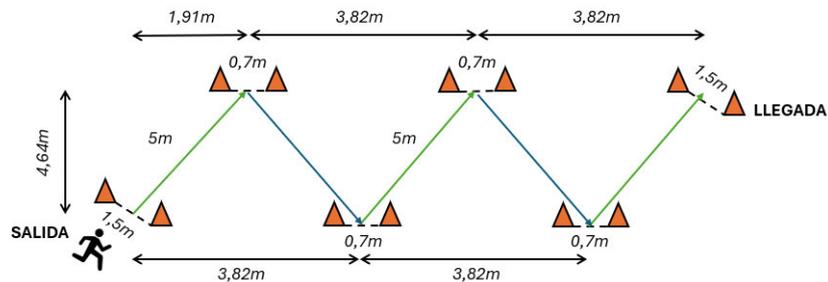
Para la medición del V-CUT Test, los participantes serán convocados en el Campo 1 de la Ciudad Deportiva Javier Pérez en tres días diferentes durante el desarrollo del protocolo de estudio.

En esta prueba (V-CUT), los participantes deberán de realizar un sprint de 25m con 4 cambios de dirección (COD) de 135° cada 5m. Se utilizará una salida de parado desde detrás de la línea de salida a 0'50m de la misma. Para que el test sea válido, los participantes deberán de sobrepasar la línea trazada en el suelo al menos con un pie en cada cambio de dirección.

En esta ocasión, se realizarán dos pruebas separadas por un descanso de 3 min y se seleccionará el mejor tiempo obtenida de ambas. El tiempo de sprint será registrado mediante 6 pares de fotocélulas (Microgate – Kit Witty) que se colocarán tanto al principio como al final de la prueba.

Figura 4

V-CUT Test



4.3.6. Resonancia Magnética - RMN

Los participantes serán convocados en un centro del Grupo Hospiten específicamente designado para ello, en dos días diferentes durante el desarrollo del protocolo de estudio magnética (Phillips Inginia Prodiva 1,5 T) para adquirir los cortes necesarios con la máxima precisión.

Además, se requerirá la colaboración de un equipo de enfermeros altamente capacitados, quienes instruirán a los participantes sobre cómo realizar y posicionarse adecuadamente para la prueba de resonancia magnética, garantizando así la calidad y la validez de los resultados obtenidos.

4.3.7. Encoders

Los encoders lineales son dispositivos tecnológicos que permiten una cuantificación detallada y objetiva del rendimiento, lo que es esencial para optimizar los programas de entrenamiento y mejora de la técnica.

Pues la capacidad de los encoders lineales para medir la velocidad de ejecución será particularmente valiosa en las sesiones de fuerza que implementaremos. Estudios han demostrado que la velocidad de levantamiento de la barra está estrechamente relacionada con la fuerza máxima y la potencia

muscular, aspectos fundamentales para el rendimiento deportivo (González-Badillo et al., 2015).

Para este protocolo de estudio, se utilizarán los encoders lineales de la marca Vitruve, además de su App para medir y comprobar la pérdida de velocidad de ejecución de cada uno de los participantes del estudio y comparar ambos modelos de entrenamiento.

Figura 5

Encoder Lineal y App Vitruve



4.3.8. Valoración Antropométrica

Para las mediciones antropométricas los sujetos serán convocados en un centro del Grupo Hospiten específicamente designado para ello en un día específico y en una hora específica durante el desarrollo del protocolo de estudio.

En esta ocasión, para obtener la estatura y la masa corporal de todos los participantes del estudio se utilizará un tallímetro y una báscula proporcionados ambos por el Grupo Hospiten. Además, para cumplimentar estos datos se realizará con cada participante un Absorciometría Fotónica Dual de Rayos X (DEXA).

Tabla 1

Resumen de las principales variables del estudio

	Variable	Tipo	Unidad de Medida	Herramienta de Medición
DEPENDIENTE	Índice T/C	Cuantitativo	Ratio	Extracción sanguínea
CONTROL	Área de sección transversal	Cuantitativo	Centímetros cuadrados (cm²)	Resonancia Magnética
DEPENDIENTE	Test CMJ	Cuantitativo	Centímetros (cm)	Plataforma de contacto
DEPENDIENTE	Test SJ	Cuantitativo	Centímetros (cm)	Plataforma de contacto
DEPENDIENTE	Test Sprint	Cuantitativo	Segundos (s)	Fotocélulas
DEPENDIENTE	Test COD	Cuantitativo	Segundos (s)	Fotocélulas
CONTROL	Velocidad de ejecución	Cuantitativo	Metros/segundos (m/s)	Encoders
CONTROL	Edad	Cuantitativo	Años	Cuestionario Inicial
CONTROL	Peso	Cuantitativo	Kilogramos (kg)	Báscula de precisión
CONTROL	Estatura	Cuantitativo	Centímetros (cm)	Tallímetro
CONTROL	IMC	Cuantitativo	Numérico	Body Index
CONTROL	Masa magra	Cuantitativo	Numérico	DEXA
CONTROL	Masa grasa	Cuantitativo	Numérico	DEXA

4.4. Procedimiento

4.4.1. Grupo CL (Metodología Cluster)

El Grupo CL aplicará una metodología de entrenamiento de fuerza que se distingue por la fracción de repeticiones, (3x8 IRR 15'') con breves períodos de descanso entre repeticiones y más largos entre series (3'). Esta distribución del tiempo de trabajo permite acumular más repeticiones con menor fatiga.

Durante el período de estudio, se variarán los entrenamientos alternando ejercicios, series y repeticiones, siguiendo las metodologías correspondientes a cada grupo.

Como investigadores, nuestra responsabilidad abarcará la interpretación de datos, el diseño de sesiones de entrenamiento para ambos modelos, el análisis de resonancias magnéticas de los MMII y la reproducción de pruebas de rendimiento específicas enfocadas en el fútbol.

El estudio se extenderá por un total de 12 semanas, además de contar con una semana 0, divididas en 3 bloques, como se muestra en la Figura 6. Las mediciones y entrenamientos de fuerza se llevarán a cabo a lo largo de estas semanas, desglosándose de la siguiente manera:

- **Bloque 1: 'Familiarización' (Semanas 1 y 2):** Durante este período, se realizarán 5 sesiones de familiarización con el modelo de entrenamiento y 3 sesiones con las pruebas de evaluación. El objetivo principal es proporcionar a los participantes las herramientas y conocimientos necesarios para realizar los ejercicios correctamente y adaptarse a la metodología asignada.

Además, durante las sesiones de familiarización de la metodología de entrenamiento, determinaremos el 10RM (repetición máxima para 10 repeticiones) de cada deportista. Para ello, realizaremos un test de carga incremental, en el cual se efectuarán 3 repeticiones incrementando progresivamente la carga hasta alcanzar una velocidad de ejecución pautada para cada ejercicio que se detalla en anexos.

Una vez completada esta aproximación, se ejecutarán 3 series de 10 repeticiones utilizando la carga con la que se realizó la última serie de aproximación, con descansos de 5 min entre series. Un investigador supervisará las series, y tendrá la potestad de detener la prueba si el deportista puede realizar más de 10 repeticiones o, por el contrario,

menos de 10 repeticiones, ajustando la carga para la siguiente serie según corresponda. Finalmente, se calculará el promedio de las 3 series efectivas para determinar el 10RM de los participantes.

- **Bloque 2 ‘Inicio del Protocolo’ (Semanas 3 a 7):** Durante este período, se llevarán a cabo entrenamientos de fuerza 2 veces por semana, específicamente los martes (antes de la sesión de entreno en campo) y jueves (antes de la sesión de entreno en campo MMII) y (después de la sesión de entreno en campo MMSS) cada día enfocado a un objetivo diferente (Tabla 2), junto con mediciones de testosterona - cortisol (T/C) una vez a la semana, siendo estas 24 horas antes del partido oficial.

Durante las primeras 4 semanas, se incrementará el volumen semanal, trabajando dichas sesiones de fuerza con un RIR 2-3 (Tabla 2). En las siguientes 2 semanas, se aumentará la intensidad, alcanzando un RIR 0-1, lo que implicará una reducción del volumen semanal en cuanto a series, repeticiones y tonelaje basándonos en la tabla de los anexos 2.

Las 2 últimas semanas de dicho bloque se reducirá ambas variables, tanto el volumen semanal como la carga de trabaja para inducir a los deportistas a una supercompensación.

- **Bloque 3 ‘Finalización del Protocolo’ (Semanas 7 a 12):** Durante este período, se continuarán realizando entrenamientos de fuerza y mediciones del índice T/C. En la semana 12, se llevará a cabo una evaluación post-test y una resonancia magnética para comparar los resultados entre ambos grupos.

Tabla 2

Diseño de Programa de Entrenamiento

Grupo	Prescripción de ejercicio	Duración	Frecuencia	Tiempo total de sesión	Estructura de la serie
Cluster Martes Pre	Semana 4-12 (HP, SLP, PM, CMJ, SQ, PR) 3X8; 4 bloques de 2 repeticiones al 80% 10RM (15s rest intraset), 180s rest interset	8 semanas	1	~52 min	IRR
Cluster Jueves Pre // Post	Semana 4-12 (RG, SB, DJ, SP) 2x6 // (PB, LM, APP, SH, PBI, FP) 3X8; 3/4 bloques de 2 repeticiones al 80% 10RM (15s rest intraset), 180s rest interset	8 semanas	1	~16 min // ~38 min	IRR // TR
Tradicional Martes Pre	Semana 4-12 (HP, SLP, PM, CMJ, SQ, PR) 3X8; al 80% del 10RM, 180s rest interset	8 semanas	1	~38 min	TR
Tradicional Jueves Pre // Post	Semana 4-12 (RG, SB, DJ, SP) 2x6 // (PB, LM, APP, SH, PBI, FP) 3X8; al 80% 10RM, 180s rest interset	8 semanas	1	~13 min // ~38 min	TR // TR

HP: Hip-Thrust, SLP: Split barra hexagonal, PM: Peso Muerto, CMJ: Salto con contramovimiento, SQ: Sentadilla, PR: Prensa, RG: Rugby Squat, SB: Sentadilla Búlgara, DJ: Drop Jump, SP: Salida en polea, PB: Press de banca, LM: Landmine, APP: Aproximaciones polea pectoral, SH: Separación hombro, PBI: Press de banca inclinado con mancuerna, FP: Face pull, IRR: Descanso entre repeticiones, TR: Entrenamiento de fuerza tradicional.

Los objetivos específicos de cada bloque son:

- **Bloque 1 ‘Familiarización’:** Adaptar a los participantes a la metodología y a las pruebas de evaluación.
- **Bloque 2 ‘Inicio del Protocolo’:** Comienzo del Protocolo: Incrementar progresivamente la carga de trabajo y realizar mediciones intermedias.

- **Bloque 3 ‘Finalización del Protocolo’:** Fin del Protocolo: Comparar los resultados pre y post intervención mediante pruebas de evaluación y resonancias magnéticas.

4.4.2. Grupo TR (Metodología Tradicional)

El Grupo TR llevará a cabo su entrenamiento de fuerza utilizando una metodología tradicional que se caracteriza por completar el número de repeticiones prescritas sin descanso (3 x 8), en contraste con el enfoque del Grupo CL. Esta metodología de entrenamiento incluye únicamente períodos de descanso de 3 min entre series, similar a los intervalos de recuperación utilizados por el Grupo CL.

La metodología adoptada por el Grupo TR es ampliamente reconocida y ha sido utilizada en el ámbito del rendimiento deportivo desde sus inicios. Los entrenamientos de fuerza de este grupo se llevarán a cabo en las mismas fechas que se han establecido para el Grupo CL, siguiendo además la misma metodología de ajuste de cargas a medida que avanza el estudio.

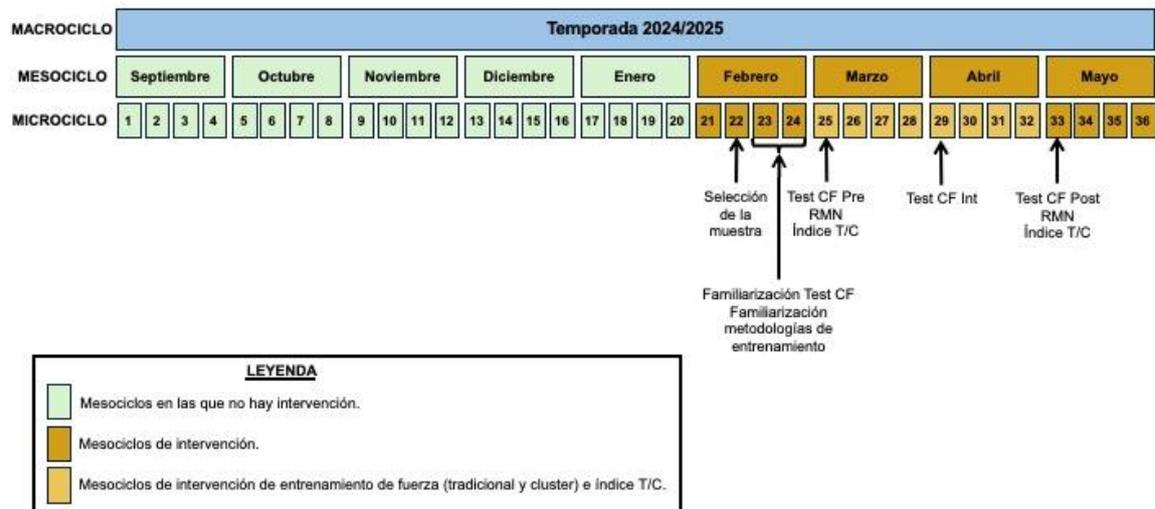
Esta comparación entre la metodología tradicional y cluster permitirá evaluar no solo las diferencias en los resultados de rendimiento, sino además en términos de desarrollo de fuerza, resistencia y recuperación muscular.

4.5. Frecuencia y tiempo de toma de datos.

A continuación, se presenta el protocolo de estudio donde se observan todos los contenidos que se trabajarán durante el periodo de este, dividido en los diferentes bloques de contenidos comentados anteriormente:

Figura 6

Protocolo de Estudio



CF: Condición Física, RMN: Resonancia magnética nuclear, Índice T/C: Índice testosterona-cortisol, Test CF Int: Teste Condición Física Intermedia.

En la Tabla 3 se resume con más detalle la frecuencia y tiempo de duración de las diferentes fases del protocolo de estudio.

Tabla 3

Fases del Protocolo

Fases del Protocolo	Frecuencia	Tiempo
Selección de la muestra	-	Semana 0
Familiarización TEST	2/1	Semana 1 y Semana 2
Familiarización Entrenamiento	3/2	Semana 1 y Semana 2
Evaluación PRE-TEST	1	Semana 3
Evaluación TEST	1	Semana 3
Evaluación POST-TEST	1	Semana 12
Resonancia Magnética	1/1	Semana 4 y Semana 12
Mediciones T/C	1	Semana 4 a Semana 12
Entrenamiento de Fuerza	2	Semana 5 a Semana 12

4.6. Análisis de datos.

Primero se realizarán los estadísticos descriptivos de la muestra. Para comprobar la distribución se llevarán a cabo las tablas de frecuencias: frecuencia absoluta (número de veces que se repite un valor en la muestra), relativa (muestra qué parte del total tiene cada categoría) y el porcentaje (compara 2 grupos). Para las medidas de tendencia central se utilizará la media y la mediana puesto que las variables de nuestro estudio son cuantitativas (índice T/C, test de condición física: CMJ, SJ, Test sprint 30 m, V-CUT Test, CSA muscular). A continuación, se calcularán las medidas de dispersión calculando la varianza y la desviación típica.

El análisis estadístico se realizará usando el software SPSS, utilizando el modelo de medidas repetidas adecuado a la naturaleza de los datos y a los objetivos del proyecto. Si la distribución no fuera paramétrica podríamos usar las pruebas estadísticas de Wilcoxon y en el caso de que fuera paramétrica se podría utilizar el T-Test. Si fuera necesario, se ajustará el modelo por aquellas variables que introduzcan algún tipo de sesgo, entre ellas las variables confusoras.

Las asociaciones entre variables se determinarán por regresión lineal (coeficiente de correlación de Pearson). La significación estadística se establecerá en $P < 0.05$.

4.7. Equipo Investigador

Para llevar a cabo esta investigación, se requerirá la colaboración de un equipo multidisciplinar compuesto por profesionales especializados en distintas áreas, cada uno aportando su experiencia y conocimiento para el desarrollo y ejecución del estudio. Este equipo estará conformado por:

- **Enfermeros (3):** Desempeñarán un papel fundamental en la recolección de datos, ya que serán los responsables de realizar extracciones sanguíneas para medir el índice testosterona - cortisol. Estas mediciones se llevarán a cabo en múltiples puntos a lo largo del estudio, desde la semana 3 hasta la semana 11, programadas específicamente los sábados, con excepción de la primera medición que será realizada en la semana 3, todas programadas 24 horas antes de los partidos oficiales.
- **Médico:** Será el encargado de realizar las resonancias magnéticas, una herramienta clave para evaluar los efectos de la intervención. Con el equipo necesario y su debida autorización, los colaboradores de la investigación junto con la supervisión de los investigadores principales ejecutarán estos análisis durante el transcurso del estudio: en la semana 3, como punto de referencia inicial, y en la semana 12, para comparar los resultados antes y después de la intervención. Para ello se realizará una comparación con el software para medir volumetría a partir de las imágenes de RMN.
- **Investigadores principales:** Este equipo estará integrado por los autores del proyecto, quienes liderarán y supervisarán todas las etapas del estudio. Desde la fase inicial de familiarización con los protocolos de investigación hasta la evaluación final de los datos recopilados, los investigadores

principales garantizarán la calidad y precisión de cada aspecto del estudio. Además, estarán a cargo de asegurar el cumplimiento de los protocolos de intervención, así como de la correcta ejecución de las técnicas de los ejercicios.

- **Colaboradores:** Este grupo estará formado por estudiantes voluntarios del programa de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CAFYD) de la Universidad Europea de Canarias. Su participación no será evaluable, ya que colaborarán en la toma de mediciones de diferentes pruebas en la semana 3, semana 7 y la semana 12, contribuyendo así a la recopilación de datos. Además, estarán disponibles para apoyar en las sesiones de fuerza programadas a lo largo de la semana durante todo el período de estudio, brindando asistencia y colaboración activa en el desarrollo de las actividades planificadas.

5. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio "Respuesta del índice testosterona-cortisol al entrenamiento de fuerza en futbolistas semi-profesionales. Entrenamiento de fuerza tradicional vs cluster. Un proyecto de estudio controlado aleatorizado (ECA)" es viable gracias al respaldo de la Universidad Europea, que aporta recursos académicos y materiales esenciales.

Además, los convenios de colaboración entre la Universidad Europea de Canarias, el C.D. Tenerife y el Grupo Hospiten facilita el acceso a jugadores, instalaciones deportivas y médicas, además del soporte logístico, asegurando una implementación fluida y eficiente del proyecto.

En lo que respecta a las limitaciones del estudio, es necesario adquirir fotocélulas y encoders, ya que la Universidad Europea no dispone de este material específico esencial para obtener datos precisos de velocidad, agilidad, potencia y fuerza.

Además, se reconoce la posibilidad de que los jugadores puedan sufrir lesiones durante el protocolo de estudio. Si esto sucediera el deportista será retirado del estudio suponiendo para el mismo un “dropout”.

Por otro lado, no tendremos información detallada sobre la carga de trabajo y demandas físicas específicas de los jugadores durante sus entrenamientos regulares, lo que podría afectar al rendimiento y resultados del estudio. Para mitigar este riesgo, se podría llegar a un acuerdo con los preparadores físicos del club y recopilar dichos datos. Estos factores serán gestionados cuidadosamente para asegurar la viabilidad y el éxito del estudio.

6. CONCLUSIONES

A continuación, se detallan las 3 principales conclusiones de nuestro proyecto de estudio en las que se detallan las ideas principales.

- 1) El estudio aborda un área poco explorada en el fútbol, la comparación entre el entrenamiento cluster y el tradicional. Aunque existen numerosos estudios que avalan los beneficios del primero, su aplicación en el ámbito futbolístico aún carece de investigaciones sólidas.
- 2) La inclusión de futbolistas familiarizados con el entrenamiento de fuerza garantiza la precisión de los resultados. Su experiencia en el ambiente profesional ofrece un contexto idóneo para evaluar los efectos del entrenamiento cluster en comparación con el tradicional.
- 3) Es esencial considerar las diferentes demandas físicas de cada fase de la temporada. Mientras que en la pretemporada se busca fatigar a los jugadores para mejorar su capacidad física, hacia el final de la temporada el enfoque se centra en mantener su rendimiento óptimo. Por tanto, el estudio aboga por una integración adecuada del entrenamiento cluster considerando las necesidades específicas que se requieren en esta última etapa de temporada.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Anicic, Z., Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Garcia-Ramos, A., Petrovic, M. R., Cabarkapa, D., & Mirkov, D. M. (2023). Assessment of Countermovement Jump: What Should We Report?. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(1), 190. <https://doi.org/10.3390/life13010190>
- Bhasin, S., Woodhouse, L., & Storer, T. W. (2001). Proof of the effect of testosterone on skeletal muscle. *The Journal of endocrinology*, 170(1), 27–38. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1700027>
- Chrousos G. P. (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature reviews. Endocrinology*, 5(7), 374–381. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106>
- Cook, C. J., & Beaven, C. M. (2013). Individual perception of recovery is related to subsequent sprint performance. *British journal of sports medicine*, 47(11), 705–709. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091647>
- Elloumi, M., Maso, F., Michaux, O., Robert, A., & Lac, G. (2003). Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *European journal of applied physiology*, 90(1-2), 23–28. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0868-5>
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., Haff, G. G., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical and Metabolic Responses to Traditional and Cluster Set Configurations in the Bench Press Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 34(3), 663–670. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002301>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Gordon, B. R., McDowell, C. P., Hallgren, M., Meyer, J. D., Lyons, M., & Herring, M. P. (2018). Association of Efficacy of Resistance Exercise Training With Depressive Symptoms: Meta-analysis and Meta-regression Analysis of Randomized Clinical Trials. *JAMA psychiatry*, 75(6), 566–576. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.0572>
- Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Cusso, R., Hellsten, Y., Calbet, J. A., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2010). Anaerobic energy expenditure and mechanical efficiency during exhaustive leg press exercise. *PloS one*, 5(10), e13486. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013486>
- Hackney A. C. (2006). Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise as a stressor and modifier of stress. *Expert review of endocrinology & metabolism*, 1(6), 783–792. <https://doi.org/10.1586/17446651.1.6.783>

- Kraemer, W. J., Noble, B. J., Clark, M. J., & Culver, B. W. (1987). Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International journal of sports medicine*, 8(4), 247–252. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025663>
- Krolo, A., Gilic, B., Foretic, N., Pojskic, H., Hammami, R., Spasic, M., Uljevic, O., Versic, S., & Sekulic, D. (2020). Agility Testing in Youth Football (Soccer) Players; Evaluating Reliability, Validity, and Correlates of Newly Developed Testing Protocols. *International journal of environmental research and public health*, 17(1), 294. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010294>
- Lehnhard, Robert A.1; Lehnhard, Holly R.1; Young, Richard2; Butterfield, Stephen A.1. Monitoring Injuries on a College Soccer Team: The Effect of Strength Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 10(2):p 115-119, May 1996.
- Liao, K. F., Wang, X. X., Han, M. Y., Li, L. L., Nassis, G. P., & Li, Y. M. (2021). Effects of velocity based training vs. traditional 1RM percentage-based training on improving strength, jump, linear sprint and change of direction speed performance: A Systematic review with meta-analysis. *PloS one*, 16(11), e0259790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259790>
- McEwen B. S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *The New England journal of medicine*, 338(3), 171–179. <https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports Medicine (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(1), 186–205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Owen, A. L., Wong, delP., Dunlop, G., Groussard, C., Kebsi, W., Dellal, A., Morgans, R., & Zouhal, H. (2016). High-Intensity Training and Salivary Immunoglobulin A Responses in Professional Top-Level Soccer Players: Effect of Training Intensity. *Journal of strength and conditioning research*, 30(9), 2460–2469. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000380>
- Phillips, B. E., Williams, J. P., Greenhaff, P. L., Smith, K., & Atherton, P. J. (2017). Physiological adaptations to resistance exercise as a function of age. *JCI insight*, 2(17), e95581. <https://doi.org/10.1172/jci.insight.95581>
- Schelling, X., Calleja-González, J., & Terrados, N. (2013). Variación de la testosterona y el cortisol en relación al estado de ánimo en jugadores de baloncesto de élite.[Variation in testosterone and cortisol with relation to mood state in professional basketball players]. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte. [doi: 10.5232/ricyde.9\(34\).342-359](https://doi.org/10.5232/ricyde.9(34).342-359).

- Schmidtbleicher D. Training for power event. In: Komi PV, editor. *Strength and power in sport*. London: Blackwell Scientific Publications, 1992. p. 381-95
- Strasser, B., Arvandi, M., & Siebert, U. (2012). Resistance training, visceral obesity and inflammatory response: a review of the evidence. *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 13(7), 578–591. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2012.00988.x>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 20(4), 251–276. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520040-00004>
- Vilamitjana, J., Vaccari, J., Toedtli, M., Navone, D., Buteler, J., Verde, P., & Calleja Gonzalez, J. (2017). Monitorización de biomarcadores sanguíneos en jugadores profesionales de fútbol durante la fase preparatoria y competitiva. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 13, 211-224. <https://doi.org/10.5232/ricyde2017.04902>
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(12), 1037–1053. <https://doi.org/10.2165/11536910-000000000-00000>
- Weakley, J., Wilson, K., Till, K., Banyard, H., Dyson, J., Phibbs, P., Read, D., & Jones, B. (2020). Show Me, Tell Me, Encourage Me: The Effect of Different Forms of Feedback on Resistance Training Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 34(11), 3157–3163. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002887>
- West, D. W., & Phillips, S. M. (2012). Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training. *European journal of applied physiology*, 112(7), 2693–2702. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2246-z>
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3), 285–288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>

8. ANEXOS

8.1 Anexo I. Información del estudio y consentimiento informado

INFORMACIÓN DEL ESTUDIO Y DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Tiene la posibilidad de participar en el estudio "Respuesta del índice testosterona-cortisol al entrenamiento de fuerza en futbolistas semi-profesionales. Entrenamiento de fuerza tradicional vs cluster. Un proyecto de estudio controlado aleatorizado (ECA)". Este estudio está siendo realizado por un equipo de especialistas en Ciencias del Deporte y de la Salud, liderado por los investigadores Aarón Aragón y Hugo Luis, con el respaldo de la Universidad Europea de Canarias.

El objetivo de esta investigación es evaluar cómo afectan los programas de entrenamiento específicos y como pueden influir en el rendimiento y en la fatiga a final de temporada en jugadores de fútbol semi-profesionales.

Se trata de un estudio controlado aleatorizado, donde se formarán dos grupos de manera aleatoria: un grupo control y un grupo experimental. Ambos grupos participarán en un programa de entrenamiento personalizado durante 12 semanas. Este programa incluirá extracciones de sangre para medir el índice T/C, resonancias magnéticas pre y post estudio, evaluación de diferentes test y ejercicios de fuerza.

Se le realizarán diferentes pruebas de evaluación física y funcional al inicio y al final del estudio.

Se solicita su autorización para usar sus datos de forma anónima y garantizando su privacidad conforme al Reglamento General de Protección de Datos (RGPD).

Con su participación, no corre ningún riesgo significativo ya que se creará un ambiente de trabajo seguro, supervisado por profesionales en Ciencias del Deporte y del equipo de profesionales del C.D. Tenerife. Los beneficios incluyen una evaluación detallada de su rendimiento y la oportunidad de participar en un programa de entrenamiento avanzado.

La participación es completamente voluntaria. Usted puede abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna repercusión negativa. Para cualquier duda o información adicional, se recomienda mantener contacto directo con los investigadores Aarón Aragón y Hugo Luis a través del correo electrónico proporcionado.

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

D./Dña. _____, de _____ años de edad y con DNI nº _____.

Afirmo que he leído y entendido toda la información que se me ha proporcionado, he realizado las preguntas pertinentes y he recibido respuestas suficientes sobre este estudio.

A través de la presente, doy mi conformidad para participar en el estudio "Respuesta del índice testosterona – cortisol al entrenamiento de fuerza en futbolistas semi-profesionales. Entrenamiento de fuerza tradicional vs cluster. Un proyecto de estudio controlado aleatorizado (ECA)".

También he sido informado/a de que mis datos serán protegidos y tratados respetando el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD).

Firmado:

A ___ de _____ de 20__.

(Firma del participante)

(Firma del investigador)

8.2 Anexo II. Velocidad medias para cada % del 1 RM y ejercicio

Velocidad Media (m/s) para cada % de 1 RM

Ejercicio	100% (1RM)	80%	65%	50%	40%
Sentadilla	0,33	0,59	0,79	0,99	1,12
Peso muerto	0,25	0,53	0,72	0,93	1,06
Hip-Thrust	0,24	0,48	0,66	0,84	0,96
Prensa	0,19	0,54	0,79	1,06	1,23
Press Banca	0,19	0,42	0,64	0,89	1,08