UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS AL DEPORTE

Maestría en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte

TESIS

INGESTA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE, SOMATOTIPO, CAPACIDADES FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: ENSAYO NO ALEATORIZADO

Para obtener el grado de:

Maestra en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte

SUSTENTANTE: Marisol Guadarrama Sámano

DIRECTORA DE TESIS: Dra. María Alejandra Terrazas Meraz

Cuernavaca, Morelos, noviembre de 2026.

RESUMEN

El entrenamiento de fuerza combinado con una adecuada ingesta de proteína puede favorecer adaptaciones morfológicas y funcionales; sin embargo, existe evidencia limitada sobre el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche en estudiantes universitarios con poca experiencia previa de entrenamiento. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche, en combinación con un programa estructurado de entrenamiento de fuerza, sobre el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios. Se realizó un estudio cuasiexperimental, no aleatorizado, con mediciones pretest y postest. La intervención tuvo una duración de diez semanas e incluyó tres sesiones semanales de entrenamiento de fuerza. Se evaluaron 31 participantes mediante antropometría y 22 se integraron a la intervención, distribuidos en un grupo sin suplementación (n=11) y un grupo con suplementación de proteína de suero de leche (n=11). Se evaluaron indicadores antropométricos, somatotipo, fuerza dinámica mediante pruebas de seis repeticiones máximas (6RM), fuerza prensil, velocidad de 30 m, flexibilidad con *Sit and Reach* y capacidad cardiorrespiratoria estimada mediante *Course Navette*. La ingesta dietética se evaluó a partir de recordatorios de 24 horas repetidos durante la intervención. El peso corporal y el índice de masa corporal no presentaron cambios estadísticamente significativos. Se observaron disminuciones significativas en los pliegues cutáneos del bíceps y de la cresta ilíaca, mientras que los perímetros y diámetros óseos permanecieron sin cambios significativos. La mesomorfia aumentó significativamente en el total de participantes evaluados. En las capacidades físicas se observaron mejoras significativas en sentadilla, press de banca, peso muerto y press militar 6RM, fuerza prensil de ambas manos, flexibilidad y capacidad cardiorrespiratoria estimada, mientras que la velocidad en una distancia de 30 m no presentó cambios significativos. Al comparar los grupos con y sin suplementación, se identificaron diferencias significativas en los cambios de sentadilla y press militar en 6RM y flexibilidad. La ingesta promedio de proteína relativa al peso corporal no difirió significativamente entre los grupos, ni tampoco la proporción de participantes que

alcanzó la meta de ≥2 g/kg/día. Al analizar las adaptaciones según el cumplimiento de esta meta, la mesomorfia fue la única variable que mostró una diferencia significativa entre las categorías de cumplimiento. En conclusión, diez semanas de entrenamiento de fuerza se acompañaron de mejoras en diferentes capacidades físicas y de modificaciones específicas en algunos indicadores antropométricos y del somatotipo. La suplementación con proteína de suero de leche se relacionó con diferencias adicionales en determinadas variables, pero no con una respuesta superior generalizada en todas las adaptaciones evaluadas.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza; proteína de suero de leche; suplementación; somatotipo; capacidades físicas; estudiantes universitarios.

Abstract

Resistance training combined with adequate protein intake may promote morphological and functional adaptations; however, evidence regarding the effects of whey protein supplementation in university students with limited previous resistance-training experience remains limited. The aim of this study was to evaluate the effect of whey protein supplementation, combined with a structured resistance-training program, on somatotype and physical capacities in university students. A non-randomized quasi-experimental study with pretest and posttest measurements was conducted. The intervention lasted 10 weeks and included three resistance-training sessions per week. Thirty-one participants underwent anthropometric assessment, and 22 completed the intervention, with 11 participants in the non-supplemented group and 11 in the whey protein-supplemented group. Anthropometric indicators, somatotype, dynamic strength using 6RM tests, handgrip strength, 30-m sprint performance, flexibility using the Sit and Reach test, and estimated cardiorespiratory fitness using the Course Navette test were assessed. Dietary intake was evaluated using repeated 24-hour dietary recalls throughout the intervention. Body weight and body mass index did not change significantly. Significant reductions were observed in biceps and iliac crest skinfold thicknesses, whereas body girths and bone breadths showed no significant changes. Mesomorphy increased significantly in the total sample assessed. Significant improvements were observed in the squat, bench press, deadlift, and military press 6RM tests, bilateral handgrip strength, flexibility, and estimated cardiorespiratory fitness, whereas 30-m sprint performance did not change significantly. Comparisons between the supplemented and non-supplemented groups showed significant differences in changes in squat 6RM, military press 6RM, and flexibility. Mean protein intake relative to body weight did not differ significantly between groups, nor did the proportion of participants who achieved the target intake of ≥2 g/kg/day. When adaptations were analyzed according to achievement of this target, mesomorphy was the only variable that differed significantly between categories. In

conclusion, 10 weeks of resistance training were accompanied by improvements in several physical capacities and specific changes in anthropometric indicators and somatotype. Whey protein supplementation was associated with additional differences in specific outcomes but not with consistently greater responses across all adaptations assessed.

Keywords: resistance training; whey protein; supplementation; somatotype; physical capacities; university students.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo otorgado durante mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, a la Facultad de Ciencias del Deporte y al programa de Maestría en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte, por brindarme un espacio de aprendizaje, crecimiento profesional y desarrollo académico.

A la Dra. María Alejandra Terrazas Meraz, directora de esta tesis, por confiar en mi proceso, motivarme a continuar con esta investigación y estar presente en cada etapa del camino. Agradezco profundamente su orientación, disposición y compromiso para impulsar este trabajo hasta su culminación.

Al Mtro. Juan Salvador Gómez Miranda, codirector de tesis, por su apoyo, disposición y valiosas aportaciones durante el desarrollo de esta investigación. Le agradezco con especial cariño sus observaciones y sugerencias, que permitieron fortalecer este trabajo.

A mi comité tutoral, por el tiempo dedicado y por sus comentarios y recomendaciones, que enriquecieron la investigación y permitieron analizar con mayor cuidado distintos aspectos del proceso académico.

A mi compañera María por su amistad y por acompañarme desde el primer semestre, ayudándome a comprender aquello que se me dificultaba y brindándome su apoyo hasta esta última etapa, incluso con los trámites. Gracias por compartir conmigo tus conocimientos, experiencias y, sobre todo, por hacer de este camino una etapa más bonita y llevadera.

A la Mtra. Natalia Erazo, por su disposición, amabilidad y apoyo constante en los trámites y procesos administrativos de la maestría, facilitando cada gestión a lo largo de esta etapa académica.

A los participantes de la Universidad del Valle de Cuernavaca, por su disposición, compromiso y constancia durante el desarrollo del estudio. Asimismo, agradezco a

los practicantes de la Facultad de Nutrición que colaboraron en las evaluaciones iniciales y, de manera especial, al practicante Christian Alcocer García, por su apoyo y compromiso durante toda la intervención.

Dedicatorias

A mi mamá, por ser mi mayor ejemplo de fortaleza y amor. Por estar siempre para mí, por impulsarme a seguir adelante y por enseñarme que, incluso en los momentos más difíciles, siempre existe una razón para continuar. Este logro también es tuyo, porque gran parte de quien soy se lo debo a ti.

A mi hermana y mi compañera de vida, por caminar conmigo desde siempre. Por escucharme, apoyarme, celebrar mis logros como si fueran propios y estar presente en cada etapa, incluso cuando el camino se volvió complicado. Qué fortuna ha sido compartir la vida contigo.

A quien ya no está presente físicamente, pero siempre vivirá en mí. A ti, Cuquita, por ser mi ejemplo de vida y enseñarme, a través de tu propia historia, cómo quiero ser como persona y como profesionista. Gracias a ti he podido llegar hasta donde estoy, porque mucho de lo que soy, de lo que he aprendido y de lo que he logrado comenzó contigo.

A mi familia, por creer en mí, comprender mis ausencias y acompañarme durante estos años. Gracias por ser ese lugar al que siempre puedo volver y por recordarme lo importante que es seguir luchando por aquello que quiero.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Planteamiento del problema 6

1.2.1 Pregunta de investigación 9

1.3 JUSTIFICACIÓN 10

1.4 HIPÓTESIS 13

1.5 OBJETIVOS 14

1.5.1 Objetivo general 14

1.5.2 Objetivos específicos 14

2. MARCO TEÓRICO 16

2.1 Proteína de suero de leche. 16

2.2 Nutrición deportiva y requerimientos de proteína. 23

2.3 Somatotipo 25

Somatotipo y método Heath-Carter 25

2.4 Antropometría 27

2.5 Capacidades físicas 29

Fuerza máxima dinámica 30

Fuerza prensil 31

Velocidad 32

Flexibilidad 34

Capacidad cardiorrespiratoria 35

2.6 Entrenamiento de fuerza 37

3. METODOLOGÍA 52

3.1 Tipo y diseño del estudio 53

3.2 Población y muestra de estudio 53

3.3 Exposición de variables 56

3.4 Instrumentos de medición y recolección de las variables del estudio 60

3.6 Procedimiento 74

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 81

4.1 Resultados 81

4.2 DISCUSIÓN 93

4.2.1 Limitaciones 108

5. Consideraciones éticas y buenas prácticas de investigación 109

5.1 Aspectos éticos 111

6. CONCLUSIONES. 113

6.1 Recomendaciones 115

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 117

ANEXOS 128

ANEXO 1. Consentimiento informado 128

ANEXO 2. Cuestionario de información general 129

ANEXO 3. ANTROPOMETRÍA 134

ANEXO 4. CÁLCULO DEL SOMATOTIPO MEDIANTE EL MÉTODO HEATH-CARTER 135

ANEXO 5. Formato de evaluación de fuerza máxima mediante prueba de 6rm en sentadilla, press de banca, press para hombro y peso muerto (pre y post intervención) 138

ANEXO 6. EVALUACIÓN DE FUERZA PRENSIL MEDIANTE DINAMOMETRÍA 141

ANEXO 7. Formato de evaluación de velocidad mediante prueba de 30 metros, pre y post intervención) 143

ANEXO 8. Formato de evaluación de flexibilidad mediante prueba de sit and reach, (pre y post intervención) 144

ANEXO 9. Formato de evaluación de resistencia cardiorespiratoria mediante prueba de course navette, (pre y post intervención) 144

ANEXO 10. Cuestionario internacional de actividad física (ipaq-sf) 145

ANEXO 11. RECORDATORIO DE 24 HORAS (R24h) 148

ANEXO 12. Cuestionario de tamizaje de riesgo renal basado en las recomendaciones KDIGO 149

ANEXO 13. Evidencia fotográfica 152

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTUDIOS QUE SUSTENTAN LA DURACIÓN DE LA INTERVENCIÓN 54
TABLA 2. CRITERIOS DE SELECCIÓN EN LA POBLACIÓN DE ESTUDIO 57
TABLA 3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO 62
TABLA 4. CARACTERISTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LOS PARTICIPANTES SEGÚN GRUPO DE ESTUDIO 85
TABLA 5. CARACTERISTICAS Y SOMATOTIPO EN LA EVALUACIÓN BASAL 85
TABLA 6. CONSUMO PROMEDIO DIARIO DE ENERGÍA Y MACRONUTRIENTES DURANTE LA INTERVENCIÓN, SEGÚN GRUPO DE ESTUDIO. 85
TABLA 7. ESTIMACIONES DEL EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE SOBRE EL CONSUMO DE MACRONUTRIENTES DURANTE LA INTERVENCIÓN 85
TABLA 8.CUMPLIMIENTO DE LA RECOMENDACIÓN DE UNA INGESTA DE ≥2 G DE PROTEÍNA/KG DE PESO CORPORAL/DÍA SEGÚN GRUPO DE ESTUDIO. 87
TABLA 9.CAMBIOS EN EL PESO CORPORAL Y EL ÍNDICE DE MASA CORPORAL ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN N=31. 87
TABLA 10. CAMBIOS EN LOS PLIEGUES CUTÁNEOS ENTRE LAS EVALUACIONES BASAL Y FINAL EN EL TOTAL DE PARTICIPANTES Y EN LOS PARTICIPANTES QUE COMPLETARON LA INTERVENCIÓN 88
TABLA 11. CAMBIOS EN LOS PERÍMETROS CORPORALES Y DIÁMETROS ÓSEOS ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN. 89
TABLA 12. CAMBIOS EN LOS COMPONENTES DEL SOMATOTIPO ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN. 90
TABLA 13. CAMBIOS EN LAS CAPACIDADES FÍSICAS ANTES Y DESPUÉS DE LAS DIEZ SEMANAS DE INTERVENCIÓN. 90
TABLA 14. COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS CAPACIDADES FÍSICAS ENTRE LOS GRUPOS CON Y SIN SUPLEMENTACIÓN CON PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN. 91
TABLA 15.CAMBIOS EN EL SOMATOTIPO Y LAS CAPACIDADES FÍSICAS SEGÚN EL CUMPLIMIENTO DE UNA INGESTA PROMEDIO DE ≥2 G DE PROTEÍNA/KG DE PESO CORPORAL/DÍA. 92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ESQUEMA GENERAL DEL DISEÑO METODOLÓGICO Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN. 52

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el ámbito de la investigación en salud, la combinación del entrenamiento de fuerza con estrategias de suplementación nutricional ha adquirido relevancia debido a su potencial para favorecer las adaptaciones musculares, mejorar el rendimiento físico y contribuir a la optimización de la composición corporal. Entre los suplementos más utilizados se encuentra la proteína de suero de leche, caracterizada por su contenido de aminoácidos esenciales y su utilización como complemento de la alimentación en personas que realizan entrenamiento de fuerza. La evidencia científica ha estudiado sus efectos sobre la fuerza muscular y la masa corporal magra, aunque los resultados pueden variar de acuerdo con las características de la población y las condiciones de entrenamiento (Davis et al., 2026).

Paralelamente, el entrenamiento de fuerza constituye una estrategia eficaz para mejorar la capacidad de generar tensión muscular, favorecer la hipertrofia y optimizar diferentes componentes de la función física. Sus adaptaciones dependen, entre otros factores, de la adecuada manipulación de variables como la carga, el volumen y la frecuencia de entrenamiento (Currier et al., 2023, 2026).

La práctica regular de actividad física constituye uno de los principales pilares para la prevención de enfermedades crónicas y el mantenimiento de la salud a lo largo de la vida (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). No obstante, durante la etapa universitaria, los estudiantes pueden presentar niveles insuficientes de actividad física debido a diferentes barreras personales y contextuales, relacionadas con sus condiciones académicas y hábitos cotidianos (Brown et al., 2024). Asimismo, el incremento del comportamiento sedentario puede repercutir negativamente en distintos componentes de la condición física, particularmente en la capacidad cardiorrespiratoria (Prince et al., 2024). En este sentido, la inactividad física y el comportamiento sedentario se asocian con un mayor riesgo de resultados

adversos para la salud, incluyendo enfermedades crónicas no transmisibles (OMS, 2020).

Frente a esta problemática, el entrenamiento de fuerza representa una estrategia de ejercicio físico que favorece la salud musculoesquelética y la condición física mediante adaptaciones musculares y funcionales. Sus efectos incluyen mejoras en la fuerza muscular, la hipertrofia y determinados componentes de la composición corporal, cuya magnitud depende, entre otros factores, de una adecuada prescripción de variables como la carga, el volumen y la frecuencia de entrenamiento (Currier et al., 2023, 2026; Wewege et al., 2022).

La respuesta al entrenamiento no depende exclusivamente del estímulo generado durante cada sesión de ejercicio, sino también de la interacción entre la programación del entrenamiento, la alimentación y los procesos de recuperación. En este sentido, la ingesta adecuada de proteínas constituye una estrategia nutricional importante para favorecer la recuperación después del ejercicio y contribuir a las adaptaciones musculares inducidas por el entrenamiento de fuerza (Pearson et al., 2023). La evidencia señala que el ejercicio de resistencia y el consumo de proteínas estimulan la síntesis de proteína muscular, por lo que ambos estímulos pueden actuar de manera complementaria en el proceso de adaptación (Jäger et al., 2017).

Dentro de las fuentes proteicas utilizadas en el ámbito deportivo, la proteína de suero de leche destaca por su contenido de aminoácidos esenciales y leucina, un aminoácido que participa en la regulación de la síntesis de proteína muscular. Su consumo como complemento de la alimentación puede contribuir a incrementar las ganancias de masa muscular y fuerza cuando se combina con programas de entrenamiento de fuerza, particularmente cuando permite cubrir los requerimientos proteicos diarios (Jäger et al., 2017; Morton et al., 2018).

El beneficio de la suplementación proteica depende, entre otros factores, de que la ingesta total diaria de proteínas sea suficiente para favorecer las adaptaciones inducidas por el entrenamiento de fuerza. La evidencia científica indica que una

mayor ingesta de proteínas, cuando se combina con entrenamiento de fuerza, puede favorecer las ganancias de masa libre de grasa y contribuir al desarrollo de la fuerza muscular. En adultos jóvenes y de mediana edad, los beneficios sobre la masa libre de grasa han sido más evidentes en estudios donde la ingesta proteica alcanza o supera aproximadamente 1.6 g/kg de peso corporal al día (Nunes et al., 2022). Asimismo, la suplementación con proteínas de origen lácteo, incluida la proteína de suero de leche, puede contribuir a mejorar la masa muscular y la fuerza cuando se combina con programas de entrenamiento de fuerza (Zhou et al., 2024). Sin embargo, el consumo de proteína de suero de leche no garantiza por sí mismo alcanzar una ingesta proteica adecuada, ya que el aporte total también depende de los hábitos alimentarios del individuo. Por ello, resulta pertinente evaluar no solo el efecto de la suplementación, sino también el cumplimiento de las recomendaciones de ingesta proteica durante la intervención.

En la población universitaria, el interés por mejorar la condición física y la composición corporal puede relacionarse con el consumo de suplementos nutricionales, particularmente entre estudiantes que realizan ejercicio físico. En este contexto, los suplementos de proteína constituyen una estrategia utilizada por jóvenes que asisten a centros de acondicionamiento físico. Un estudio realizado en universitarios de Emiratos Árabes Unidos identificó patrones de consumo de suplementos proteicos y diferencias en los conocimientos y percepciones de los estudiantes respecto a sus beneficios y posibles efectos adversos, lo que resalta la importancia de la orientación profesional y la educación nutricional para favorecer un consumo informado y responsable (Qudah et al., 2025).

A pesar de la evidencia que respalda los beneficios del entrenamiento de fuerza y de una ingesta adecuada de proteínas, la respuesta muscular al ejercicio continúa siendo motivo de interés científico debido a la variabilidad observada entre individuos y estudios. La evidencia señala que la magnitud y el curso temporal de la respuesta de síntesis de proteína muscular posterior al ejercicio de fuerza pueden estar influidos por factores como la edad, la experiencia previa de entrenamiento y las características de la carga de ejercicio, incluyendo la intensidad, el volumen de

trabajo y el nivel de esfuerzo. Esta heterogeneidad destaca la importancia de continuar estudiando las respuestas musculares al entrenamiento de fuerza en diferentes poblaciones y bajo distintas condiciones de intervención (Davies et al., 2024).

En este contexto, la población universitaria representa un grupo de particular interés debido a la presencia de conductas relacionadas con la actividad física, la alimentación y el uso de suplementos nutricionales. Se ha documentado el consumo de suplementos dietéticos y productos orientados al desarrollo muscular entre estudiantes universitarios, particularmente en aquellos interesados en el ejercicio físico y la mejora de la composición corporal y el rendimiento físico (Sundgot-Borgen et al., 2022). Entre los productos utilizados se encuentran los suplementos de proteína, cuyo consumo puede estar relacionado con objetivos como el incremento de la masa muscular y la mejora del rendimiento. Sin embargo, el conocimiento sobre sus beneficios, riesgos y utilización adecuada puede ser insuficiente, lo que resalta la importancia de proporcionar información confiable y orientación por parte de profesionales de la nutrición para favorecer su uso responsable (Qudah et al., 2025).

Aunque la combinación del entrenamiento de fuerza y la suplementación con proteína de suero de leche ha sido ampliamente investigada, los resultados disponibles provienen de poblaciones y condiciones de intervención diversas. Por ello, resulta pertinente ampliar la investigación en estudiantes universitarios, particularmente mediante estudios que analicen conjuntamente las adaptaciones antropométricas y las capacidades físicas, considerando las características de actividad física y alimentación de esta población.

Una parte importante de las investigaciones sobre entrenamiento de fuerza ha evaluado sus efectos sobre variables relacionadas con la composición corporal, como la masa grasa y la masa libre de grasa, así como sobre indicadores de fuerza muscular (Liu et al., 2022; Wewege et al., 2022). No obstante, la evaluación de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento también puede incorporar indicadores antropométricos y de rendimiento funcional, permitiendo caracterizar de manera

más amplia la respuesta al ejercicio. En este sentido, la utilización conjunta de diferentes indicadores de evaluación puede proporcionar una perspectiva integral de las adaptaciones derivadas del entrenamiento y favorecer una mejor interpretación de los resultados obtenidos.

En relación con la suplementación, se ha documentado el consumo de suplementos nutricionales en población mexicana que asiste a gimnasios, encontrándose que los productos proteicos se encuentran entre los suplementos utilizados con fines relacionados con el ejercicio y la composición corporal. En un estudio realizado con adultos mexicanos, la proteína representó uno de los productos más consumidos, con una prevalencia del 23.6 % (Sánchez-Rivera et al., 2021). Asimismo, se han evaluado programas de entrenamiento de fuerza y resistencia en estudiantes universitarios mexicanos, observándose cambios favorables en indicadores de fuerza y resistencia muscular después de su implementación (Pérez Córdova et al., 2024).

En el estado de Morelos también existen antecedentes de intervenciones dirigidas a población universitaria. García Sánchez (2024) evaluó los efectos de un programa de entrenamiento físico funcional de 12 semanas en estudiantes de 18 a 24 años de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, considerando parámetros antropométricos y de condición física. Los resultados mostraron cambios en variables antropométricas, así como mejoras en fuerza, resistencia, flexibilidad y velocidad. Sin embargo, este antecedente se centró en el entrenamiento físico funcional, por lo que resulta pertinente ampliar la investigación hacia intervenciones que integren el entrenamiento de fuerza con estrategias nutricionales, como la suplementación con proteína, y que evalúen conjuntamente diferentes indicadores antropométricos y de capacidad física.

Ante este panorama, resulta pertinente investigar el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche como parte de una estrategia nutricional complementaria a un programa estructurado de entrenamiento de fuerza en estudiantes universitarios. Asimismo, resulta relevante analizar la ingesta total de proteína y su relación con las adaptaciones obtenidas. La evidencia disponible

indica que el incremento de la ingesta proteica durante programas de entrenamiento de fuerza puede producir beneficios adicionales sobre la masa muscular y la fuerza; sin embargo, estos beneficios no necesariamente aumentan de manera proporcional conforme se incrementa la ingesta total de proteína (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022). Por lo tanto, el análisis de la ingesta proteica permitirá explorar su relación con los cambios antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas observados durante la intervención.

1.2 Planteamiento del problema

La insuficiente actividad física y el comportamiento sedentario constituyen problemáticas relevantes en la población universitaria, debido a que una proporción importante de los estudiantes no alcanza niveles suficientes de actividad física para obtener sus beneficios sobre la salud (Brown et al., 2024). Asimismo, un mayor tiempo de comportamiento sedentario se ha relacionado con una menor aptitud cardiorrespiratoria, lo que refuerza la importancia de promover estilos de vida físicamente activos (Prince et al., 2024). Ante esta situación, el entrenamiento de fuerza representa una alternativa para mejorar la condición física, incrementar la fuerza muscular y favorecer la hipertrofia. La evidencia derivada de ensayos controlados indica que diferentes prescripciones de entrenamiento, considerando variables como la carga, el número de series y la frecuencia semanal, pueden producir mejoras en la fuerza y la hipertrofia muscular en adultos sanos (Currier et al., 2023).

La respuesta al entrenamiento también depende de factores relacionados con la nutrición. La ingesta de proteínas desempeña un papel relevante en los procesos de recuperación y adaptación muscular asociados con el ejercicio, mientras que la suplementación proteica constituye una estrategia utilizada para complementar la alimentación de quienes realizan entrenamiento de fuerza (Nunes et al., 2022; Pearson et al., 2023). Entre las diferentes fuentes disponibles, la proteína de suero de leche ha sido estudiada por su posible contribución al desarrollo muscular cuando se combina con programas de entrenamiento de fuerza (Jacinto et al., 2022; Zbinden-Foncea et al., 2023). Sin embargo, sus efectos deben interpretarse

considerando la ingesta total diaria de proteínas y las características del programa de entrenamiento, ya que una ingesta proteica suficiente es uno de los factores que intervienen en las adaptaciones musculares inducidas por el ejercicio (Nunes et al., 2022).

La combinación del entrenamiento de fuerza con la suplementación proteica también se ha investigado en adultos jóvenes sin experiencia previa en entrenamiento. Jacinto et al. (2022) observaron que la suplementación con proteína de suero de leche produjo mayores incrementos en el grosor muscular que la suplementación con péptidos de colágeno después de un programa de entrenamiento de 10 semanas, aunque no se encontraron diferencias entre los grupos en las pruebas de fuerza y potencia. Por otra parte, Zbinden-Foncea et al. (2023) no encontraron beneficios adicionales de la suplementación con proteína de suero sobre la masa libre de grasa y la fuerza después de ocho semanas de entrenamiento, en participantes que ya presentaban una ingesta habitual elevada de proteínas. Estos resultados muestran que los efectos de la suplementación pueden variar según las condiciones nutricionales de los participantes, por lo que resulta pertinente continuar investigando estas estrategias en población universitaria mediante protocolos que integren la evaluación de la ingesta dietética, los indicadores antropométricos y las diferentes capacidades físicas.

En general, una parte importante de la investigación sobre entrenamiento de fuerza se ha centrado en variables como la fuerza muscular y la hipertrofia. Revisiones sistemáticas recientes han mostrado una amplia disponibilidad de estudios que evalúan los efectos del entrenamiento de fuerza sobre estas variables, mientras que el número de estudios relacionados con otros indicadores de función física, como la movilidad, la velocidad de marcha, el equilibrio y la flexibilidad, es comparativamente menor (Currier et al., 2023). Se han desarrollado investigaciones en adultos jóvenes no entrenados que evalúan los efectos del entrenamiento de fuerza y la suplementación proteica sobre variables relacionadas con la composición corporal y la fuerza muscular. Sin embargo, en la búsqueda bibliográfica realizada para la presente investigación no se identificaron estudios en estudiantes universitarios que

evaluaran de manera conjunta el somatotipo y un conjunto amplio de capacidades físicas, incluyendo fuerza muscular, velocidad, flexibilidad y capacidad cardiorrespiratoria. Por lo anterior, la evaluación simultánea de indicadores antropométricos, somatotípicos y funcionales puede contribuir a una caracterización más integral de las adaptaciones asociadas con la intervención.

Los antecedentes identificados en población universitaria mexicana muestran que se han estudiado intervenciones de entrenamiento físico y, de manera independiente, el consumo de suplementos nutricionales. En Morelos, se ha evaluado el efecto de programas de entrenamiento físico sobre parámetros antropométricos y de condición física en estudiantes universitarios (García Sánchez, 2024). Sin embargo, al momento de la elaboración de esta investigación, en la búsqueda bibliográfica realizada no se identificaron estudios desarrollados en estudiantes universitarios de Morelos que integraran un programa estructurado de entrenamiento de fuerza con suplementación de proteína de suero de leche y evaluaran conjuntamente variables antropométricas, somatotipo y diferentes capacidades físicas. Este vacío de conocimiento sustenta la pertinencia de analizar de manera integral las adaptaciones morfológicas y funcionales asociadas con ambas estrategias en esta población.

Aunque se ha documentado que el entrenamiento de fuerza combinado con una ingesta adecuada de proteína puede favorecer las adaptaciones relacionadas con la masa muscular y la fuerza, la evidencia que analiza de manera conjunta la suplementación con proteína de suero de leche, las variables antropométricas, el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios aún es limitada. En adultos jóvenes, el incremento de la ingesta proteica durante programas de entrenamiento de fuerza se ha asociado con beneficios adicionales, aunque modestos, sobre la masa libre de grasa y algunas manifestaciones de la fuerza (Nunes et al., 2022). También se ha observado que la suplementación con proteína de suero de leche durante un programa de entrenamiento de fuerza puede favorecer determinadas adaptaciones musculares en adultos jóvenes no entrenados (Jacinto et al., 2022). Por ello, resulta pertinente investigar el efecto de la suplementación

con proteína de suero de leche como complemento de un programa estructurado de entrenamiento de fuerza en estudiantes universitarios, así como analizar si el cumplimiento de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día, establecida como criterio de análisis en la presente investigación, se relaciona con los cambios observados en las variables antropométricas, el somatotipo y las capacidades físicas.

1.2.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios que participan por primera vez en un programa estructurado de entrenamiento de fuerza?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La insuficiente actividad física y el comportamiento sedentario constituyen problemáticas relevantes durante la etapa universitaria, debido a que una proporción considerable de los estudiantes no alcanza los niveles de actividad física necesarios para obtener beneficios para la salud (Brown et al., 2024). Asimismo, la evidencia científica ha señalado que el comportamiento sedentario puede relacionarse con una menor aptitud cardiorrespiratoria y otros indicadores desfavorables de salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020; Prince et al., 2024). Ante esta situación, el entrenamiento de fuerza, acompañado de estrategias de nutrición deportiva, representa una alternativa para favorecer las adaptaciones musculares y funcionales. Sin embargo, es necesario ampliar la evidencia sobre los efectos de la combinación de estas estrategias en estudiantes universitarios, particularmente mediante la evaluación conjunta de los cambios antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas derivados de un programa estructurado de entrenamiento de fuerza acompañado de una estrategia nutricional.

La relevancia de este estudio radica en que no se limitó a evaluar el consumo de proteína de suero de leche como un suplemento aislado, sino que incorporó una estrategia nutricional cuya meta fue alcanzar una ingesta total de proteína de ≥2 g/kg de peso corporal/día, establecida previamente en el protocolo de investigación. Este planteamiento permitió considerar la suplementación dentro del contexto de la alimentación habitual de los participantes, tomando en cuenta tanto la proteína procedente de los alimentos como la aportada por el suplemento. De esta manera, el seguimiento de la ingesta proteica permitió examinar el cumplimiento de la meta establecida y analizar los resultados de la intervención considerando el consumo total de proteína durante el programa de entrenamiento de fuerza.

Otro aspecto relevante fue el seguimiento sistemático de la alimentación durante el periodo de intervención. La aplicación periódica de recordatorios de 24 horas en diferentes días de la semana permitió recopilar información sobre el consumo de energía y macronutrientes en distintos momentos del estudio, considerando las variaciones que pueden presentarse en la alimentación cotidiana. La utilización de

evaluaciones dietéticas repetidas resulta pertinente, ya que un solo recordatorio de 24 horas no necesariamente representa el consumo habitual de una persona debido a la variabilidad diaria de la ingesta alimentaria (Bailey, 2021; Rossato & Fuchs, 2021). Asimismo, este seguimiento permitió examinar el cumplimiento de la meta de ingesta proteica de ≥2 g/kg de peso corporal/día establecido en el protocolo. La información recopilada facilitó la interpretación de los resultados a partir del contexto dietético de los participantes y de los cambios registrados en su consumo alimentario durante la intervención, en lugar de considerar exclusivamente la cantidad de proteína aportada por el suplemento. De esta manera, el seguimiento dietético constituyó un elemento importante para contextualizar las adaptaciones observadas durante el programa de entrenamiento de fuerza.

El estudio incorpora una evaluación integral de la respuesta a la intervención mediante el análisis de indicadores antropométricos, del somatotipo y de diferentes capacidades físicas, incluyendo la fuerza máxima dinámica, la fuerza prensil, la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria. La valoración conjunta de estas variables permite analizar las adaptaciones morfológicas y funcionales asociadas con el programa de entrenamiento de fuerza y la estrategia nutricional implementada, considerando diferentes dimensiones de la respuesta física de los estudiantes universitarios participantes.

Asimismo, este estudio contribuye a ampliar la evidencia disponible en población universitaria mexicana y, particularmente, en el estado de Morelos. Aunque existen antecedentes de intervenciones de entrenamiento físico en estudiantes universitarios de esta entidad (García Sánchez et al., 2025), en la búsqueda bibliográfica realizada para la presente investigación se identificó evidencia limitada sobre intervenciones que integren el entrenamiento de fuerza con estrategias de nutrición deportiva y que evalúen conjuntamente indicadores antropométricos, somatotipo y diferentes capacidades físicas en estudiantes universitarios. En este sentido, el enfoque empleado, al combinar el seguimiento de la ingesta dietética con la evaluación de indicadores antropométricos, del somatotipo y de diferentes

capacidades físicas, permite analizar de manera integral las adaptaciones asociadas con la intervención.

Adicionalmente, los resultados obtenidos podrán contribuir al diseño de programas de entrenamiento y estrategias de nutrición deportiva fundamentadas en evidencia científica, además de servir como referencia para nutriólogos, entrenadores, profesionales de la actividad física e instituciones de educación superior interesadas en promover intervenciones orientadas a mejorar la salud y el rendimiento físico de esta población.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación podrán constituir un punto de partida para futuras investigaciones que profundicen en el estudio de las adaptaciones derivadas del entrenamiento de fuerza y del cumplimiento de una ingesta de proteína de aproximadamente 2 g/kg de peso corporal/día, considerando que las recomendaciones para personas que realizan ejercicio se sitúan generalmente entre 1.4 y 2.0 g/kg/día (Jäger et al., 2017).

1.4 HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación (H1)

La suplementación con proteína de suero de leche favorecerá adaptaciones morfológicas y funcionales en estudiantes universitarios sedentarios sometidos a un programa estructurado de entrenamiento de fuerza, reflejadas en cambios en los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas. Asimismo, los estudiantes que alcancen una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día presentarán una mayor magnitud de cambio entre las evaluaciones preintervención y postintervención en dichos indicadores, en comparación con aquellos que no alcancen esta ingesta.

Hipótesis nula (H0)

La suplementación con proteína de suero de leche no producirá una mayor magnitud de cambio en los indicadores antropométricos, el somatotipo ni las capacidades físicas en estudiantes universitarios sedentarios sometidos a un programa estructurado de entrenamiento de fuerza. Asimismo, los estudiantes que alcancen una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día no presentarán una mayor magnitud de cambio entre las evaluaciones preintervención y postintervención en dichas variables, en comparación con aquellos que no alcancen esta ingesta.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche y del cumplimiento de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día sobre el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios no deportistas participantes de un programa estructurado de entrenamiento de fuerza, durante el periodo de septiembre a diciembre de 2025 en Cuernavaca, Morelos.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Analizar los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas, incluyendo: fuerza máxima dinámica (6 RM), fuerza prensil (dinamometría), velocidad (30 metros), flexibilidad *(sit and reach)* y capacidad cardiorrespiratoria (test Course Navette), antes y después de la intervención, usando métodos estandarizados.

2. Determinar la ingesta habitual de energía, proteínas y macronutrientes, así como el cumplimiento de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día, calculados mediante recordatorios de 24 horas aplicados durante la intervención.

3. Analizar el efecto de la suplementación no aleatorizada con proteína de suero de leche, administrada después de las sesiones de entrenamiento, sobre los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios, después de un programa estructurado de entrenamiento de fuerza.

4. Comparar los cambios preintervención y postintervención en los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas entre los

estudiantes que recibieron suplementación con proteína de suero de leche después de las sesiones de entrenamiento y aquellos que no la recibieron.

5. Analizar la asociación entre el cumplimiento de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día y los cambios observados en los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas de los participantes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Proteína de suero de leche.

Generalidades y características nutricionales

La proteína constituye un macronutriente esencial que aporta aminoácidos necesarios para la síntesis y el recambio de proteínas corporales, incluidas las proteínas del músculo esquelético. En personas que realizan entrenamiento de fuerza, la ingesta de proteínas adquiere especial relevancia debido a que proporciona aminoácidos necesarios para los procesos de síntesis y remodelación muscular asociados con el ejercicio. En este contexto, el incremento de la ingesta proteica en combinación con el entrenamiento de fuerza puede favorecer las adaptaciones musculares, particularmente los cambios relacionados con la masa libre de grasa y la fuerza muscular (Nunes et al., 2022; Zhou et al., 2024).

Entre las diferentes fuentes de proteína utilizadas en nutrición deportiva se encuentra la proteína de suero de leche (*whey protein*), derivada de la fracción soluble de las proteínas de la leche. La leche bovina contiene proteínas de alta calidad nutricional y digestibilidad que aportan aminoácidos esenciales, y aproximadamente el 80 % de sus proteínas corresponde a caseínas y el 20 % a proteínas del suero (Fitzpatrick et al., 2024). Las proteínas del suero presentan características de digestión que favorecen una rápida disponibilidad de aminoácidos después de su ingesta, aunque esta puede variar dependiendo de las características del procesamiento del producto (Fitzpatrick et al., 2024). Asimismo, las proteínas de origen lácteo, incluida la proteína de suero de leche, han sido estudiadas en combinación con el entrenamiento de fuerza por sus efectos sobre la masa muscular y la fuerza (Zhou et al., 2024).

El interés por la proteína de suero de leche en el ámbito de la nutrición deportiva se relaciona con su contenido de aminoácidos esenciales, particularmente leucina, y con su rápida digestión y disponibilidad de aminoácidos después de su ingestión. La disponibilidad posprandial de aminoácidos esenciales, especialmente de leucina, constituye un factor relevante para la estimulación de la síntesis de proteínas

musculares después de la ingesta de proteínas. En este contexto, la proteína de suero de leche ha sido ampliamente estudiada debido a su perfil de aminoácidos y a su capacidad para proporcionar aminoácidos esenciales después de su consumo (Fitzpatrick et al., 2024; Wilkinson et al., 2023).

La calidad de una fuente proteica depende, entre otros factores, de su contenido de aminoácidos indispensables y de la digestibilidad de estos aminoácidos. Entre los métodos utilizados para evaluar la calidad proteica se encuentran el *Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS) y el *Digestible Indispensable Amino Acid Score* (DIAAS). El DIAAS considera la digestibilidad ileal de cada aminoácido indispensable y permite identificar el aminoácido limitante de una fuente proteica. La proteína de suero de leche presenta una elevada calidad proteica y aporta cantidades importantes de aminoácidos indispensables, incluida la leucina, lo que se refleja en valores elevados de DIAAS para las proteínas de suero evaluadas (Moughan & Lim, 2024).

Otro aspecto relevante de la proteína de suero de leche es su rápida digestión y la consecuente disponibilidad de aminoácidos después de su ingestión. En comparación con proteínas de digestión más lenta, como la caseína, el suero produce un incremento más rápido y transitorio de aminoácidos en la circulación, mientras que la caseína genera una disponibilidad más prolongada (Boirie et al., 1997). La disponibilidad de aminoácidos esenciales y leucina después de la ingesta constituye uno de los factores que intervienen en la estimulación aguda de la síntesis de proteínas musculares después del ejercicio de fuerza. No obstante, la respuesta anabólica al consumo de proteínas debe interpretarse considerando la ingesta proteica total y el estímulo proporcionado por el entrenamiento de fuerza (Wilkinson et al., 2023).

La proteína de suero de leche utilizada en alimentos y suplementos puede encontrarse principalmente en forma de concentrado, aislado e hidrolizado. El concentrado y el aislado se obtienen mediante diferentes procesos de filtración y separación, y el aislado presenta una mayor concentración de proteína como resultado de procesos adicionales de purificación. Por su parte, los hidrolizados se

producen mediante la ruptura de las proteínas en péptidos de menor tamaño, proceso que puede realizarse mediante hidrólisis enzimática. Las diferencias en el procesamiento modifican la composición y las características fisicoquímicas de los productos derivados del suero de leche (Abish et al., 2024; Irazoqui et al., 2024).

La leucina constituye un importante estímulo nutricional de la vía de señalización mTORC1 y contribuye a la estimulación de la síntesis de proteínas musculares después de la ingesta de proteínas (Ely et al., 2023). Sin embargo, la magnitud de esta respuesta no depende exclusivamente de la leucina, sino también de la disponibilidad de los demás aminoácidos esenciales y de las características de la proteína ingerida. El ejercicio de fuerza incrementa la sensibilidad del músculo esquelético a los aminoácidos esenciales, favoreciendo la respuesta anabólica posterior a la ingesta de proteínas (Ely et al., 2023; Wilkinson et al., 2023).

Las necesidades de proteína pueden cubrirse mediante alimentos convencionales cuando la alimentación proporciona una cantidad suficiente de proteínas y aminoácidos esenciales. No obstante, el incremento de la ingesta proteica mediante alimentos o suplementos puede constituir una estrategia para alcanzar una ingesta total adecuada. En personas que realizan entrenamiento de fuerza, una mayor ingesta diaria de proteína puede producir beneficios adicionales, aunque generalmente modestos, sobre las ganancias de masa libre de grasa y algunas manifestaciones de la fuerza muscular (Nunes et al., 2022). Por lo tanto, la proteína de suero de leche puede utilizarse como una fuente complementaria de proteína para contribuir al cumplimiento de los objetivos individuales de ingesta proteica dentro de una alimentación adecuada.

Evidencia científica sobre la proteína de suero de leche y el entrenamiento de fuerza

La suplementación con proteínas ha sido ampliamente estudiada como estrategia complementaria al entrenamiento de fuerza. La evidencia actual indica que incrementar la ingesta diaria de proteínas durante programas de entrenamiento de fuerza puede producir beneficios adicionales, aunque generalmente pequeños,

sobre la masa libre de grasa y algunas medidas de fuerza muscular. La magnitud de estos efectos puede variar de acuerdo con factores como la edad, la ingesta proteica total y la realización de entrenamiento de fuerza (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022). Por lo tanto, la suplementación proteica puede utilizarse como una estrategia complementaria para incrementar la ingesta total de proteínas, mientras que el entrenamiento de fuerza constituye un estímulo fundamental para favorecer las adaptaciones musculares (Tagawa et al., 2022).

En adultos menores de 65 años sometidos a entrenamiento de fuerza, los análisis por subgrupos han observado beneficios adicionales sobre la masa libre de grasa cuando la ingesta proteica alcanza valores de 1.6 g/kg de peso corporal/día o superiores (Nunes et al., 2022). En relación con la fuerza muscular, se ha identificado una asociación dosis-respuesta positiva hasta aproximadamente 1.5 g de proteína/kg de peso corporal/día, sin observarse beneficios adicionales claros con ingestas superiores a este nivel (Tagawa et al., 2022).

En contraste, el incremento de la ingesta proteica sin entrenamiento de fuerza no ha mostrado efectos significativos sobre la masa libre de grasa ni sobre la fuerza muscular, lo que destaca la importancia de combinar una ingesta proteica suficiente con el estímulo del entrenamiento de fuerza para favorecer las adaptaciones musculares (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022).

En relación con el momento de consumo, la evidencia actual no indica que la ingesta de proteínas inmediatamente después del ejercicio sea indispensable para favorecer las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza. Un metaanálisis reciente que comparó directamente la suplementación proteica antes y después de las sesiones de entrenamiento no encontró diferencias significativas en los cambios de masa libre de grasa según el momento de consumo. Aunque se observaron diferencias en algunas medidas de fuerza, la evidencia disponible presenta una certeza baja o muy baja y todavía es insuficiente para establecer la superioridad de consumir proteínas antes o después del ejercicio. Por ello, el momento de la ingesta debe considerarse dentro de una estrategia nutricional más

amplia que contemple la ingesta proteica total y las características individuales (Casuso & Goossens, 2025).

En población universitaria, el conocimiento y las creencias relacionadas con la ingesta de proteínas constituyen aspectos relevantes dentro de la nutrición. Se ha identificado la presencia de conceptos erróneos sobre las proteínas entre estudiantes universitarios, los cuales pueden estar relacionados con la exposición a información nutricional procedente de fuentes sin respaldo científico, como las redes sociales. Estos aspectos resaltan la importancia de proporcionar educación nutricional basada en evidencia que permita a los estudiantes comprender adecuadamente el papel de las proteínas en la alimentación y tomar decisiones informadas respecto a su consumo (Gutjahr et al., 2023).

En conjunto, la evidencia disponible indica que la proteína de suero de leche puede utilizarse como una estrategia complementaria dentro de programas de entrenamiento de fuerza para contribuir al cumplimiento de la ingesta proteica diaria. Su utilización debe considerarse en función de la ingesta total de proteínas, las características individuales y los objetivos del programa de entrenamiento, debido a que las adaptaciones musculares dependen de la interacción entre la disponibilidad de proteínas y el estímulo proporcionado por el ejercicio de fuerza (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022). En la presente investigación, la suplementación con proteína de suero de leche se incorporó como parte de la estrategia nutricional del grupo correspondiente, mientras que una ingesta de ≥2.0 g de proteína/kg de peso corporal/día se estableció como meta dentro del protocolo para evaluar su cumplimiento y su relación con los cambios observados durante la intervención.

Evaluación de la ingesta dietética

La evaluación de la ingesta dietética constituye un componente relevante de la investigación en nutrición, ya que permite estimar el consumo de alimentos, energía y nutrimentos, así como analizar su relación con diferentes variables de interés. Para este propósito se utilizan diversos métodos de evaluación dietética, cuya

selección depende de los objetivos del estudio, el diseño de investigación y las características de la población evaluada (Bailey, 2021). En intervenciones que incluyen entrenamiento de fuerza, el seguimiento de la alimentación permite contextualizar las respuestas observadas, debido a que la ingesta energética puede influir en determinadas adaptaciones asociadas con el ejercicio, particularmente en los cambios de masa libre de grasa (Murphy & Koehler, 2022).

Entre los métodos utilizados para evaluar la ingesta dietética se encuentran los registros de alimentos, los cuestionarios de frecuencia de consumo y los recordatorios de 24 horas. Estos métodos presentan diferentes fortalezas y limitaciones y están sujetos a errores de medición, por lo que la elección del instrumento debe considerar la pregunta de investigación, el diseño del estudio y las características de la población evaluada (Bailey, 2021).

El recordatorio de 24 horas es un método de evaluación dietética utilizado para recopilar información detallada sobre los alimentos y bebidas consumidos durante el día anterior a su aplicación. Generalmente, se realiza mediante una entrevista estructurada en la que se registran los alimentos, las bebidas, las cantidades consumidas y otros detalles relacionados con su preparación. La información obtenida permite estimar la ingesta de energía y nutrimentos mediante bases de datos de composición de alimentos o herramientas especializadas para el análisis dietético (National Cancer Institute [NCI], 2025).

Entre las ventajas del recordatorio de 24 horas se encuentra que no requiere que el participante registre los alimentos en el momento de su consumo y se enfoca en recordar la ingesta correspondiente a un periodo reciente. Sin embargo, al tratarse de un método basado en el autorreporte, puede presentar errores de medición relacionados con el recuerdo y el reporte de los alimentos y las cantidades consumidas. Por esta razón, la utilización de procedimientos estandarizados para recopilar la información y de recursos visuales que faciliten la estimación de las porciones resulta relevante para mejorar la calidad de los datos obtenidos (Bailey, 2021; NCI, 2025).

Un único recordatorio de 24 horas proporciona información sobre la ingesta correspondiente a un día específico, pero no necesariamente representa la ingesta habitual de un individuo debido a la variabilidad del consumo entre días. En consecuencia, cuando el objetivo es aproximarse a la ingesta habitual, resulta conveniente obtener mediciones repetidas en días no consecutivos. La aplicación de múltiples recordatorios permite considerar la variabilidad intraindividual y obtener estimaciones más representativas del consumo habitual de alimentos, energía y nutrimentos (NCI, 2025).

En el ámbito de la nutrición deportiva, el seguimiento periódico de la alimentación permite disponer de información sobre la ingesta de energía y nutrimentos durante una intervención y contextualizar los cambios asociados con el entrenamiento. Este seguimiento resulta particularmente relevante debido a que un déficit energético sostenido puede limitar las ganancias de masa libre de grasa durante el entrenamiento de fuerza, aunque las mejoras en la fuerza muscular pueden mantenerse (Murphy & Koehler, 2022). Por ello, la evaluación dietética realizada en diferentes momentos permite identificar variaciones en el consumo y disponer de información para interpretar las respuestas observadas durante una intervención.

Particularmente en los programas de entrenamiento de fuerza, la evaluación del consumo de proteínas resulta relevante debido a su participación en las adaptaciones musculares asociadas con el ejercicio. El incremento de la ingesta proteica durante programas de entrenamiento de fuerza puede producir beneficios adicionales, aunque generalmente pequeños, sobre la masa libre de grasa y algunas medidas de fuerza muscular (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022). Asimismo, la disponibilidad energética debe considerarse en la interpretación de los resultados, ya que un déficit energético sostenido puede limitar las ganancias de masa libre de grasa asociadas con el entrenamiento de fuerza (Murphy & Koehler, 2022).

Por ello, la aplicación de recordatorios de 24 horas en diferentes momentos de una intervención constituye una herramienta útil para evaluar la ingesta de energía y nutrimentos. Debido a la variabilidad del consumo entre días, la obtención de

múltiples mediciones permite caracterizar de manera más representativa la ingesta de los participantes que la utilización de un único recordatorio (NCI, 2025). En el contexto de la presente investigación, esta información permitió evaluar la ingesta dietética, valorar el cumplimiento de la meta de consumo de proteína establecida en el protocolo y analizar esta información en relación con los cambios antropométricos, del somatotipo y de las capacidades físicas observados durante el periodo de intervención.

2.2 Nutrición deportiva y requerimientos de proteína.

Importancia de la nutrición deportiva durante el entrenamiento de fuerza

La nutrición constituye un componente relevante en la respuesta al entrenamiento de fuerza, debido a que la disponibilidad de energía y nutrimentos puede influir en las adaptaciones derivadas del ejercicio. En particular, un déficit energético sostenido puede limitar las ganancias de masa libre de grasa obtenidas mediante el entrenamiento de fuerza, aunque las mejoras en la fuerza muscular pueden mantenerse incluso en condiciones de restricción energética (Murphy & Koehler, 2022).

El músculo esquelético experimenta un proceso continuo de recambio proteico, determinado por el equilibrio entre la síntesis y la degradación de proteínas musculares. El ejercicio de fuerza estimula la síntesis de proteínas musculares, mientras que la disponibilidad de aminoácidos provenientes de la alimentación contribuye a favorecer este proceso. La interacción entre ambos estímulos participa en la remodelación del tejido muscular y en el desarrollo de adaptaciones estructurales, como la hipertrofia, a lo largo del tiempo (Witard et al., 2022).

En este contexto, la ingesta de proteínas adquiere especial importancia, ya que proporciona los aminoácidos necesarios para la síntesis y remodelación de las proteínas musculares. La evidencia científica indica que incrementar la ingesta diaria de proteínas en combinación con el entrenamiento de fuerza puede favorecer ganancias adicionales, aunque generalmente pequeñas, de masa libre de grasa y

determinadas medidas de fuerza muscular. Estos efectos pueden variar según la cantidad total de proteína consumida, la edad y las características de los participantes (Nunes et al., 2022).

Requerimientos de proteína durante el entrenamiento de fuerza

Los requerimientos de proteína varían de acuerdo con factores como la edad, el nivel de actividad física, el estado fisiológico y los objetivos individuales. Para los adultos sanos, la ingesta diaria recomendada (*Recommended Dietary Allowance*, RDA) de proteína se establece en 0.8 g/kg de peso corporal/día, cantidad considerada suficiente para cubrir las necesidades de aproximadamente el 97–98 % de los individuos sanos de la población general (Institute of Medicine, 2005). Sin embargo, este valor constituye una referencia para la población general y no representa necesariamente la cantidad de proteína asociada con las adaptaciones musculares derivadas del entrenamiento de fuerza (Nunes et al., 2022).

En este contexto, una ingesta de 2.0 g de proteína/kg de peso corporal/día no debe interpretarse como un requerimiento universal ni como una cantidad indispensable para maximizar las adaptaciones al entrenamiento de fuerza. En la presente investigación, se estableció una ingesta de ≥2.0 g de proteína/kg de peso corporal/día como meta nutricional dentro del protocolo de intervención, con el propósito de evaluar su cumplimiento y analizar su relación con los cambios observados en los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas.

Dentro de los aminoácidos esenciales, la leucina desempeña un papel importante en la regulación de la síntesis de proteínas musculares. Aunque se ha propuesto que su disponibilidad puede influir en la respuesta anabólica posterior al ejercicio, la evidencia no permite establecer un umbral único de leucina aplicable a todos los individuos. Una revisión sistemática encontró que la cantidad de leucina ingerida se relacionó con la magnitud de la respuesta de síntesis de proteínas musculares en adultos mayores, pero no en adultos jóvenes. Asimismo, ninguna de las variables plasmáticas de leucina analizadas mostró una capacidad predictiva considerable

sobre dicha respuesta (Wilkinson et al., 2023). Por ello, la leucina debe considerarse como parte del aporte conjunto de aminoácidos esenciales proporcionados por las proteínas de la dieta, y no como un estímulo aislado suficiente para determinar la respuesta de síntesis proteica muscular.

Por lo tanto, las estrategias nutricionales asociadas con el entrenamiento de fuerza deben considerar tanto la cantidad total de proteína consumida como su calidad y distribución dentro de la alimentación, de acuerdo con las características y los objetivos individuales (Nunes et al., 2022). La evaluación de la ingesta dietética permite estimar el consumo de energía y nutrimentos, identificar posibles variaciones en los hábitos alimentarios y realizar un seguimiento de la alimentación durante las intervenciones nutricionales (Bailey, 2021). En la presente investigación, este seguimiento permitió evaluar la ingesta proteica de los participantes durante el programa de entrenamiento, determinar el cumplimiento de la meta nutricional establecida y analizar su relación con los cambios observados en los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas.

2.3 Somatotipo

Somatotipo y método Heath-Carter

El somatotipo constituye un método antropométrico utilizado para describir la configuración morfológica de un individuo mediante la cuantificación de tres componentes: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia. El método de Heath-Carter expresa estos componentes mediante una clasificación numérica de tres valores, que representan respectivamente la adiposidad relativa, el desarrollo músculo-esquelético relativo y la linealidad corporal. Esta metodología continúa utilizándose para caracterizar y comparar el perfil morfológico de diferentes poblaciones, particularmente en el ámbito deportivo (Carter, 2002; González Macías & Flores, 2024).

El método de Heath-Carter utiliza diferentes mediciones antropométricas para determinar los tres componentes del somatotipo. Para su cálculo se consideran la estatura, la masa corporal, los pliegues cutáneos, los diámetros óseos y

determinados perímetros corporales. La endomorfia se estima principalmente mediante la suma de los pliegues cutáneos tricipital, subescapular y supraespinal, ajustada por la estatura. La mesomorfia considera los diámetros biepicondilares del húmero y del fémur, así como los perímetros corregidos del brazo flexionado y la pantorrilla, en relación con la estatura. Por su parte, la ectomorfia se determina mediante la relación entre la estatura y la masa corporal (Carter, 2002).

En el ámbito deportivo, el somatotipo se utiliza para describir y comparar las características morfológicas de atletas de diferentes disciplinas. Las investigaciones han identificado variaciones en los perfiles somatotípicos de acuerdo con el deporte y las características de los participantes, así como asociaciones entre los componentes del somatotipo y determinadas variables de rendimiento físico. Por ejemplo, se han observado relaciones entre la mesomorfia y algunas medidas de fuerza muscular, mientras que la ectomorfia ha mostrado asociaciones con variables como la flexibilidad. Sin embargo, estas relaciones pueden variar según la población y la disciplina deportiva evaluada, por lo que el somatotipo debe interpretarse como una herramienta descriptiva de la configuración morfológica y no como un determinante independiente del rendimiento físico (González Macías & Flores, 2024; Terzi & Kalkavan, 2024).

En personas sometidas a programas de entrenamiento, el análisis del somatotipo permite complementar la información obtenida mediante otras mediciones antropométricas. Los pliegues cutáneos, los perímetros y los diámetros permiten describir dimensiones corporales específicas, mientras que el método de Heath-Carter integra estas mediciones para expresar la configuración morfológica mediante los componentes de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia. Asimismo, las modificaciones en las variables antropométricas utilizadas para su cálculo pueden reflejarse en cambios en los valores de estos componentes a lo largo del tiempo, por lo que su interpretación debe considerar las características de la población y las condiciones en las que se realizan las mediciones (Carter, 2002; González Macías & Flores, 2024).

En el contexto de la presente investigación, la evaluación del somatotipo permitió caracterizar los componentes de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia de los participantes, complementando la información obtenida mediante otras variables antropométricas. Esta valoración permitió analizar la configuración morfológica corporal antes y después del programa de entrenamiento de fuerza, ampliando la evaluación más allá de indicadores generales como la masa corporal y el índice de masa corporal.

2.4 Antropometría

La antropometría comprende la medición sistemática de las dimensiones y características físicas del cuerpo humano, por lo que constituye una herramienta utilizada para describir la morfología y complementar la evaluación de la composición corporal. Entre las mediciones antropométricas se encuentran la masa corporal, la estatura, los pliegues cutáneos, los perímetros y los diámetros óseos. Su valoración mediante procedimientos estandarizados permite obtener información sobre las características corporales de los individuos y realizar comparaciones entre diferentes poblaciones, particularmente en el ámbito deportivo (Campa et al., 2021; Petri et al., 2024).

La masa corporal y el índice de masa corporal (IMC) son indicadores de amplia utilización en la evaluación nutricional; sin embargo, el IMC presenta limitaciones para caracterizar individualmente la composición corporal, debido a que no permite diferenciar entre la masa grasa y la masa libre de grasa. Esta limitación adquiere relevancia en personas físicamente activas y deportistas, cuyas características morfológicas pueden diferir de las de la población general. Por ello, la evaluación puede complementarse mediante mediciones antropométricas que proporcionen información más específica sobre las dimensiones y características corporales (Campa et al., 2021).

En el ámbito deportivo, la evaluación antropométrica permite caracterizar el perfil corporal de los atletas y realizar el seguimiento de las modificaciones morfológicas durante programas de entrenamiento e intervenciones nutricionales. La valoración

periódica de estas variables facilita la identificación de cambios en los pliegues cutáneos, los perímetros y otras dimensiones corporales, proporcionando información complementaria a la obtenida mediante el peso corporal. En este sentido, las investigaciones han documentado modificaciones en la composición corporal asociadas con programas de entrenamiento de fuerza, incluyendo cambios en la masa grasa y otros indicadores corporales (Wewege et al., 2022; Zouita et al., 2023).

Para obtener mediciones comparables y reducir la variabilidad asociada con el procedimiento de evaluación, es necesario utilizar protocolos antropométricos estandarizados. La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*, ISAK) establece procedimientos para la identificación de puntos anatómicos y la medición de variables corporales, entre ellas la masa corporal, la estatura, los pliegues cutáneos, los perímetros y los diámetros óseos. La aplicación de estas normas favorece la consistencia de las mediciones y permite realizar evaluaciones repetidas bajo criterios técnicos uniformes (Esparza-Ros et al., 2019).

El protocolo antropométrico de ISAK contempla diferentes mediciones que permiten describir las características morfológicas de los individuos y obtener indicadores derivados de la composición corporal. Asimismo, determinadas variables antropométricas pueden utilizarse para calcular el somatotipo mediante el método de Heath-Carter. Investigaciones recientes en poblaciones deportivas han aplicado procedimientos estandarizados de ISAK para caracterizar variables como los pliegues cutáneos, los perímetros, los diámetros óseos y el somatotipo, lo que permite establecer perfiles antropométricos y realizar comparaciones entre grupos (Petri et al., 2024).

En el contexto de la presente investigación, la evaluación antropométrica permitió caracterizar las dimensiones corporales de los participantes mediante la medición de la masa corporal, la estatura, los pliegues cutáneos, los perímetros y los diámetros óseos. Estas mediciones complementaron la información proporcionada por indicadores generales como el IMC y permitieron determinar el somatotipo

mediante el método de Heath-Carter. Su aplicación antes y después del programa de entrenamiento de fuerza permitió analizar las modificaciones observadas en las características morfológicas de los participantes.

2.5 Capacidades físicas

Las capacidades físicas comprenden un conjunto de atributos que permiten a las personas realizar actividades y responder a las demandas del ejercicio físico. Entre ellas se encuentran la fuerza muscular, la potencia, la resistencia muscular, la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria. Estas capacidades pueden modificarse mediante el entrenamiento, dependiendo de las características del estímulo aplicado y de las condiciones individuales. En particular, el entrenamiento de fuerza constituye una estrategia eficaz para mejorar diferentes componentes de la función muscular y del rendimiento físico en adultos sanos (Currier et al., 2026).

La evaluación de las capacidades físicas permite cuantificar el desempeño de los participantes y analizar los cambios que se presentan durante un programa de entrenamiento. La aplicación de pruebas antes y después de una intervención facilita la comparación de los resultados y permite identificar las modificaciones observadas en las variables evaluadas. Por ello, la selección de pruebas específicas resulta importante para obtener información sobre las adaptaciones relacionadas con el entrenamiento y complementar los resultados de las evaluaciones antropométricas.

Las adaptaciones al entrenamiento de fuerza no se limitan al incremento de la fuerza muscular. La evidencia científica indica que también pueden presentarse mejoras en la hipertrofia, la potencia, la resistencia muscular y la velocidad de contracción, así como en determinados indicadores de función física (Currier et al., 2026). Asimismo, el entrenamiento de fuerza con cargas externas puede favorecer el incremento del rango de movimiento articular. Al respecto, se han observado mejoras de mayor magnitud en personas no entrenadas o sedentarias en comparación con individuos físicamente activos o previamente entrenados

(Alizadeh et al., 2023). Sin embargo, las respuestas pueden variar según las características del programa y las condiciones de los participantes.

En el presente estudio se evaluaron la fuerza máxima dinámica, la fuerza prensil, la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria, con el propósito de caracterizar diferentes dimensiones del desempeño físico de los participantes. La comparación de estas variables antes y después de la intervención permitió identificar los cambios observados durante el programa de entrenamiento de fuerza. Además, su análisis complementó la información obtenida mediante las evaluaciones antropométricas y del somatotipo, proporcionando una valoración conjunta de las modificaciones morfológicas y funcionales de los estudiantes universitarios.

Fuerza máxima dinámica

La fuerza muscular se define como la capacidad del sistema neuromuscular para generar tensión y producir fuerza frente a una resistencia externa. Constituye un componente fundamental de la función muscular y del rendimiento físico, y puede desarrollarse mediante la realización sistemática de ejercicios contra una resistencia. Su incremento representa una de las principales adaptaciones al entrenamiento de fuerza, aunque la magnitud de los cambios depende de variables como la carga, el volumen y la frecuencia de entrenamiento (Currier et al., 2023; Currier et al., 2026).

Entre las diferentes manifestaciones de la fuerza muscular se encuentra la fuerza máxima dinámica, entendida como la capacidad de movilizar la mayor carga posible mediante un movimiento voluntario contra una resistencia externa. Su producción depende de la interacción de factores neurales y musculares, entre ellos los ajustes en el comportamiento de las unidades motoras y la activación neuromuscular. Estas adaptaciones pueden contribuir al incremento de la capacidad para generar fuerza como consecuencia del entrenamiento de fuerza (Del Vecchio et al., 2024).

Una de las pruebas utilizadas para evaluar la fuerza máxima dinámica es la de una repetición máxima (1RM), definida como la mayor carga que una persona puede

movilizar correctamente en una sola repetición de un ejercicio determinado. Esta prueba presenta una confiabilidad test-retest generalmente buena a excelente en diferentes ejercicios y poblaciones, por lo que constituye un método utilizado para valorar la fuerza muscular máxima (Grgic et al., 2020). Como alternativa, pueden emplearse pruebas con cargas submáximas y un número determinado de repeticiones para estimar el 1RM mediante ecuaciones predictivas. En la presente investigación se utilizó una prueba de seis repeticiones máximas (6RM), a partir de cuya carga se estimó el 1RM mediante la ecuación predictiva establecida en el protocolo del estudio.

La fuerza máxima es uno de los principales indicadores para analizar las adaptaciones al entrenamiento de fuerza. La evidencia científica señala que diferentes combinaciones de carga, número de series y frecuencia semanal pueden producir incrementos en esta capacidad, aunque la magnitud de la respuesta varía según la prescripción del entrenamiento y las características de los participantes (Currier et al., 2023; Currier et al., 2026). Asimismo, durante las primeras etapas del entrenamiento pueden presentarse adaptaciones neurales relacionadas con los cambios en la activación y el comportamiento de las unidades motoras, las cuales contribuyen a las modificaciones en la producción de fuerza (Del Vecchio et al., 2024). Por tanto, la evaluación de la fuerza máxima dinámica permite cuantificar los cambios en el desempeño muscular y analizar la respuesta de los participantes al programa de entrenamiento.

Fuerza prensil

La fuerza prensil representa la capacidad de generar fuerza mediante la musculatura de la mano y el antebrazo durante una acción de agarre. Su evaluación constituye una medida complementaria de la función muscular y se realiza habitualmente mediante dinamometría, procedimiento que permite cuantificar de manera objetiva la fuerza ejercida durante una contracción voluntaria máxima. Además, se utiliza ampliamente en investigaciones y evaluaciones clínicas como indicador de fuerza muscular y funcionalidad (Núñez-Cortés et al., 2022).

La medición de la fuerza prensil requiere un procedimiento estandarizado para favorecer la precisión y comparabilidad de los resultados. Entre los factores que pueden influir en los valores obtenidos se encuentran la posición corporal, la colocación del brazo y el codo, la posición de la muñeca, el ajuste del dinamómetro a la mano, el número de intentos y las instrucciones proporcionadas al participante. Por ello, mantener condiciones similares durante las evaluaciones permite reducir variaciones relacionadas con el procedimiento de medición y mejorar la interpretación de los resultados (Núñez-Cortés et al., 2022).

La fuerza prensil no sustituye a las pruebas específicas de fuerza máxima dinámica, debido a que ambas evalúan manifestaciones diferentes de la función muscular. Mientras que las pruebas de fuerza máxima dinámica permiten valorar la capacidad de movilizar cargas externas en ejercicios específicos, la dinamometría de prensión cuantifica la fuerza isométrica generada durante una acción de agarre. Por esta razón, ambas mediciones pueden complementarse dentro de una evaluación más amplia de la función muscular.

En el contexto del presente estudio, la fuerza prensil se consideró una variable complementaria para caracterizar el desempeño muscular de los participantes. Su evaluación antes y después de la intervención permitió identificar los cambios observados en la capacidad de agarre y complementar los resultados obtenidos mediante las pruebas de fuerza máxima dinámica. Asimismo, su análisis junto con la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria contribuyó a valorar diferentes dimensiones de la respuesta funcional de los estudiantes al programa de entrenamiento de fuerza.

Velocidad

La velocidad de desplazamiento se refiere a la capacidad de recorrer una distancia determinada en el menor tiempo posible. En las carreras de corta duración, el rendimiento depende de la interacción de factores neuromusculares y biomecánicos relacionados con la producción y aplicación de fuerza, la potencia y la mecánica de

carrera. La contribución de estos factores puede variar según la fase del sprint y las características individuales de cada persona (Myrvang & van den Tillaar, 2024).

El entrenamiento de fuerza puede contribuir al rendimiento de sprint mediante adaptaciones relacionadas con la producción de fuerza, la potencia y la función neuromuscular. Sin embargo, el incremento de la fuerza máxima no necesariamente se traduce en una mejora proporcional de la velocidad de desplazamiento, debido a que el sprint requiere aplicar fuerza de manera rápida y específica durante la carrera. Por ello, la transferencia de las adaptaciones del entrenamiento de fuerza hacia el rendimiento de sprint depende de la planificación, las características del estímulo y su relación con las demandas de esta actividad (Van Hooren et al., 2024).

El rendimiento de sprint comprende diferentes fases, entre ellas la aceleración y el mantenimiento de velocidades elevadas. Cada una presenta demandas mecánicas particulares, por lo que las adaptaciones obtenidas mediante el entrenamiento pueden expresarse de manera diferente durante la carrera. En este sentido, la evidencia señala que los métodos de entrenamiento específicos de sprint pueden modificar el rendimiento, la aceleración y determinadas características cinemáticas de la carrera; sin embargo, los resultados dependen del tipo de estímulo aplicado y de las características de los participantes (Myrvang & van den Tillaar, 2024).

La evaluación de la velocidad de desplazamiento mediante carreras de corta distancia permite cuantificar el tiempo requerido para completar un recorrido estandarizado. Las pruebas de sprint de hasta 30 metros se utilizan para analizar el rendimiento en carrera y han mostrado niveles aceptables de confiabilidad cuando se aplican procedimientos de medición adecuados (Edwards et al., 2022). En la presente investigación se utilizó una prueba de 30 metros antes y después de la intervención, registrando el tiempo empleado por los participantes para completar la distancia. Esta evaluación permitió comparar el desempeño de sprint entre ambos momentos y analizar los cambios observados durante el programa de entrenamiento de fuerza.

Flexibilidad

La flexibilidad se relaciona con la capacidad de alcanzar determinados rangos de movimiento en una articulación o conjunto de articulaciones y constituye uno de los componentes considerados en la valoración de la condición física. Su expresión puede estar influida por factores individuales, las características anatómicas y los antecedentes de actividad física y entrenamiento. Por ello, la evaluación del rango de movimiento permite caracterizar una dimensión específica de la función física de las personas (Alizadeh et al., 2023).

Aunque el desarrollo de la flexibilidad se ha asociado tradicionalmente con los ejercicios de estiramiento, la evidencia científica indica que el entrenamiento de fuerza también puede incrementar el rango de movimiento articular. Una revisión sistemática con metaanálisis encontró mejoras significativas después de intervenciones de entrenamiento de fuerza con cargas externas y no identificó diferencias significativas entre este tipo de entrenamiento y los ejercicios de estiramiento. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de fuerza puede contribuir al desarrollo del rango de movimiento cuando se incorpora adecuadamente dentro de un programa de ejercicio (Alizadeh et al., 2023).

La magnitud de estas adaptaciones puede variar según las características iniciales de los participantes y las condiciones del programa. Al respecto, se ha observado que las personas no entrenadas o sedentarias pueden presentar mayores incrementos del rango de movimiento después del entrenamiento de fuerza en comparación con individuos previamente entrenados o físicamente activos. Asimismo, la realización de ejercicios con un rango completo de movimiento puede favorecer estas mejoras, aunque la respuesta depende de la articulación y de las características del ejercicio realizado (Alizadeh et al., 2023).

La flexibilidad puede evaluarse mediante diferentes procedimientos, entre ellos la prueba Sit and Reach, que consiste en realizar una flexión del tronco con las rodillas extendidas para alcanzar la mayor distancia posible. Esta prueba se utiliza principalmente como una estimación de la extensibilidad de la musculatura

isquiotibial; sin embargo, no constituye una medida directa de la flexibilidad global. Un metaanálisis encontró una validez moderada para estimar la extensibilidad de los isquiotibiales y una validez baja para estimar la extensibilidad lumbar, por lo que sus resultados deben interpretarse considerando estas limitaciones (Mayorga-Vega et al., 2014).

En el presente estudio, la prueba Sit and Reach se utilizó para evaluar el desempeño de los participantes antes y después del programa de entrenamiento. La comparación de los resultados permitió identificar los cambios observados en esta prueba y complementar la valoración de la fuerza máxima dinámica, la fuerza prensil, la velocidad y la capacidad cardiorrespiratoria, contribuyendo al análisis de diferentes dimensiones de la respuesta funcional de los participantes.

Capacidad cardiorrespiratoria

La capacidad cardiorrespiratoria representa la capacidad del organismo para captar, transportar y utilizar oxígeno durante la actividad física, mediante la participación coordinada de los sistemas cardiovascular, respiratorio y muscular. Esta capacidad constituye un componente importante de la condición física y se considera un indicador relevante de la salud, debido a su asociación con diferentes resultados de salud y con el riesgo de mortalidad en la población adulta (Harber et al., 2024; Lang et al., 2024).

El consumo máximo de oxígeno (VO_2máx) es uno de los principales indicadores utilizados para valorar la capacidad cardiorrespiratoria y expresa la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede utilizar durante un esfuerzo físico progresivo. Su medición directa se realiza mediante una prueba de ejercicio cardiopulmonar acompañada de análisis de gases respiratorios. Sin embargo, debido a los requerimientos técnicos y materiales que implica este procedimiento, también pueden emplearse pruebas de campo y ecuaciones predictivas para estimar esta capacidad en contextos clínicos, deportivos y comunitarios (Harber et al., 2024).

Las adaptaciones de la capacidad cardiorrespiratoria están relacionadas con el tipo de ejercicio, la intensidad, el volumen y la duración del programa de entrenamiento.

El ejercicio aeróbico constituye un estímulo específico para mejorar esta capacidad; por su parte, el entrenamiento de fuerza se orienta principalmente al desarrollo de la función y el rendimiento muscular. No obstante, este último también puede generar modificaciones favorables en algunos indicadores cardiovasculares y cardiorrespiratorios, aunque la magnitud de los cambios depende de las características de la población y de la programación del ejercicio (American Heart Association, 2024). Por ello, los resultados obtenidos después de una intervención deben interpretarse considerando las condiciones iniciales de los participantes y las características del estímulo aplicado.

La capacidad cardiorrespiratoria puede evaluarse mediante pruebas de laboratorio o pruebas de campo. Entre estas últimas se encuentra el Course Navette, también conocido como *20-m Shuttle Run Test*, que consiste en realizar desplazamientos repetidos de 20 metros entre dos líneas, siguiendo un ritmo establecido mediante señales sonoras cuya velocidad aumenta progresivamente. El rendimiento alcanzado permite estimar el VO_2máx mediante ecuaciones predictivas. Esta prueba ha mostrado validez y confiabilidad para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria en adultos; sin embargo, el valor obtenido debe interpretarse como una estimación y no como una medición directa del consumo de oxígeno (Marín-Jiménez et al., 2023).

En la presente investigación, el Course Navette se empleó antes y después de la intervención para estimar el VO_2máx y valorar los cambios en la capacidad cardiorrespiratoria de los participantes. Su aplicación, junto con las pruebas de fuerza máxima dinámica, fuerza prensil, velocidad y flexibilidad, permitió evaluar diferentes componentes de la condición física y analizar la respuesta funcional asociada con el programa de entrenamiento de fuerza.

En conjunto, la evaluación de estas capacidades proporciona información complementaria sobre las modificaciones funcionales de los participantes. Asimismo, la integración de los resultados de las pruebas físicas con las mediciones antropométricas y la determinación del somatotipo permite analizar conjuntamente los cambios morfológicos y funcionales observados durante la intervención.

2.6 Entrenamiento de fuerza

Concepto, importancia y adaptaciones fisiológicas

El entrenamiento de fuerza constituye una modalidad de ejercicio físico orientada al desarrollo de la capacidad muscular para generar tensión frente a una resistencia externa. Su práctica sistemática puede favorecer diferentes adaptaciones fisiológicas y funcionales, entre ellas el incremento de la fuerza muscular, la hipertrofia, la potencia, la resistencia muscular y diversos componentes del rendimiento físico. Por estas características, representa una estrategia importante dentro de los programas de acondicionamiento físico y promoción de la salud en adultos (Currier et al., 2026).

La prescripción del entrenamiento de fuerza requiere considerar diferentes variables que determinan las características del estímulo aplicado, entre ellas la intensidad de la carga, el volumen, la frecuencia semanal, la selección de ejercicios, el rango de movimiento y la progresión. La combinación de estos componentes debe establecerse de acuerdo con los objetivos del programa, el nivel de experiencia y las características individuales de los participantes. En este sentido, la evidencia científica señala que distintas configuraciones del entrenamiento pueden favorecer el desarrollo de la fuerza muscular y la hipertrofia, aunque la magnitud de las adaptaciones depende de las características de la prescripción (Currier et al., 2023; Currier et al., 2026).

El entrenamiento de fuerza también forma parte de las recomendaciones internacionales de actividad física debido a sus beneficios sobre la salud y la función muscular. La Organización Mundial de la Salud recomienda que los adultos realicen actividades de fortalecimiento muscular de intensidad moderada o mayor, que involucren los principales grupos musculares, durante al menos dos días por semana (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). De manera complementaria, el posicionamiento del American College of Sports Medicine establece que los adultos sanos deben realizar entrenamiento de fuerza progresivo,

considerando la manipulación de las variables de prescripción para favorecer las adaptaciones musculares y funcionales (Currier et al., 2026).

Además de los cambios en el rendimiento muscular, el entrenamiento de fuerza genera adaptaciones neuromusculares y estructurales en el músculo esquelético. La sobrecarga mecánica representa uno de los principales estímulos relacionados con el desarrollo de la hipertrofia, mediante la participación de mecanismos celulares que incluyen la señalización de mTORC1, la biogénesis ribosomal y el incremento de la síntesis de proteínas musculares posterior al ejercicio. La exposición repetida a estos estímulos favorece los procesos de remodelación y crecimiento del tejido muscular, especialmente cuando se acompaña de una disponibilidad adecuada de energía y nutrimentos (Roberts et al., 2023).

Durante las primeras etapas de un programa de entrenamiento de fuerza pueden producirse adaptaciones neuromusculares que contribuyen al incremento de la capacidad para generar fuerza. Entre estas modificaciones se encuentran los cambios en la activación neural y en el comportamiento de las unidades motoras, particularmente en sus patrones de reclutamiento y frecuencia de descarga. Estas respuestas pueden explicar parte de las mejoras iniciales en la fuerza muscular, incluso antes de que se presenten modificaciones estructurales de mayor magnitud en el tejido muscular (Del Vecchio et al., 2024).

Con la continuidad del entrenamiento pueden desarrollarse adaptaciones estructurales caracterizadas por el incremento del tamaño de las fibras musculares, proceso conocido como hipertrofia muscular. Este fenómeno está relacionado con el equilibrio entre los procesos de síntesis y degradación de proteínas musculares, en el que la exposición repetida a la sobrecarga mecánica favorece la acumulación de proteínas y la expansión del tejido muscular. Asimismo, la disponibilidad adecuada de proteínas y energía constituye un factor nutricional relevante para favorecer estos procesos de adaptación (Roberts et al., 2023).

Las adaptaciones inducidas por el entrenamiento de fuerza no se limitan al incremento de la masa muscular, sino que también pueden reflejarse en

modificaciones de la composición corporal. La evidencia derivada de revisiones sistemáticas y metaanálisis ha identificado incrementos de la masa libre de grasa y reducciones de la masa grasa y del porcentaje de grasa corporal después de programas de entrenamiento de resistencia. Sin embargo, la magnitud de estos cambios puede variar según las características de los participantes, la duración y dosificación del entrenamiento, así como la incorporación de estrategias nutricionales complementarias (Lopez et al., 2022; Wewege et al., 2022).

En cuanto a la función física, el entrenamiento de fuerza puede favorecer mejoras en diferentes indicadores del rendimiento, como la fuerza máxima, la potencia muscular, la velocidad de ejecución de determinados movimientos y la resistencia muscular. Estas adaptaciones dependen de la especificidad del estímulo y de la manipulación de las variables de entrenamiento. Por ello, la evaluación de sus efectos requiere considerar diferentes indicadores funcionales y no exclusivamente los cambios en la fuerza muscular (Currier et al., 2023; Currier et al., 2026).

En personas con poca o ninguna experiencia previa en este tipo de ejercicio, la incorporación progresiva del entrenamiento de fuerza puede favorecer el desarrollo de la capacidad muscular mediante adaptaciones neuromusculares y, posteriormente, estructurales. La magnitud de estas respuestas está relacionada con el nivel inicial de condición física, la adecuada selección de ejercicios y la progresión de las cargas. Por esta razón, la planificación del programa debe contemplar las características individuales de los participantes y ajustar el estímulo de acuerdo con su evolución (Del Vecchio et al., 2024; Currier et al., 2026).

En población universitaria, la promoción de la actividad física adquiere especial importancia debido a la presencia de factores que pueden dificultar su práctica regular, como las demandas académicas, la disponibilidad de tiempo y las condiciones del entorno social. Una revisión sistemática sobre los factores que influyen en la actividad física de los estudiantes universitarios identificó diversas barreras y facilitadores relacionados con las oportunidades, la motivación y la capacidad para realizar ejercicio. Estos hallazgos respaldan la importancia de

implementar estrategias que favorezcan la participación de los estudiantes en programas estructurados de actividad física (Brown et al., 2024).

En este contexto, el entrenamiento de fuerza constituye una estrategia que permite desarrollar diferentes componentes de la condición física mediante una planificación sistemática y progresiva. En la presente investigación, su aplicación se orientó al desarrollo de la fuerza muscular y a la evaluación de las posibles modificaciones morfológicas y funcionales de los participantes. Para ello, se consideraron indicadores como la fuerza máxima dinámica, la fuerza prensil, la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria, complementados con las mediciones antropométricas y la determinación del somatotipo. La valoración conjunta de estas variables permitió analizar las respuestas asociadas con el programa de entrenamiento durante el periodo de intervención.

Principios del entrenamiento, periodización y programación de las cargas

El desarrollo de un programa de entrenamiento de fuerza requiere algo más que la realización sistemática de ejercicios contra resistencia, ya que las adaptaciones dependen, en parte, de la adecuada planificación y manipulación de las variables que conforman el entrenamiento. Entre estas se encuentran la carga, el volumen, la frecuencia, la selección de los ejercicios, el rango de movimiento y la progresión. Su organización debe responder a los objetivos del programa y a las características individuales de los participantes, debido a que puede influir en el desarrollo de la fuerza muscular, la hipertrofia y otros componentes de la función física (Currier et al., 2026).

Uno de los principios fundamentales de la planificación es la sobrecarga progresiva, que consiste en modificar gradualmente el estímulo de entrenamiento conforme el individuo desarrolla adaptaciones y mejora su capacidad para realizar el ejercicio. Esta progresión puede establecerse mediante ajustes en la carga externa, el número de repeticiones, las series o el volumen total de trabajo. Sin embargo, el incremento del volumen no debe considerarse, por sí solo, un indicador directo del crecimiento muscular, debido a que la relación entre el trabajo acumulado y la

hipertrofia no es necesariamente proporcional. Por ello, la progresión debe responder a las características del estímulo y a la capacidad de adaptación de cada participante (Hammert et al., 2024).

Otro principio importante es la especificidad, que establece que las adaptaciones del organismo están relacionadas con las características del estímulo aplicado. En el entrenamiento de fuerza, aspectos como la selección de los ejercicios, el patrón de movimiento, la carga, el rango de movimiento y la velocidad de ejecución pueden influir en las respuestas musculares y neuromusculares. En consecuencia, los ejercicios y las condiciones de ejecución deben seleccionarse de acuerdo con los objetivos que se pretenden alcanzar mediante el programa (Currier et al., 2026; Del Vecchio et al., 2024).

Asimismo, la individualización constituye un elemento relevante de la prescripción, debido a que las respuestas al entrenamiento pueden variar entre personas. El nivel inicial de condición física, la experiencia previa, la capacidad de recuperación y las características individuales pueden influir en la magnitud de las adaptaciones. Por esta razón, la planificación debe contemplar la respuesta de los participantes durante el programa y permitir ajustes en las cargas, el volumen y la frecuencia, con el propósito de mantener un estímulo adecuado a sus capacidades (Currier et al., 2026).

La organización de las variables del entrenamiento a lo largo del tiempo puede realizarse mediante la periodización, entendida como la planificación sistemática de los cambios en la intensidad, el volumen y otras características del ejercicio durante un periodo determinado. Su propósito es distribuir los estímulos de entrenamiento de manera estructurada para favorecer las adaptaciones relacionadas con los objetivos establecidos. Una revisión sistemática con metaanálisis encontró que, cuando el volumen total se encuentra equiparado, los programas periodizados pueden favorecer mayores incrementos de la fuerza máxima medida mediante una repetición máxima (1RM) en comparación con los programas no periodizados. No obstante, no se identificaron diferencias significativas en la hipertrofia muscular entre estas estrategias (Moesgaard et al., 2022).

Entre los modelos de periodización más estudiados se encuentran la periodización lineal y la ondulante. La primera se caracteriza por modificaciones progresivas de las variables de entrenamiento a lo largo del programa, generalmente mediante incrementos de la intensidad y reducciones del volumen. Por su parte, la periodización ondulante incorpora variaciones más frecuentes en estas variables, que pueden realizarse entre sesiones o de una semana a otra. Aunque ambos modelos pueden favorecer el desarrollo de la fuerza muscular, la evidencia señala que la periodización ondulante puede producir mayores incrementos de la fuerza máxima en individuos previamente entrenados. Sin embargo, estas diferencias no se han identificado claramente en personas sin experiencia previa, ni se han observado ventajas significativas de alguno de los modelos respecto a la hipertrofia cuando el volumen total es equivalente (Moesgaard et al., 2022).

Además de estos modelos, la periodización puede organizarse mediante diferentes fases que establecen objetivos y características específicas para cada etapa del programa. Esta organización permite distribuir la carga de trabajo y modificar progresivamente el estímulo de acuerdo con la evolución de los participantes. Sin embargo, la evidencia actual indica que no existe un único modelo de periodización que produzca resultados superiores en todas las variables del entrenamiento, por lo que su selección debe responder a los objetivos, las características de la población y las condiciones de aplicación del programa (Currier et al., 2026).

En personas con poca o ninguna experiencia previa en entrenamiento de fuerza, la progresión del estímulo debe considerar las adaptaciones que ocurren durante las primeras etapas del programa. Inicialmente pueden presentarse modificaciones neuromusculares relacionadas con la activación neural y el comportamiento de las unidades motoras, que contribuyen al incremento de la capacidad para producir fuerza. Con la continuidad del entrenamiento, estas respuestas pueden acompañarse de adaptaciones estructurales y funcionales, entre ellas el desarrollo de la hipertrofia y la mejora del rendimiento muscular (Del Vecchio et al., 2024).

En este contexto, el modelo de supercompensación constituye una referencia teórica utilizada para explicar la respuesta del organismo ante la aplicación de

estímulos de entrenamiento y los periodos posteriores de recuperación. Este modelo plantea que, después de un esfuerzo físico, se produce una disminución temporal de la capacidad funcional, seguida de un proceso de recuperación durante el cual el organismo puede alcanzar un nivel de rendimiento superior al inicial, siempre que exista una recuperación adecuada. La aplicación de nuevos estímulos debe considerar la relación entre carga y recuperación, aunque la respuesta real al entrenamiento depende de múltiples factores y no sigue necesariamente una secuencia idéntica en todos los individuos.

En la presente investigación, la planificación del programa de entrenamiento de fuerza se estructuró mediante fases progresivas fundamentadas en los principios de sobrecarga, adaptación y recuperación. Esta organización contempló una etapa inicial de adaptación y aprendizaje técnico, seguida de incrementos progresivos de la carga y una fase orientada a consolidar las adaptaciones alcanzadas. De esta manera, la distribución de los estímulos durante las diez semanas de intervención permitió establecer una progresión acorde con los objetivos del programa y las características de los participantes.

Adaptaciones fisiológicas y principio de supercompensación

El entrenamiento de fuerza genera respuestas agudas de fatiga cuya magnitud depende de las características del estímulo aplicado. Variables como la intensidad, el volumen y el grado de esfuerzo realizado durante las series pueden modificar las alteraciones del rendimiento posteriores al ejercicio. En particular, el entrenamiento llevado hasta el fallo muscular puede producir mayores niveles de fatiga aguda que aquel en el que las series se interrumpen antes de alcanzar el fallo, lo que puede incrementar las demandas de recuperación posteriores a la sesión (Vieira et al., 2022).

El principio de supercompensación constituye un modelo conceptual utilizado para representar la relación entre la carga de entrenamiento, la fatiga y la recuperación del organismo. Después de la aplicación de un estímulo físico puede producirse una disminución temporal de la capacidad de rendimiento, seguida de un proceso de

recuperación durante el cual el organismo restablece sus funciones y, bajo determinadas condiciones, puede alcanzar un nivel de rendimiento superior a la inicial. Sin embargo, este proceso no presenta una respuesta uniforme, debido a que las diferentes variables fisiológicas y funcionales pueden requerir distintos tiempos de recuperación. Por ello, la relación entre carga, fatiga y recuperación debe interpretarse considerando las características del entrenamiento y las respuestas individuales (Vieira et al., 2022; Weakley et al., 2024).

La recuperación posterior a una sesión de entrenamiento de fuerza comprende diferentes procesos fisiológicos relacionados con el restablecimiento de la función muscular y del rendimiento físico. Su duración y magnitud dependen, entre otros factores, del volumen realizado, la intensidad, el grado de esfuerzo y la pérdida de velocidad durante las series. En este sentido, una mayor pérdida de velocidad puede asociarse con alteraciones más pronunciadas del rendimiento y con diferentes necesidades de recuperación. Por ello, la distribución de las cargas y la organización de las sesiones deben considerar la fatiga residual para mantener la calidad del entrenamiento y favorecer una recuperación adecuada (Weakley et al., 2024).

Durante las primeras etapas de un programa de entrenamiento de fuerza pueden desarrollarse adaptaciones neuromusculares relacionadas con modificaciones en la activación neural y el comportamiento de las unidades motoras. Entre estas respuestas se encuentran los cambios en el reclutamiento y la frecuencia de descarga de dichas unidades, que contribuyen a mejorar la capacidad de producción de fuerza. Estas adaptaciones pueden presentarse durante las primeras semanas de entrenamiento y dependen, en parte, de las características específicas del estímulo aplicado (Del Vecchio et al., 2024).

Con la continuidad del entrenamiento de fuerza pueden desarrollarse adaptaciones estructurales del músculo esquelético, entre ellas la hipertrofia muscular, caracterizada por el incremento del tamaño de las fibras musculares. Este proceso involucra diferentes mecanismos celulares y moleculares relacionados con la sobrecarga mecánica, como la señalización de mTORC1, la biogénesis ribosomal y

la participación de las células satélite. La exposición repetida al estímulo de entrenamiento favorece los procesos de remodelación y crecimiento muscular, mientras que la disponibilidad adecuada de energía y proteínas constituye un factor nutricional relevante para favorecer estas adaptaciones (Roberts et al., 2023).

La magnitud de las adaptaciones al entrenamiento de fuerza puede variar entre individuos y depende de las características del programa y del nivel inicial de entrenamiento. En hombres jóvenes sin experiencia previa, se han observado modificaciones favorables después de ocho semanas de entrenamiento, incluyendo incrementos en la masa libre de grasa, el grosor muscular, la fuerza máxima y la resistencia muscular. Asimismo, se identificaron mejoras en la potencia del tren inferior, aunque las respuestas dependieron de las características del protocolo aplicado (Mao et al., 2023). Estos resultados muestran que durante las primeras semanas de un programa estructurado pueden presentarse simultáneamente adaptaciones neuromusculares, estructurales y funcionales.

Además del incremento de la fuerza muscular, el entrenamiento de fuerza puede favorecer otros componentes del rendimiento físico, como la potencia y la resistencia muscular. La magnitud de estas respuestas depende de la manipulación de las variables de prescripción y de la especificidad de los ejercicios realizados (Currier et al., 2026). Asimismo, este tipo de entrenamiento puede producir mejoras en el rango de movimiento articular, lo que representa una respuesta relevante para la valoración de la movilidad y la flexibilidad. Una revisión sistemática con metaanálisis identificó mejoras en el rango de movimiento después de programas de entrenamiento de fuerza, especialmente cuando se compararon con condiciones de ausencia de entrenamiento (Alizadeh et al., 2023).

La nutrición también constituye un componente relevante en el proceso de adaptación al entrenamiento de fuerza. Una disponibilidad adecuada de proteínas contribuye al mantenimiento y desarrollo del tejido muscular, debido a su participación en los procesos de síntesis y remodelación de proteínas musculares. Una revisión sistemática y metaanálisis encontró que el incremento de la ingesta proteica, cuando se combina con ejercicio de resistencia, puede producir ganancias

adicionales, aunque generalmente pequeñas, en la masa corporal magra y algunos indicadores de fuerza muscular. Estos efectos pueden ser más relevantes en adultos jóvenes que realizan entrenamiento de fuerza y mantienen una ingesta proteica suficiente (Nunes et al., 2022). De manera complementaria, la evidencia sobre diferentes estrategias y fuentes de suplementación proteica ha identificado beneficios potenciales sobre la masa muscular y el rendimiento de personas que realizan entrenamiento de fuerza (Zhou et al., 2024).

En conjunto, las adaptaciones derivadas del entrenamiento de fuerza están determinadas por la interacción entre las características del estímulo, la recuperación y los factores individuales y nutricionales. La carga, el volumen, la frecuencia y la progresión deben organizarse de manera sistemática para favorecer el desarrollo de la fuerza, la hipertrofia y otros componentes de la función física (Currier et al., 2026). En este contexto, la integración de estrategias nutricionales con el entrenamiento constituye un aspecto relevante para favorecer las respuestas musculares al ejercicio, particularmente cuando se busca optimizar la disponibilidad de proteínas durante un programa estructurado de entrenamiento.

Evaluación y estimación de la fuerza máxima dinámica

La intensidad del entrenamiento de fuerza puede establecerse en relación con la repetición máxima (1RM), definida como la mayor carga que una persona puede movilizar durante una repetición completa, manteniendo una ejecución técnicamente adecuada. Esta variable constituye un indicador de fuerza máxima dinámica y permite establecer cargas relativas de entrenamiento mediante porcentajes de la capacidad máxima individual. Su utilización facilita la individualización de la intensidad y el ajuste progresivo de las cargas de acuerdo con los objetivos del programa (Currier et al., 2026).

La fuerza máxima también puede estimarse mediante procedimientos indirectos que utilizan cargas submáximas y el número máximo de repeticiones realizadas. Entre estos procedimientos se encuentra la prueba de seis repeticiones máximas (6RM), que permite identificar la mayor carga que una persona puede movilizar

correctamente durante seis repeticiones consecutivas. A partir de este resultado, puede estimarse el 1RM mediante una ecuación predictiva previamente seleccionada. Sin embargo, la precisión de estas estimaciones puede variar según el ejercicio, el nivel de entrenamiento de los participantes y el modelo matemático utilizado, por lo que el resultado debe interpretarse como una aproximación de la fuerza máxima y no como una medición directa (Greig et al., 2023).

En la presente investigación se empleó una prueba de 6RM para estimar la fuerza máxima dinámica mediante una ecuación predictiva y establecer las cargas relativas utilizadas durante el programa de entrenamiento. Esta estrategia permitió ajustar la intensidad del ejercicio a la capacidad individual de los participantes y establecer una referencia para la progresión de las cargas durante la intervención.

De esta manera, la utilización de porcentajes derivados del 1RM estimado constituye una estrategia para organizar y controlar la intensidad relativa del entrenamiento. La manipulación de variables como la carga, el volumen y el número de repeticiones permite modificar el estímulo de acuerdo con los objetivos establecidos y la evolución de los participantes. Asimismo, la progresión sistemática de estas variables favorece la adaptación gradual al entrenamiento y el desarrollo de la fuerza muscular (Currier et al., 2023; Currier et al., 2026).

Entrenamiento de fuerza en población universitaria sedentaria

La población universitaria constituye un grupo de interés para la implementación de programas de ejercicio físico, debido a que durante esta etapa pueden presentarse barreras para mantener niveles adecuados de actividad física, relacionadas con las demandas académicas, la disponibilidad de tiempo, la motivación y las características del entorno universitario. El comportamiento sedentario también representa un aspecto relevante durante esta etapa, por lo que promover la práctica regular de actividad física constituye una estrategia importante para favorecer la salud y la condición física de los estudiantes (Brown et al., 2024; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

En este contexto, la incorporación de programas estructurados de entrenamiento de fuerza puede contribuir al desarrollo de diferentes componentes de la condición física. La evidencia actual muestra que este tipo de entrenamiento produce mejoras en la fuerza muscular, la hipertrofia y diversos indicadores de la función y el rendimiento físico, aunque la magnitud de estas respuestas depende de las características del programa y de los participantes (Currier et al., 2023, 2026). Por ello, el entrenamiento de fuerza constituye una modalidad de ejercicio que puede incorporarse dentro de estrategias dirigidas a incrementar la actividad física y mejorar la condición física en adultos jóvenes.

En personas sedentarias o sin experiencia previa en entrenamiento de fuerza, la prescripción debe considerar el nivel inicial de condición física y una progresión adecuada de las variables del entrenamiento. La selección de la carga, el volumen, la frecuencia y los ejercicios debe ajustarse a las características de los participantes y a los objetivos del programa. Conforme se producen adaptaciones, estas variables pueden modificarse progresivamente para mantener un estímulo adecuado y favorecer el desarrollo de la fuerza y la hipertrofia muscular (Currier et al., 2023, 2026).

La evidencia disponible muestra que las personas sin experiencia previa pueden presentar mejoras en la fuerza muscular y adaptaciones en la composición corporal después de participar en programas sistemáticos de entrenamiento de fuerza. Diferentes combinaciones de carga, volumen y frecuencia pueden producir incrementos en la fuerza y la hipertrofia muscular; sin embargo, las cargas elevadas tienden a favorecer en mayor medida las ganancias de fuerza máxima, mientras que distintas magnitudes de carga pueden promover la hipertrofia cuando el entrenamiento proporciona un estímulo suficiente (Currier et al., 2023). En un estudio realizado con hombres jóvenes sin experiencia previa, se observaron incrementos en la masa libre de grasa y en la fuerza máxima después de ocho semanas de entrenamiento de fuerza; no obstante, la suplementación con proteína de suero no produjo beneficios adicionales respecto al entrenamiento por sí solo en

participantes con una ingesta habitual elevada de proteínas (Zbinden-Foncea et al., 2023).

Además del desarrollo de la fuerza muscular y la hipertrofia, el entrenamiento de fuerza puede producir mejoras en la potencia, la resistencia muscular y determinados indicadores de la función física (Currier et al., 2026). Asimismo, el entrenamiento con cargas externas puede incrementar el rango de movimiento articular, con resultados favorables en diferentes poblaciones, incluidos individuos no entrenados (Alizadeh et al., 2023). En consecuencia, sus efectos pueden extenderse a distintos componentes de la función física, aunque la magnitud de las adaptaciones depende de las características del programa y de los participantes (Currier et al., 2026).

La evaluación de diferentes capacidades físicas permite caracterizar distintos componentes de la respuesta funcional al entrenamiento. Si bien la fuerza muscular constituye uno de los principales resultados evaluados en los programas de entrenamiento de fuerza, la valoración de otras variables, como la fuerza prensil, la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria, permite analizar diferentes dimensiones de la condición física. En este sentido, la selección de las pruebas debe realizarse de acuerdo con los objetivos del programa y con las capacidades físicas que se pretende evaluar, considerando que las adaptaciones observadas dependen de las características específicas del estímulo de entrenamiento.

Por otra parte, las adaptaciones al entrenamiento de fuerza no dependen exclusivamente de las características del estímulo aplicado, sino que también pueden estar relacionadas con factores nutricionales. Entre estos factores, la ingesta de proteínas adquiere especial relevancia debido a su participación en el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular. La evidencia muestra que una mayor ingesta de proteínas durante programas de entrenamiento de fuerza puede favorecer las ganancias de masa muscular y contribuir, en determinadas condiciones, a las adaptaciones de fuerza. Sin embargo, la magnitud de estos

efectos depende de factores como la ingesta proteica total y las características de los participantes (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022).

En consecuencia, el entrenamiento de fuerza y la nutrición pueden considerarse componentes complementarios dentro del proceso de adaptación muscular. Mientras que el entrenamiento proporciona el estímulo mecánico que favorece las adaptaciones neuromusculares y estructurales, una ingesta adecuada de proteínas aporta los aminoácidos necesarios para apoyar los procesos relacionados con el mantenimiento y desarrollo del tejido muscular. Por ello, el análisis conjunto del entrenamiento y de las estrategias nutricionales resulta pertinente para comprender las respuestas producidas por una intervención que incorpora ambos componentes (Nunes et al., 2022; Zhou et al., 2024).

Duración de los programas de entrenamiento de fuerza y adaptaciones físicas y morfológicas

La duración de los programas de entrenamiento constituye un elemento relevante para la aparición y evaluación de adaptaciones morfológicas y funcionales. La evidencia disponible muestra que periodos de aproximadamente ocho semanas de entrenamiento de fuerza pueden ser suficientes para identificar modificaciones en la composición corporal y el rendimiento muscular. En atletas universitarios, se han estudiado los efectos de programas de entrenamiento de ocho semanas sobre la composición corporal y la fuerza muscular, considerando también la influencia del momento de consumo de creatina (Dinan et al., 2022). Por otra parte, en hombres jóvenes en edad universitaria y sin experiencia previa en entrenamiento de fuerza, una intervención de ocho semanas produjo incrementos en la fuerza máxima, el grosor muscular, la potencia y la masa libre de grasa (Yapici et al., 2023).

En relación con las adaptaciones musculares y morfológicas, diferentes investigaciones respaldan que ocho semanas de entrenamiento de fuerza pueden ser suficientes para identificar cambios medibles en adultos jóvenes. En hombres jóvenes previamente entrenados, un programa de ocho semanas produjo incrementos en el tejido magro y la fuerza muscular, aunque no se observaron

modificaciones significativas en la masa grasa (Ribeiro et al., 2023). De manera similar, en hombres jóvenes no entrenados se observaron incrementos en el grosor muscular, la fuerza máxima y la potencia después de ocho semanas de entrenamiento de fuerza (Yapici et al., 2023). Estos resultados muestran que las adaptaciones producidas durante periodos relativamente cortos pueden abarcar tanto variables estructurales como funcionales.

También se han documentado adaptaciones musculares después de intervenciones de diez semanas de entrenamiento de fuerza progresivo. Binet et al. (2023) estudiaron a adultos de mediana edad y observaron incrementos en el área transversal de las fibras musculares tipo II, así como modificaciones en determinadas poblaciones celulares y en la capilarización muscular. Aunque las características de esta población difieren de las de los adultos jóvenes, sus resultados respaldan que un periodo de diez semanas permite identificar cambios estructurales y celulares en el músculo esquelético.

Con base en estos antecedentes, se estableció una duración de diez semanas para la presente intervención, considerando que este periodo se encuentra dentro de un intervalo en el que investigaciones previas han identificado adaptaciones musculares, morfológicas y funcionales asociadas con el entrenamiento de fuerza (Binet et al., 2023; Dinan et al., 2022; Ribeiro et al., 2023; Yapici et al., 2023). Además, esta duración permitió desarrollar una progresión sistemática de las cargas de entrenamiento y realizar el seguimiento nutricional de los participantes durante el periodo de intervención.

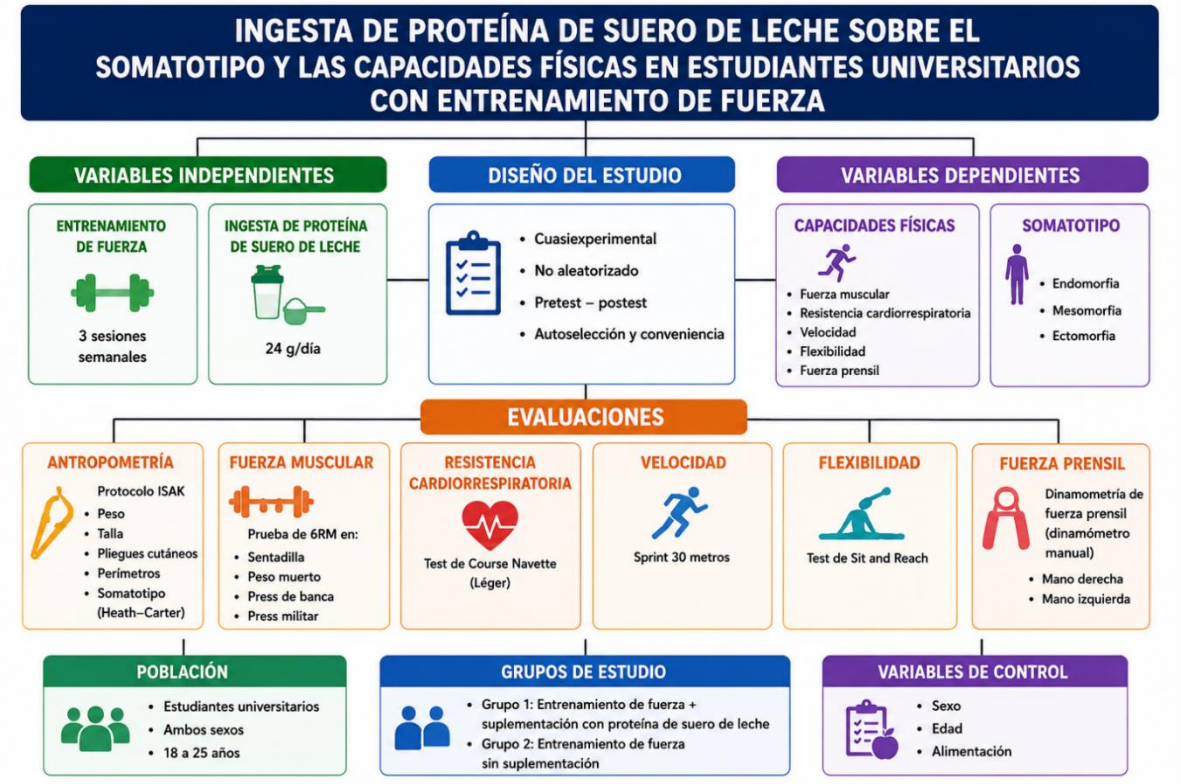
Tabla 1. Estudios que sustentan la duración de la intervención

Estudio	Población	Duración	Intervención	Variables evaluadas	Principales cambios
Dinan et al. (2022)	Deportistas universitarios, hombres y mujeres	8 semanas	Entrenamiento de fuerza + suplementación	Composición corporal, fuerza y resistencia muscular	↑ masa libre de grasa y fuerza; ↓ masa grasa y % de grasa
Ribeiro et al. (2023)	Hombres jóvenes entrenados	8 semanas	Entrenamiento de fuerza progresivo	Composición corporal y fuerza muscular	Evaluación de cambios en tejido magro y fuerza

Estudio	Población	Duración	Intervención	Variables evaluadas	Principales cambios
Yapici et al. (2023)	Hombres universitarios no entrenados	8 semanas	Entrenamiento de fuerza + aporte proteico	Composición corporal, grosor muscular, fuerza y potencia	↑ grosor muscular, 1RM y potencia; ↓ porcentaje de grasa
Li et al. (2023)	Estudiantes universitarios	8 semanas	HIIT/entrenamiento combinado	VO_2máx, fuerza prensil, flexibilidad y composición corporal	↑ VO_2máx, fuerza prensil y flexibilidad
Binet et al. (2023)	Adultos	10 semanas	Entrenamiento de fuerza progresivo	Adaptaciones musculares	Adaptaciones musculares después del periodo de entrenamiento

3. METODOLOGÍA

Figura 1 Esquema general del diseño metodológico y variables de la investigación.



Nota: Elaboración propia con apoyo de ChatGPT (OpenAI, 2026).

3.1 Tipo y diseño del estudio

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental, longitudinal, prospectivo y no aleatorizado, con mediciones pretest-postest (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2023; Maciejewski, 2020). Este diseño permitió evaluar los cambios en las variables morfológicas y funcionales antes y después de una intervención de entrenamiento de fuerza de diez semanas, así como comparar las respuestas entre los participantes que realizaron entrenamiento de fuerza con suplementación de proteína de suero de leche y aquellos que realizaron únicamente el entrenamiento. La intervención nutricional consistió en proporcionar 25 g de proteína de suero de leche después de cada sesión de entrenamiento, con una frecuencia de tres veces por semana. Asimismo, se dio seguimiento al cumplimiento de la meta diaria de ingesta proteica establecida durante la intervención. El estudio se llevó a cabo con estudiantes de una universidad privada de Cuernavaca, Morelos.

Se seleccionó un diseño cuasiexperimental debido a que la asignación de los participantes a los grupos no se realizó de manera aleatoria, sino que estuvo condicionada por la disponibilidad de los estudiantes, su participación voluntaria y las características del contexto universitario en el que se desarrolló la investigación. Este tipo de diseño permite evaluar los efectos de una intervención en condiciones reales cuando no es posible realizar una asignación aleatoria; sin embargo, es necesario considerar las posibles amenazas a la validez interna derivadas de la ausencia de aleatorización, particularmente las diferencias iniciales entre los grupos (Maciejewski, 2020).

3.2 Población y muestra de estudio

Población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Actividad y Práctica Deportiva (CAPD) y de la Licenciatura en Pedagogía de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC), con edades

comprendidas entre 18 y 25 años, matriculados durante el periodo en que se desarrolló la investigación. Estas licenciaturas fueron seleccionadas debido a que se encontraban en la coordinación de deportes y podían ser invitados a para participar en el programa de entrenamiento de fuerza y, una vez ahí poder ser invitados a participar en la intervención nutricional.

Como parte del proceso de reclutamiento, se invitó a participar a estudiantes de ambas licenciaturas mediante una convocatoria realizada dentro de la institución. Todos los interesados recibieron información detallada sobre los objetivos del estudio, los procedimientos de evaluación, la intervención propuesta y los criterios de selección (Tabla 2). Aquellos que aceptaron colaborar firmaron voluntariamente el consentimiento informado (anexo 1) antes del inicio de cualquier procedimiento.

Proceso de selección

Tabla 2. Criterios de selección de la población de estudio.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Criterios de eliminación
• Edad entre 18 y 25 años.	• Presentar lesiones musculoesqueléticas agudas o crónicas.	• Inasistencia frecuente a las sesiones de entrenamiento.
• Participantes de ambos sexos.	• Presentar embarazo o periodo de lactancia.	• Incumplimiento del protocolo de suplementación.
• Estar inscritos en la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC).	• Consumo continuo de suplementos durante los últimos 3 meses.	• Uso de suplementos no autorizados durante la intervención.
• Presentar una condición físicamente apta mediante certificado médico.	• Diagnóstico médico de enfermedad renal.	• Retiro voluntario del estudio.
• Tener disponibilidad para asistir al menos a 3 sesiones semanales durante 10 semanas.	No tener consentimiento informado firmado	• Baja académica durante el periodo de intervención.
Tener consentimiento informado formado		

Los criterios de inclusión, exclusión y eliminación considerados para la selección de los participantes se presentan en la Tabla 1.

Inicialmente se reclutaron 36 estudiantes, a quienes se les aplicó un cuestionario de información general para obtener datos sociodemográficos, antecedentes de salud, nivel de actividad física y consumo de suplementos nutricionales (anexo 2). Esta

información permitió caracterizar a la población inicial y verificar el cumplimiento de los criterios de selección.

Durante la fase previa a las evaluaciones basales, cinco participantes abandonaron voluntariamente el estudio o no completaron el proceso de selección, por lo que únicamente se contó con su información sociodemográfica. Debido a ello, no realizaron las evaluaciones antropométricas, las pruebas físicas ni participaron en la intervención.

En consecuencia, 31 estudiantes completaron las evaluaciones iniciales y finales de antropometría y somatotipo. De estos participantes, 22 participaron en la etapa de intervención quedando 9 que conformaron el grupo de referencia para el análisis de los cambios antropométricos y del somatotipo.

Los 22 participantes de la intervención fueron distribuidos en dos grupos de once integrantes cada uno. El primero realizó exclusivamente el programa de entrenamiento de fuerza, mientras que el segundo efectuó el mismo programa acompañado de suplementación con proteína de suero de leche (25 g diluidos en 300 a 350 ml de agua purificada 3 veces a la semana). Ambos grupos participaron en todas las evaluaciones de capacidades físicas, el seguimiento nutricional y las mediciones pretest y postest.

Por otra parte, el grupo sin intervención (n=9) no realizó el programa de entrenamiento ni recibió suplementación; sin embargo, fue evaluado mediante antropometría y somatotipo al inicio y al término del periodo de estudio. La incorporación de este grupo permitió disponer de un referente para valorar las modificaciones morfológicas observadas durante las diez semanas de seguimiento en ausencia de la intervención (entrenamiento de fuerza y suplementación con proteína de suero de leche).

Tipo de muestreo y tamaño de muestra

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que la selección de los participantes estuvo determinada por su accesibilidad, disponibilidad, interés y aceptación voluntaria para formar parte del estudio, así como por el cumplimiento

de los criterios de inclusión establecidos. En este tipo de muestreo, los participantes no son seleccionados aleatoriamente de la población de interés, sino que se incorporan de acuerdo con su facilidad de acceso y disposición para participar. Por esta razón, los resultados deben interpretarse considerando las limitaciones de representatividad y generalización inherentes a este procedimiento de selección (Stratton, 2023).

Aunque este tipo de muestreo limita la generalización de los resultados a otras poblaciones, permitió desarrollar la intervención en condiciones reales de aplicación, de acuerdo con la disponibilidad de los estudiantes y los recursos del contexto universitario. Asimismo, facilitó el reclutamiento y el seguimiento de los participantes durante el periodo de estudio, favoreciendo la viabilidad operativa de la investigación. No obstante, la utilización de este procedimiento implica reconocer posibles sesgos de selección, por lo que los resultados deben interpretarse considerando las características particulares de la muestra.

3.3 Exposición de variables

Definición conceptual de las variables

Las variables del presente estudio fueron seleccionadas con base en la pregunta de investigación, los objetivos planteados y la evidencia científica relacionada con el entrenamiento de fuerza, la nutrición deportiva y las adaptaciones morfológicas y funcionales inducidas por el ejercicio. La investigación contempló una variable independiente, diversas variables dependientes y un conjunto de covariables que permitieron controlar posibles factores de confusión durante el análisis de los resultados.

Variable independiente

La variable independiente estuvo constituida por la modalidad de intervención, integrada por un programa estructurado de entrenamiento de fuerza, aplicado a todos los participantes, y la incorporación de suplementación con proteína de suero de leche en uno de los grupos.

El entrenamiento de fuerza representó el estímulo principal para inducir adaptaciones neuromusculares y estructurales mediante la aplicación progresiva de cargas durante diez semanas. Como estrategia nutricional complementaria, la proteína de suero de leche se administró al grupo suplementado con la finalidad de incrementar su ingesta proteica y proporcionar aminoácidos que contribuyeran a los procesos de síntesis de proteínas musculares asociados con la adaptación al entrenamiento. La evidencia científica señala que el incremento de la ingesta diaria de proteínas durante programas de entrenamiento de fuerza puede favorecer ganancias adicionales, generalmente pequeñas, en la masa libre de grasa y en determinadas manifestaciones de la fuerza muscular, en comparación con el entrenamiento sin un aporte proteico adicional (Nunes et al., 2022).

Variables dependientes

La evaluación antropométrica se realizó siguiendo los procedimientos estandarizados por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK), los cuales establecen criterios específicos para la identificación de puntos anatómicos y la medición de variables antropométricas, con la finalidad de favorecer la precisión y reproducibilidad de los resultados (Esparza-Ros et al., 2019). Las variables evaluadas incluyeron la masa corporal, la estatura y el índice de masa corporal (IMC); ocho pliegues cutáneos: tríceps, subescapular, bíceps, cresta ilíaca, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pierna medial; los perímetros de brazo relajado, brazo flexionado y contraído, cintura, cadera y pierna; así como los diámetros biepicondilares del húmero y del fémur. Adicionalmente, se registró el perímetro de muslo medio como una medición antropométrica complementaria.

El somatotipo se determinó mediante el método antropométrico de Heath-Carter (Anexos 3 y 4), a partir del cual se obtuvieron los componentes de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia. Este método permite caracterizar la configuración morfológica de los individuos mediante la integración de diferentes mediciones antropométricas (Carter, 2002; González Macías & Flores, 2024). La valoración de estos componentes permitió identificar posibles modificaciones en las

características morfológicas de los participantes durante el periodo de intervención y analizar su comportamiento en relación con el entrenamiento de fuerza y la suplementación con proteína de suero de leche.

Las capacidades físicas evaluadas comprendieron la fuerza máxima dinámica mediante la prueba de seis repeticiones máximas (6RM), la fuerza prensil mediante dinamometría manual, la velocidad mediante una prueba de carrera de 30 metros, la flexibilidad mediante la prueba *Sit-and-Reach* y la capacidad cardiorrespiratoria mediante el test Course Navette de 20 metros (Anexos 5, 6, 7, 8 y 9). Estas pruebas permitieron valorar diferentes componentes de la condición física antes y después de la intervención. La evidencia científica respalda la utilización de la dinamometría manual para evaluar la fuerza isométrica máxima de prensión y del test de 20 metros para estimar la capacidad cardiorrespiratoria. En cambio, el *Sit-and-Reach* debe interpretarse con precaución, ya que presenta limitaciones para representar de manera específica la flexibilidad de la musculatura isquiosural y lumbar (Castro-Piñero et al., 2021). La evaluación conjunta de estas variables permitió analizar las modificaciones morfológicas y funcionales observadas durante el programa de entrenamiento de fuerza.

Covariables

Con el propósito de disminuir la influencia de factores externos sobre los resultados, se consideraron como covariables la edad, el sexo, la actividad física (anexo 10) y la ingesta dietética habitual, variables que pueden modificar la respuesta fisiológica al entrenamiento y a la suplementación proteica.

Además, durante toda la intervención se realizó un seguimiento de la ingesta energética y de macronutrientes mediante recordatorios de 24 horas (anexo 11), lo que permitió verificar el cumplimiento de la estrategia nutricional y considerar el consumo dietético como un factor potencialmente asociado a las adaptaciones observadas.

Definición operacional de las variables

La operacionalización de las variables se realizó con la finalidad de establecer la forma en que cada una de ellas sería medida durante el desarrollo del estudio, especificando su definición operacional, el instrumento utilizado, la unidad de medida y la escala correspondiente. Esta estandarización permitió garantizar la reproducibilidad de las mediciones y asegurar la consistencia del proceso de recolección de datos, lo podemos ver en la tabla 3.

Tabla 3. Operacionalización de las variables de estudio.

Variable	Tipo	Definición	Instrumento	Unidad	Escala
Fuerza dinámica	Dependiente	Capacidad del sistema neuromuscular para generar tensión frente a una resistencia	Test de 6RM	kg	Cuantitativa continua
Fuerza prensil	Dependiente	fuerza que ejerce la mano al realizar un agarre y constituye un indicador de la fuerza muscular.	Dinamómetro	kg	Cuantitativa continua
Resistencia aeróbica (VO_2máx estimado)	Dependiente	Capacidad del organismo para sostener ejercicio prolongado mediante metabolismo aeróbico	Test Course Navette	ml/kg/min	Cuantitativa continua
Velocidad	Dependiente	Capacidad de desplazamiento en el menor tiempo posible	Sprint 30 m	segundos (s)	Cuantitativa continua
Flexibilidad	Dependiente	Capacidad de las articulaciones para moverse en su máximo rango	Test Sit and Reach	cm	Cuantitativa continua
Masa muscular	Dependiente	Cantidad de tejido muscular del cuerpo	Antropometría (ISAK)	kg / %	Cuantitativa continua
Somatotipo	Dependiente	Clasificación morfológica del cuerpo humano (endomorfIa, mesomorfIa, ectomorfIa)	Método Heath-Carter (ISAK)	Componentes (X-Y)	Cuantitativa continua
Ingesta de proteína de suero de leche	Independiente	Consumo controlado de proteína de suero de leche dentro de la intervención	Registro de consumo	g/kg/día	Cuantitativa continua
Entrenamiento de fuerza	Independiente	Programa estructurado de	Registro de asistencia y cumplimiento	sesiones/semana	Cuantitativa discreta

Variable	Tipo	Definición	Instrumento	Unidad	Escala
		ejercicio con sobrecarga progresiva			
Edad	Covariable	Tiempo de vida en años cumplidos	Cuestionario	años	Discreta
Sexo	Covariable	Característica biológica del individuo	Cuestionario	---	Cualitativa nominal
Peso corporal	Covariable	Masa corporal total	Báscula	kg	Cuantitativa continua
Talla	Covariable	Estatura del individuo	Tallímetro	cm	Cuantitativa continua
Hábitos alimenticios	Covariable	Patrón habitual de consumo de alimentos	Recordatorio de 24 horas	kcal / macronutrientes	Cuantitativa continua

3.4 Instrumentos de medición y recolección de las variables del estudio

Antes del inicio de la intervención se aplicó un cuestionario de información general diseñado para recopilar datos sociodemográficos, antecedentes personales, hábitos relacionados con la actividad física y consumo de suplementos nutricionales. La información obtenida permitió caracterizar a la población de estudio y verificar el cumplimiento de los criterios de selección establecidos.

Con el propósito de identificar posibles riesgos asociados con la práctica de ejercicio físico, todos los participantes presentaron un certificado médico vigente que acreditó su aptitud para realizar actividad física. Asimismo, se aplicó el Cuestionario de Preparación para la Actividad Física para Todos (PAR-Q+) (Anexo 10), instrumento de tamizaje previo a la práctica de ejercicio que permite identificar posibles condiciones que requieren una valoración adicional antes de iniciar o incrementar la actividad física (Warburton et al., 2021).

Adicionalmente, se recopilaron antecedentes relacionados con la salud renal mediante un instrumento de identificación de factores de riesgo (Anexo 12), considerando los criterios de evaluación de la enfermedad renal crónica establecidos por Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). Esta consideración respondió a que la presencia de enfermedad renal constituyó un criterio de exclusión del estudio. Las recomendaciones KDIGO contemplan la

valoración de antecedentes clínicos y de indicadores de función y daño renal, particularmente la tasa de filtración glomerular estimada y la albuminuria, para la evaluación y clasificación de la enfermedad renal crónica (Kidney Disease: Improving Global Outcomes [KDIGO] CKD Work Group, 2024).

El nivel habitual de actividad física se evaluó mediante el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ), instrumento desarrollado para estimar la actividad física a partir del autorreporte. Su aplicación en población adulta de diferentes países ha mostrado propiedades aceptables de reproducibilidad y validez, por lo que constituye una herramienta utilizada para la vigilancia de los niveles de actividad física (Craig et al., 2003).

La evaluación de la ingesta dietética se realizó mediante el método de Recordatorio de 24 horas (R24h), que permite recopilar información sobre los alimentos, bebidas y suplementos consumidos durante el día anterior a su aplicación. La utilización de aplicaciones repetidas permite considerar parte de la variabilidad diaria de la alimentación y obtener una estimación más precisa del consumo energético y nutrimental que la obtenida mediante un único recordatorio (Bailey, 2021; López-Olmedo et al., 2016). En el presente estudio se aplicaron tres recordatorios de 24 horas durante el periodo de intervención, con la finalidad de estimar la ingesta energética total y el consumo de macronutrientes, particularmente de proteínas, y dar seguimiento a la ingesta dietética de los participantes.

Los recordatorios se recopilaron mediante formularios electrónicos elaborados en Google Forms, utilizando un sistema basado en equivalentes de alimentos para facilitar el registro de las porciones consumidas. Los formularios incluyeron un apartado de respuesta abierta para registrar alimentos no contemplados previamente, así como especificar cantidades, preparaciones y marcas comerciales cuando fue necesario. La utilización de herramientas digitales para la evaluación dietética constituye una alternativa para recopilar y sistematizar información alimentaria; sin embargo, la precisión de los datos depende de las características y validación de cada instrumento (Murai et al., 2023).

La suplementación se controló mediante registros individuales de consumo durante las sesiones de entrenamiento. Se utilizó proteína aislada de suero de leche (*whey protein isolate*), como complemento de la ingesta proteica habitual de los participantes asignados al grupo de suplementación. La cantidad proporcionada se estableció de acuerdo con el protocolo de intervención, con el propósito de contribuir al cumplimiento del aporte proteico diario previsto. La supervisión directa del consumo permitió documentar la adherencia al protocolo de suplementación establecido.

El análisis de los registros dietéticos permitió estimar la ingesta energética total y el consumo de proteínas, hidratos de carbono y lípidos durante el periodo de intervención. Esta información se utilizó para caracterizar el consumo alimentario de los participantes y como variable complementaria para interpretar los resultados de la intervención.

Durante el seguimiento dietético se contó con el apoyo de un estudiante de la Facultad de Nutrición, quien realizaba sus prácticas profesionales en la Facultad de Ciencias del Deporte. Su participación consistió en colaborar en la organización y supervisión de los registros alimentarios, bajo la coordinación de la investigadora principal.

Protocolo de suplementación con proteína de suero de leche

La suplementación nutricional se implementó exclusivamente en el grupo de entrenamiento de fuerza con proteína de suero de leche (n=11), con el propósito de evaluar el posible efecto adicional de la suplementación sobre las adaptaciones morfológicas y funcionales asociadas con el programa de entrenamiento.

Se utilizó proteína aislada de suero de leche (*whey protein isolate*), caracterizada por su contenido de aminoácidos esenciales, entre ellos la leucina, relacionada con la regulación de la síntesis de proteínas musculares. La ingesta de proteínas después del ejercicio de fuerza proporciona aminoácidos que contribuyen a estimular la síntesis de proteínas musculares, en interacción con el estímulo fisiológico generado por el entrenamiento (Wilkinson et al., 2023).

La dosis administrada fue de 25 g de proteína por sesión de entrenamiento, preparada en aproximadamente 300–350 mL de agua y consumida inmediatamente después de finalizar cada sesión. La ingesta de proteína alrededor del ejercicio de fuerza puede favorecer la síntesis de proteínas musculares y contribuir a las adaptaciones asociadas con el entrenamiento. Sin embargo, la evidencia científica indica que el momento específico de consumo no parece modificar significativamente las adaptaciones de masa muscular, por lo que la cantidad total de proteína ingerida a lo largo del día también constituye un factor relevante (Casuso & Goossens, 2025). En el presente estudio, la administración posterior al entrenamiento permitió estandarizar el momento de consumo y supervisar directamente el cumplimiento de la suplementación.

Con el objetivo de favorecer el cumplimiento del protocolo, la suplementación fue administrada bajo supervisión directa dentro de las instalaciones de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC). La investigadora principal preparó previamente las porciones individuales del suplemento y verificó su consumo al término de cada sesión de entrenamiento.

Se llevó un registro individualizado del consumo del suplemento durante todo el periodo de intervención, lo que permitió documentar el cumplimiento del protocolo e identificar posibles omisiones o incidencias relacionadas con la suplementación.

Evaluación dietética y seguimiento de la suplementación

Con el propósito de considerar la influencia de la alimentación habitual sobre las adaptaciones asociadas con el entrenamiento de fuerza y la suplementación, se realizó un seguimiento dietético durante el periodo de intervención mediante el método de Recordatorio de 24 horas (R24h). Este instrumento permite recopilar información detallada sobre los alimentos, bebidas y suplementos consumidos durante las 24 horas previas a su aplicación, con la finalidad de estimar la ingesta energética y nutrimental. La aplicación repetida de recordatorios en días no consecutivos permite considerar la variabilidad diaria del consumo alimentario y mejorar la precisión de las estimaciones de ingesta (Bailey, 2021; Cade et al., 2017).

Se obtuvo un primer recordatorio durante la evaluación basal, previo al inicio de la intervención. Posteriormente, entre las semanas 2 y 9 del programa, se realizaron tres recordatorios por semana en días no consecutivos, incluyendo al menos un día de fin de semana, con la finalidad de obtener mediciones repetidas del consumo alimentario durante el seguimiento. Finalmente, durante la décima semana se aplicó un último recordatorio previo a las evaluaciones postest. En total, se realizaron 26 recordatorios de 24 horas por participante, lo que permitió dar seguimiento a la ingesta energética y al consumo de macronutrientes durante el periodo de intervención.

Instrumentos para la evaluación antropométrica

Las mediciones antropométricas se realizaron de acuerdo con los lineamientos establecidos por la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), los cuales proporcionan procedimientos estandarizados para la identificación de puntos anatómicos y la obtención de medidas antropométricas. La estandarización de estas técnicas contribuye a controlar el error técnico de medición y favorece la calidad y reproducibilidad de los datos obtenidos (Esparza-Ros et al., 2019).

Para las evaluaciones se utilizaron instrumentos previamente calibrados, entre ellos, una báscula digital OMRON para medir la masa corporal, un tallímetro para determinar la estatura, una cinta antropométrica Lufkin para medir los perímetros corporales, un antropómetro de ramas cortas para obtener los diámetros óseos y un plicómetro Slim Guide para evaluar los pliegues cutáneos.

Las mediciones obtenidas permitieron caracterizar las variables antropométricas de los participantes y calcular los componentes del somatotipo mediante el método antropométrico de Heath-Carter, que comprende la endomorfia, relacionada con la adiposidad relativa; la mesomorfia, asociada con el desarrollo musculoesquelético relativo; y la ectomorfia, vinculada con la linealidad corporal (Carter, 2002).

Instrumentos para la evaluación de las capacidades físicas

Las capacidades físicas se evaluaron mediante pruebas de campo seleccionadas de acuerdo con las variables de interés del estudio. La fuerza máxima dinámica se valoró mediante una prueba de seis repeticiones máximas (6RM), a partir de la cual se estimó la repetición máxima (1RM); la fuerza prensil, mediante dinamometría manual; la velocidad de desplazamiento, mediante una carrera de 30 metros; la flexibilidad, mediante la prueba *Sit-and-Reach*; y la capacidad cardiorrespiratoria, mediante el test Course Navette de 20 metros. La aplicación de estas pruebas permitió valorar diferentes componentes de la condición física y comparar los resultados obtenidos antes y después del programa de entrenamiento (Castro-Piñero et al., 2021; Cuenca-García et al., 2022).

La fuerza muscular dinámica se evaluó mediante la prueba de seis repeticiones máximas (6RM) en los ejercicios de sentadilla, press de banca, peso muerto y press militar. Para su ejecución se utilizaron barras olímpicas, discos, banco de press y rack de sentadilla disponibles en el gimnasio de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC). A partir de la carga máxima movilizada en seis repeticiones se estimó el valor de 1RM mediante una ecuación predictiva. Esta estimación permitió obtener un valor indirecto de la fuerza máxima dinámica sin requerir la ejecución de una repetición máxima directa. No obstante, la precisión de los valores estimados puede variar según el ejercicio y la ecuación empleada.

La fuerza prensil se determinó mediante dinamometría manual, registrando la fuerza isométrica ejercida durante la prensión de la mano. Esta prueba constituye un procedimiento de campo utilizado para evaluar la fuerza isométrica de la mano y cuenta con evidencia de validez y fiabilidad en población adulta. Para favorecer la comparabilidad de los resultados, las mediciones se realizaron bajo condiciones estandarizadas y utilizando el mismo dispositivo (Castro-Piñero et al., 2021; Cuenca-García et al., 2022).

La velocidad de desplazamiento se evaluó mediante una prueba de sprint de 30 metros, utilizando una distancia previamente delimitada con conos y un cronómetro

digital para registrar el tiempo empleado por cada participante. El tiempo de recorrido permitió valorar el desempeño de velocidad en una distancia determinada. La fiabilidad de los tiempos registrados en pruebas de sprint ha sido analizada en población adulta, por lo que resulta importante mantener condiciones similares de ejecución y registro durante las evaluaciones (Edwards et al., 2022).

La flexibilidad se valoró mediante la prueba *Sit-and-Reach*, utilizando un banco de medición diseñado para registrar la distancia alcanzada durante la flexión anterior del tronco, con las rodillas extendidas. Esta prueba se emplea como una medida de campo relacionada principalmente con la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Aunque presenta evidencia favorable de fiabilidad, sus resultados deben interpretarse con precaución, ya que no representan de manera directa ni completa la flexibilidad de la región lumbar y de otras estructuras corporales (Castro-Piñero et al., 2021; Cuenca-García et al., 2022).

La capacidad cardiorrespiratoria se estimó mediante la prueba Course Navette o test de ida y vuelta de 20 metros. Para su aplicación se utilizó una distancia previamente delimitada y una grabación de audio estandarizada que reguló progresivamente la velocidad de desplazamiento de acuerdo con las etapas de la prueba. El rendimiento se valoró considerando la última etapa o periodo completado por cada participante, lo que permitió estimar indirectamente su capacidad cardiorrespiratoria. Esta prueba cuenta con evidencia favorable de validez y fiabilidad para la estimación de dicha capacidad en adultos (Castro-Piñero et al., 2021; Cuenca-García et al., 2022).

En conjunto, las pruebas se seleccionaron de acuerdo con las capacidades físicas de interés y las condiciones de aplicación del estudio. Para disminuir posibles fuentes de variabilidad, se procuró mantener el mismo procedimiento, las instrucciones y las condiciones de evaluación durante las mediciones pretest y postest.

3.5 Procedimiento de medición y recolección de variables

Las variables de estudio fueron evaluadas mediante procedimientos estandarizados antes (pretest) y después (postest) de la intervención de diez semanas. Las evaluaciones fueron realizadas bajo condiciones similares de horario, espacio físico, material e instrucciones, con el propósito de mantener la consistencia de los procedimientos entre ambos momentos de medición.

Las evaluaciones se efectuaron en las instalaciones de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC). Las mediciones antropométricas se realizaron en un espacio acondicionado para tal fin, mientras que las pruebas físicas se llevaron a cabo en el gimnasio institucional y en la cancha de fútbol 7. Durante las evaluaciones iniciales se contó con el apoyo de estudiantes de las licenciaturas en Nutrición y Ciencias de la Actividad Física, previamente capacitados para colaborar en el registro de la información y la organización de las estaciones de evaluación. En las evaluaciones finales participaron la investigadora principal y un anotador capacitado, siguiendo el mismo protocolo establecido para el pretest.

Con el propósito de reducir la posible influencia de la fatiga sobre el desempeño, las pruebas físicas fueron distribuidas en diferentes sesiones y se procuró mantener condiciones similares en los momentos pretest y postest. Los participantes recibieron instrucciones previas para asistir con ropa deportiva, mantener una adecuada hidratación y evitar la realización de ejercicio físico intenso durante las 24 horas previas a cada evaluación.

Las evaluaciones comprendieron la determinación de variables antropométricas, somatotipo, capacidades físicas y seguimiento de la ingesta dietética, conforme a los procedimientos establecidos para cada variable.

Evaluación antropométrica

La evaluación antropométrica se realizó siguiendo los procedimientos establecidos por la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), los cuales permiten estandarizar la identificación de los puntos anatómicos, la utilización de los instrumentos y la obtención de las mediciones, contribuyendo al

control del error técnico y a la reproducibilidad de los datos (Esparza-Ros et al., 2019).

Las mediciones fueron efectuadas por la investigadora principal, certificada como antropometrista ISAK Nivel 1, con el apoyo de un anotador previamente capacitado para el registro de los datos.

Se obtuvo el perfil antropométrico restringido de ISAK, que incluyó la medición de la masa corporal, la estatura, ocho pliegues cutáneos, perímetros corporales y diámetros óseos. Adicionalmente, se registró el perímetro de muslo medio como una medición complementaria. Estas variables permitieron caracterizar las dimensiones corporales de los participantes y disponer de los datos necesarios para el análisis antropométrico y la determinación del somatotipo.

Los participantes fueron evaluados descalzos y con ropa adecuada para facilitar la identificación de los puntos anatómicos y la realización de las mediciones. Asimismo, se procuró mantener condiciones similares durante las evaluaciones pretest y postest.

Las mediciones se realizaron en el hemicuerpo derecho, conforme a los procedimientos establecidos por ISAK. Cada variable se midió por duplicado y, cuando la diferencia entre ambas mediciones superó los límites establecidos para el control del error técnico de medición, se realizó una tercera medición, de acuerdo con los procedimientos de control de calidad antropométrica (Esparza-Ros et al., 2019).

El somatotipo se determinó mediante el método antropométrico de Heath-Carter, utilizado para describir la configuración morfológica del individuo a partir de tres componentes: endomorfia, relacionada con la adiposidad relativa; mesomorfia, asociada con el desarrollo musculoesquelético relativo; y ectomorfia, vinculada con la linealidad corporal (Carter, 2002).

El cálculo de los componentes se realizó durante la fase de análisis mediante las ecuaciones correspondientes al método de Heath-Carter, implementadas en el programa estadístico Stata. Para ello, se utilizaron las mediciones específicas

requeridas por el método: los pliegues tricipital, subescapular y supraespinal; los perímetros corregidos de brazo y pantorrilla; los diámetros óseos de húmero y fémur; así como la estatura y la masa corporal. Los valores obtenidos permitieron caracterizar el somatotipo de los participantes y analizar los cambios en sus componentes entre las evaluaciones pretest y postest.

Para determinar la endomorfia, se utilizaron los pliegues tricipitales, subescapular y supraespinal, cuya sumatoria fue corregida en función de la talla mediante la siguiente expresión:

X = (pliegue tricipital + pliegue subescapular + pliegue supraespinal) × (170.18 / talla en cm)

Posteriormente, la endomorfia se calculó mediante la ecuación:

Endomorfia = −0.7182 + (0.1451 × X) − (0.00068 × X^2) + (0.0000014 × X^3)

Para determinar la mesomorfia, se utilizaron el diámetro biepicondilar del húmero, el diámetro biepicondilar del fémur, el perímetro corregido del brazo, el perímetro corregido de la pantorrilla y la talla. Los perímetros corregidos se obtuvieron mediante las siguientes ecuaciones:

Perímetro corregido del brazo = perímetro del brazo flexionado y contraído (cm) − [pliegue tricipital (mm) / 10]

Perímetro corregido de la pantorrilla = perímetro máximo de la pantorrilla (cm) − [pliegue de pantorrilla medial (mm) / 10]

Posteriormente, la mesomorfia se calculó mediante:

Mesomorfia = (0.858 × DH) + (0.601 × DF) + (0.188 × PCB) + (0.161 × PCP) − (0.131 × T) + 4.5

donde DH corresponde al diámetro biepicondilar del húmero (cm); DF, al diámetro biepicondilar del fémur (cm); PCB, al perímetro corregido del brazo (cm); PCP, al perímetro corregido de la pantorrilla (cm); y T, a la talla (cm).

Para determinar la ectomorfia, inicialmente se calculó el índice talla-peso (HWR, por sus siglas en inglés):

HWR = talla (cm) / $\sqrt[3]{}$masa corporal (kg)

El componente ectomórfico se obtuvo de acuerdo con el valor del HWR:

Si HWR ≥ 40.75:

Ectomorfia = (0.732 × HWR) − 28.58

Si HWR > 38.25 y < 40.75:

Ectomorfia = (0.463 × HWR) − 17.63

Si HWR ≤ 38.25:

Ectomorfia = 0.1

Una vez obtenidos los valores de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, el somatotipo de cada participante se expresó siguiendo este mismo orden. Para su representación gráfica en la somatocarta se calcularon las coordenadas mediante las siguientes ecuaciones:

X = ectomorfia − endomorfia

Y = (2 × mesomorfia) − (endomorfia + ectomorfia)

Estas coordenadas permitieron representar gráficamente el somatotipo de cada participante y comparar los cambios observados entre las evaluaciones pretest y postest.

Los componentes del somatotipo fueron analizados en los 31 participantes que completaron las evaluaciones antropométricas, incluyendo el grupo control o sin intervención (n=9), el grupo con entrenamiento de fuerza (n=11) y el grupo con entrenamiento de fuerza más suplementación con proteína de suero de leche

(n=11). Esta comparación permitió evaluar las modificaciones en los componentes del somatotipo durante el periodo de intervención.

Evaluación de las capacidades físicas

Las capacidades físicas fueron evaluadas antes y después de la intervención con el propósito de determinar las adaptaciones funcionales derivadas del programa de entrenamiento de fuerza y de la suplementación con proteína de suero de leche. La selección de las pruebas se realizó considerando su validez, confiabilidad, facilidad de aplicación y amplia utilización en investigaciones relacionadas con el rendimiento físico y la evaluación de la condición física en población universitaria.

Las evaluaciones se efectuaron en el gimnasio y en la cancha de fútbol 7 de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC), procurando mantener las mismas condiciones de espacio, horario, material y personal evaluador en las mediciones pretest y postest. Antes de cada sesión de evaluación, los participantes realizaron un calentamiento general y específico con una duración aproximada de diez minutos, con el propósito de disminuir el riesgo de lesión y optimizar su desempeño durante las pruebas.

Las capacidades físicas evaluadas fueron fuerza muscular, fuerza prensil, velocidad, flexibilidad y capacidad cardiorrespiratoria.

Evaluación de la fuerza muscular mediante la prueba de seis repeticiones máximas (6RM)

La fuerza muscular dinámica fue evaluada mediante la prueba de seis repeticiones máximas (6RM). En este procedimiento se determinó la mayor carga que cada participante podía movilizar correctamente durante seis repeticiones consecutivas, manteniendo una técnica adecuada durante toda la ejecución. A partir de la carga movilizada y del número de repeticiones realizadas se estimó el valor de 1RM mediante una ecuación predictiva. Las pruebas basadas en repeticiones máximas submáximas constituyen una alternativa para estimar la fuerza máxima sin realizar directamente una prueba de 1RM; sin embargo, la precisión de la estimación puede variar según el ejercicio, el número de repeticiones y la ecuación predictiva utilizada.

La evaluación se realizó en los ejercicios de sentadilla, press de banca, peso muerto y press militar, con el propósito de valorar la fuerza dinámica en ejercicios que involucraran diferentes grupos musculares del tren inferior y superior. Previo a la evaluación, cada participante realizó un calentamiento general y específico, seguido de series de aproximación con cargas progresivas. Posteriormente, se determinó la carga correspondiente al 6RM de cada ejercicio. Las mismas condiciones y procedimientos fueron utilizados durante las evaluaciones pretest y postest.

Evaluación de la fuerza prensil

La fuerza prensil se evaluó mediante un dinamómetro manual, instrumento empleado para cuantificar la fuerza máxima isométrica de prensión de la mano. Esta prueba constituye un método de evaluación de la fuerza muscular que presenta utilidad en población adulta, debido a su aplicación práctica y a su capacidad para medir objetivamente la fuerza de agarre. No obstante, los resultados pueden variar en función del tipo de dinamómetro y de las condiciones de aplicación, por lo que es importante mantener procedimientos estandarizados durante las mediciones (Castro-Piñero et al., 2021; Núñez-Cortés et al., 2022).

Cada participante realizó la prueba en posición de pie, con el brazo extendido a un costado del cuerpo y sin apoyar el dinamómetro sobre ninguna superficie. Se le indicó ejercer la máxima fuerza de prensión durante algunos segundos. Se realizaron dos intentos con cada mano y se registró el valor máximo obtenido para el análisis estadístico. Las mismas condiciones y procedimientos se mantuvieron durante las evaluaciones pretest y postest.

La incorporación de esta prueba permitió complementar la evaluación de la fuerza dinámica obtenida mediante la prueba de seis repeticiones máximas (6RM), al proporcionar información adicional sobre la capacidad de generar fuerza isométrica mediante los músculos responsables de la prensión manual.

Evaluación de la velocidad mediante sprint de 30 metros

La velocidad de desplazamiento se evaluó mediante una prueba de sprint lineal de 30 metros, utilizada para valorar el rendimiento en carreras de corta distancia. Este

tipo de prueba permite analizar el tiempo empleado para recorrer una distancia determinada y constituye una herramienta de evaluación del rendimiento de sprint. Asimismo, la medición del tiempo permite identificar variaciones en el desempeño entre diferentes momentos de evaluación (Edwards et al., 2022).

La evaluación se realizó sobre una superficie plana, en una distancia previamente delimitada de 30 metros. Los participantes iniciaron la prueba desde una posición estática y recorrieron la distancia en el menor tiempo posible. El tiempo empleado se registró mediante un cronómetro digital. Durante las evaluaciones pretest y postest se mantuvieron las mismas condiciones de aplicación, procurando estandarizar el procedimiento de medición.

La prueba permitió identificar los cambios en el tiempo requerido para recorrer los 30 metros después del periodo de intervención. Para la interpretación de los resultados, una disminución del tiempo de ejecución se consideró indicativa de una mejora en el rendimiento de velocidad de desplazamiento.

Evaluación de la flexibilidad mediante la prueba Sit-and-Reach

La flexibilidad fue evaluada mediante la prueba *Sit-and-Reach*, utilizada como una prueba de campo relacionada principalmente con la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Aunque presenta una adecuada reproducibilidad, su resultado no debe interpretarse como una medida directa de la flexibilidad lumbar ni como una valoración global de la flexibilidad corporal (Castro-Piñero et al., 2021).

Durante la prueba, los participantes permanecieron en posición sedente, con las rodillas completamente extendidas y las plantas de los pies apoyadas sobre el banco de medición. Posteriormente, realizaron una flexión anterior del tronco con ambas manos extendidas, registrándose en centímetros la mayor distancia alcanzada. Las condiciones de aplicación se mantuvieron durante las evaluaciones pretest y postest.

Evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria mediante el test Course Navette

La capacidad cardiorrespiratoria se evaluó mediante el test Course Navette o prueba de ida y vuelta de 20 metros (*20-m shuttle run test*). Esta prueba de campo permite estimar indirectamente la capacidad cardiorrespiratoria a partir del rendimiento alcanzado durante un esfuerzo progresivo. Su utilización cuenta con evidencia científica favorable para estimar la condición cardiorrespiratoria en población adulta (Castro-Piñero et al., 2021).

La prueba consistió en realizar desplazamientos continuos entre dos líneas separadas por 20 metros, siguiendo una señal sonora que estableció incrementos progresivos en la velocidad de desplazamiento. La evaluación finalizó cuando el participante no logró mantener el ritmo establecido en dos ocasiones consecutivas o manifestó fatiga que le impidiera continuar con el ejercicio.

El último estadio completado se utilizó para determinar la velocidad máxima alcanzada y estimar el consumo máximo de oxígeno (VO_2máx), mediante la ecuación propuesta por Léger et al. (1988), utilizando el valor de edad de 18 años establecido para población adulta. Los valores estimados se utilizaron para comparar la capacidad cardiorrespiratoria de los participantes entre las evaluaciones pretest y postest.

3.6 Procedimiento

El estudio se desarrolló entre septiembre y diciembre de 2025 en las instalaciones de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC), siguiendo una secuencia metodológica previamente establecida que comprendió las etapas de reclutamiento, selección de participantes, evaluaciones iniciales, intervención, seguimiento y evaluaciones finales. Cada fase fue ejecutada bajo procedimientos estandarizados con el propósito de garantizar la calidad de las mediciones y la reproducibilidad del estudio.

Reclutamiento y selección de los participantes

El reclutamiento se realizó mediante una invitación dirigida a estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Actividad y Práctica Deportiva (CAPD) y de la Licenciatura en Pedagogía de (UNIVAC). A los estudiantes interesados se les explicó el objetivo de la investigación, los procedimientos de evaluación, la duración del programa de entrenamiento y las características de la suplementación nutricional.

Posteriormente, quienes aceptaron participar firmaron voluntariamente el consentimiento informado antes de iniciar cualquier procedimiento relacionado con la investigación. Asimismo, se aplicó un cuestionario de información general para obtener datos sociodemográficos, antecedentes de salud, nivel habitual de actividad física y consumo de suplementos nutricionales.

Con el propósito de verificar la elegibilidad de los participantes, también se aplicaron los cuestionarios PAR-Q+, IPAQ y KDIGO, además de solicitar un certificado médico vigente que acreditara la aptitud para realizar ejercicio físico.

Inicialmente fueron reclutados 36 estudiantes. Sin embargo, cinco participantes abandonaron el estudio antes de las evaluaciones basales, por lo que únicamente se contó con su información sociodemográfica. Finalmente, 31 estudiantes completaron las evaluaciones iniciales y conformaron la muestra analizada para las variables antropométricas y del somatotipo.

Evaluaciones iniciales (Pretest)

Las evaluaciones iniciales se realizaron entre el 22 y el 26 de septiembre de 2025, antes del inicio del programa de entrenamiento. Durante esta etapa se obtuvieron las mediciones antropométricas, la determinación del somatotipo y las evaluaciones de las capacidades físicas, siguiendo los protocolos descritos previamente.

De manera paralela, se aplicó el primer Recordatorio de 24 horas para obtener la información nutricional basal de los participantes.

Todas las evaluaciones fueron realizadas bajo condiciones similares de horario, espacio físico, material e instrucciones, procurando disminuir posibles fuentes de variación entre las mediciones iniciales y finales.

Distribución de los participantes

Una vez concluidas las evaluaciones iniciales, los 31 participantes fueron distribuidos de acuerdo con las condiciones establecidas para la investigación.

El grupo sin intervención (n=9) participó únicamente en las evaluaciones antropométricas y del somatotipo realizadas antes y después del periodo de estudio, sin recibir entrenamiento de fuerza ni suplementación con proteína de suero de leche.

Los 22 participantes restantes integraron la muestra de intervención y fueron distribuidos en dos grupos de once participantes cada uno:

Grupo de entrenamiento de fuerza (n=11).

Grupo de entrenamiento de fuerza más suplementación con proteína de suero de leche (n=11).

Desarrollo de la intervención

La intervención tuvo una duración de diez semanas, comprendidas del 6 de octubre al 12 de diciembre de 2025. Se implementó un método de entrenamiento de fuerza basado en la sobrecarga progresiva, estructurado mediante la periodización de las cargas y fundamentado en el principio fisiológico de supercompensación. Este método contempló una fase inicial de adaptación, incrementos graduales de la intensidad y periodos de descarga programados, con el propósito de favorecer las adaptaciones neuromusculares y disminuir el riesgo de fatiga acumulada.

El programa se desarrolló mediante tres sesiones semanales, con una duración aproximada de 50 minutos cada una, distribuidas en una fase inicial de calentamiento, una fase principal de entrenamiento de fuerza y una fase final de

recuperación. Las cargas fueron individualizadas a partir de la estimación indirecta de una repetición máxima (1RM), obtenida mediante la prueba de seis repeticiones máximas (6RM) y la ecuación de Brzycki.

Durante la intervención se registraron la asistencia, el cumplimiento de las sesiones, las cargas utilizadas y la percepción subjetiva del esfuerzo, lo que permitió realizar ajustes progresivos de la intensidad de acuerdo con la evolución de cada participante. En el grupo con suplementación, la proteína de suero de leche fue administrada inmediatamente después de cada sesión de entrenamiento, bajo supervisión directa de la investigadora principal.

Seguimiento durante la intervención

Durante las diez semanas de intervención se realizó un seguimiento continuo de los participantes con la finalidad de favorecer la adherencia al protocolo y mantener la calidad de los procedimientos de investigación. La duración del programa se estableció considerando estudios previos que han documentado adaptaciones en la fuerza muscular y modificaciones en indicadores de composición corporal después de programas de entrenamiento de fuerza de ocho semanas (Dinan et al., 2022; Ribeiro et al., 2023; Yapici et al., 2023). Estos antecedentes proporcionaron sustento para establecer un periodo de intervención de diez semanas, durante el cual se evaluaron los cambios antropométricos y funcionales de los participantes.

El seguimiento incluyó el registro de asistencia a las sesiones de entrenamiento, la supervisión y el registro del consumo del suplemento de proteína de suero de leche en el grupo correspondiente, la aplicación de tres recordatorios de 24 horas durante el periodo de intervención y la supervisión de la correcta ejecución de los ejercicios. Asimismo, se documentaron posibles incidencias relacionadas con molestias musculares, lesiones o inasistencias. Cuando fue necesario, se realizaron los ajustes pertinentes para preservar la seguridad de los participantes y procurar el cumplimiento de las actividades establecidas en el protocolo de investigación.

.

Evaluaciones finales (postest)

Al concluir las diez semanas de intervención, entre el 8 y el 12 de diciembre de 2025, se realizaron nuevamente las evaluaciones antropométricas, la determinación del somatotipo y las pruebas de capacidades físicas, siguiendo los mismos procedimientos, instrumentos y condiciones utilizados durante el pretest.

El grupo sin intervención (N=9) fue reevaluado únicamente mediante antropometría y determinación del somatotipo, mientras que los grupos de intervención (n = 22) completaron nuevamente las evaluaciones físicas y nutricionales.

La aplicación de los mismos procedimientos en ambos momentos de evaluación permitió determinar los cambios producidos durante el periodo de estudio y analizar las modificaciones asociadas con el entrenamiento de fuerza y la suplementación con proteína de suero de leche sobre las variables de interés.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó de acuerdo con la naturaleza de las variables evaluadas y con el diseño metodológico del estudio. Inicialmente, se efectuó un análisis descriptivo para caracterizar a la población. Las variables cualitativas se resumieron mediante frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se expresaron mediante media y desviación estándar cuando presentaron una distribución aproximadamente normal, o mediante mediana y rango intercuartílico cuando mostraron una distribución no normal (Lang & Altman, 2015).

La distribución de las variables cuantitativas se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se consideró un valor de p inferior a 0.05 como evidencia estadística de desviación respecto a la distribución normal. Debido al tamaño reducido de los grupos, los resultados de esta prueba se interpretaron con cautela y considerando también las características de los datos (Roco-Videla et al., 2024). De acuerdo con la distribución observada y el tamaño de los grupos, se utilizaron medidas descriptivas basadas en la mediana y el rango intercuartílico, así como pruebas estadísticas no paramétricas.

Para la caracterización inicial se utilizaron los datos de los 36 estudiantes reclutados, describiendo las principales variables sociodemográficas, de salud y de actividad física obtenidas mediante los cuestionarios aplicados durante el proceso de selección. Para analizar la asociación entre variables categóricas se utilizó la prueba de chi-cuadrado de Pearson y, cuando las frecuencias esperadas no fueron suficientes para su aplicación, se empleó la prueba exacta de Fisher.

El análisis de las variables antropométricas y del somatotipo se realizó con los 31 participantes que completaron las evaluaciones correspondientes. Se consideraron tres grupos: el grupo sin intervención (n = 9), el grupo con entrenamiento de fuerza sin suplementación (n = 11) y el grupo con entrenamiento de fuerza y suplementación con proteína de suero de leche (n = 11).

Para evaluar los cambios entre las mediciones pretest y postest dentro de cada grupo se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, debido a que se trató de mediciones relacionadas obtenidas en los mismos participantes. Para las comparaciones entre dos grupos independientes se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Cuando se realizaron comparaciones entre los tres grupos independientes, se consideró la prueba de Kruskal-Wallis.

El análisis de las capacidades físicas se efectuó con los 22 participantes que completaron el programa de entrenamiento de fuerza, correspondientes al grupo con entrenamiento sin suplementación (n = 11) y al grupo con entrenamiento y suplementación con proteína de suero de leche (n = 11). Los cambios entre las mediciones pretest y postest dentro de cada grupo se analizaron mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Para las comparaciones entre ambos grupos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney, considerando las diferencias entre las mediciones iniciales y finales.

Para analizar la información dietética obtenida mediante los tres Recordatorios de 24 horas se consideró la estructura longitudinal de los datos, debido a que se realizaron mediciones repetidas en los mismos participantes durante el periodo de intervención. El análisis se efectuó mediante modelos de datos de panel, utilizando

los comandos correspondientes de Stata (xt), con el propósito de considerar la dependencia entre las observaciones de un mismo participante.

En todos los análisis se estableció un nivel de significancia estadística de p menor a 0.05. El procesamiento y análisis de la información se realizó mediante el programa estadístico Stata Statistical Software, versión 19 (StataCorp, 2025).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

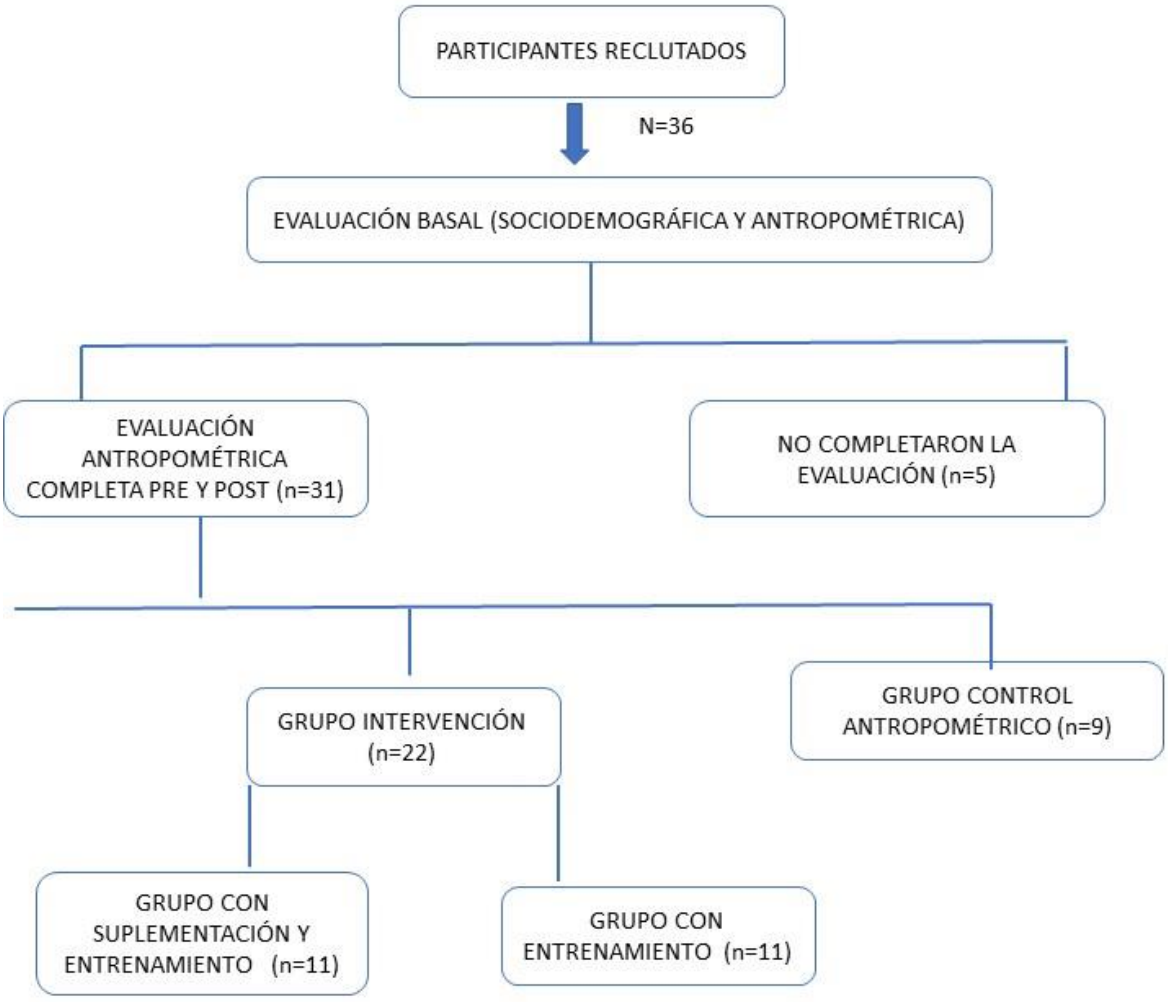
4.1 Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, de acuerdo con los objetivos planteados. En primer lugar, se describen las características sociodemográficas y basales de los participantes. Posteriormente, se presentan los resultados correspondientes a la ingesta de energía, proteínas y macronutrientes durante la intervención, así como el cumplimiento de una ingesta promedio de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día. A continuación, se muestran los cambios observados entre las evaluaciones preintervención y postintervención en los indicadores antropométricos, el somatotipo y las capacidades físicas. Finalmente, se comparan los cambios observados entre los grupos con y sin suplementación con proteína de suero de leche y se analiza la asociación entre el cumplimiento de una ingesta promedio de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día y los cambios en el somatotipo y las capacidades físicas.

Características de los participantes

Se invitaron inicialmente 36 estudiantes universitarios sedentarios (UNIVAC), quienes cumplieron con los criterios de inclusión establecidos (ver la tabla 2) y completaron la evaluación basal. Para el análisis de las variables antropométricas y del somatotipo se incluyeron 31 participantes que completaron las evaluaciones preintervención y postintervención. De ellos, 22 realizaron y concluyeron el programa de entrenamiento de fuerza de 10 semanas, distribuidos en dos grupos: entrenamiento con suplementación de proteína de suero de leche (n=11) y entrenamiento sin suplementación (n=11). Los nueve participantes restantes correspondieron al grupo sin intervención, considerado exclusivamente para el análisis de las variables antropométricas y del somatotipo, debido a que no participó en el programa de entrenamiento de fuerza ni en la evaluación de las capacidades físicas. La distribución de los participantes durante las diferentes etapas del estudio se presenta en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo de los participantes por etapa del estudio.



Características sociodemográficas

Las características sociodemográficas de los 36 participantes incluidos en la evaluación inicial se presentan en la tabla 4, de acuerdo con el grupo de estudio. Del total de participantes, 24 (66.7%) fueron mujeres y 12 (33.33%) hombres. Respecto a la licenciatura, 24 estudiantes (66.7%) pertenecían a Pedagogía y 12 (33.3%) a Ciencias de la Actividad Física y Práctica Deportiva. Asimismo, se describieron el lugar de residencia, el responsable económico principal y el nivel socioeconómico. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en las características sociodemográficas evaluadas ($p>0.05$).

Tabla 4 Características sociodemográficas de los participantes según grupo de estudio (n=36).

Variable	Entrenamiento **Sin proteína (n=11)**	Entrenamiento **Con proteína (n=11)**	**Sin intervención (n=9)**	**Solo cuestionario sociodemográfico (n=5)**	**Total (n=36)**	
	n (%)	**n (%)**	**n (%)**	**n (%)**	**n (%)**	***Valor p***
Sexo						
Mujer	8 (72.7)	7 (63.6)	7 (77.8)	2 (40.0)	24 (66.7)	**0.507**
Hombre	3 (27.3)	4 (36.4)	2 (22.2)	3 (60.0)	12 (33.3)	
Licenciatura						
Pedagogía	6 (54.5)	7 (63.6)	8 (88.9)	3 (60.0)	24 (66.7)	**0.412**
Ciencias de la Actividad Física y Práctica Deportiva	5 (45.5)	4 (36.4)	1 (11.1)	2 (40.0)	12 (33.3)	
Lugar donde vive actualmente						
Vive con padre, madre o ambos	5 (45.5)	8 (72.7)	3 (33.3)	2 (40.0)	18 (50.0)	**0.222**
Vive con familiares	5 (45.5)	1 (9.1)	3 (33.3)	1 (20.0)	10 (27.8)	
Vivienda propia	1 (9.1)	1 (9.1)	3 (33.3)	1 (20.0)	6 (16.7)	
Renta un cuarto	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (20.0)	1 (2.8)	
Renta una vivienda	0 (0.0)	1 (9.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (2.8)	
Responsable económico principal						
Madre	7 (63.6)	3 (27.3)	2 (22.2)	3 (60.0)	15 (41.7)	**0.403**
Ambos padres	2 (18.2)	3 (27.3)	3 (33.3)	2 (40.0)	10 (27.8)	
Padre	2 (18.2)	4 (36.4)	2 (22.2)	0 (0.0)	8 (22.2)	
Otro familiar	0 (0.0)	1 (9.1)	2 (22.2)	0 (0.0)	3 (8.3)	
Nivel socioeconómico						**0.222**
Malo	6 (54.5)	1 (9.1)	3 (33.3)	1 (20.0)	11 (30.6)	
Regular	4 (36.4)	9 (81.8)	4 (44.4)	4 (80.0)	21 (58.3)	
Bueno	1 (9.1)	1 (9.1)	2 (22.2)	0 (0.0)	4 (11.1)	

Nota. Los datos se presentan como frecuencia absoluta y porcentaje, n (%). Las características sociodemográficas se compararon entre los grupos mediante la prueba de chi-cuadrado de Pearson o la prueba exacta de Fisher, según correspondiera. Se consideró un nivel de significancia estadística de $p<0.05$.

Características antropométricas y somatotipo en la evaluación basal

Con el propósito de comparar las condiciones iniciales de los participantes, se analizaron las características antropométricas y los componentes del somatotipo de acuerdo con el grupo de estudio. En la evaluación basal se incluyeron 31 participantes: 11 en el grupo sin proteína, 11 en el grupo con proteína y 9 en el grupo sin intervención. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el peso corporal, la talla, el IMC ni en los componentes de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia (p≥0.05). Los resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Características antropométricas y componentes del somatotipo en la evaluación basal (n=31).

Variable	Sin proteína (n=11)	Con proteína (n=11)	Control (n=9)	*p*
Peso (kg)	54.1 (48.1–68.2)	64.0 (55.5–72.6)	58.6 (48.3–61.2)	0.441
Talla (m)	1.6 (1.51–1.7)	1.6 (1.57–1.7)	1.6 (1.56–1.62)	0.422
IMC (kg/m²)	22.4 (19.80–23.1)	23.7 (20.49–26.5)	22.4 (20.1–23.3)	0.782
Endomorfia	4.7 (4.01–5.0)	4.1 (3.66–5.5)	4.9 (4.15–5.37)	0.796
Mesomorfia	3.0 (2.56–3.6)	3.5 (2.18–4.3)	2.9 (2.04–4.38)	0.906
Ectomorfia	2.5 (1.10–2.6)	1.7 (0.56–2.4)	1.5 (1.29–3.01)	0.859

Nota. Los datos se presentan con la mediana y rango intercuartílico (P25–P75). Las diferencias entre los tres grupos se evaluaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p<0.05$ para rechazar la hipótesis nula de que los rangos promedio poblacionales son equivalentes. IMC: índice de masa corporal.

Consumo energético y de macronutrientes durante la intervención

La ingesta de energía y macronutrientes se estimó a partir de los recordatorios de 24 horas obtenidos durante las diez semanas de intervención. Se analizaron 572 registros correspondientes a los 22 participantes que completaron el programa de entrenamiento de fuerza; 286 registros correspondieron al grupo sin suplementación (n=11) y 286 al grupo con suplementación con proteína de suero de leche (n=11).

Durante el periodo de intervención, la ingesta promedio de energía fue de 1847.85 (373.2) kcal/día. El consumo promedio de hidratos de carbono fue de 222.1 (44.63) g/día, el de proteína de 105.19 ± 20.29 g/día y el de lípidos de 56.78 ± 12.15 g/día.

Los estadísticos descriptivos del consumo energético y de macronutrientes según el grupo de estudio se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Consumo promedio diario de energía y macronutrientes durante la intervención, según grupo de estudio.

Variable	Entrenamiento Sin proteína (N=286; n=11)	Entrenamiento Con proteína (N=286; n=11)	Total (N=572; n=22)
Energía (kcal/día)	1890.6 ± 301.6	1805.0 ± 444.3	1847.8 ± 373.1
Hidratos de carbono (g/día)	242.0 ± 37.5	202.0 ± 43.4	222.0 ± 44.6
Proteína (g/día)	96.1 ± 13.9	114.2 ± 22.1	105.1 ± 20.2
Lípidos (g/día)	59.7 ± 14.1	53.8 ± 9.4	56.7 ± 12.1

Nota. Los datos se presentan como media ± desviación estándar entre sujetos. N: número de registros dietéticos; n: = número de participantes.

Efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre el consumo de proteína durante la intervención

Para evaluar el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre el consumo de macronutrientes durante la intervención, se utilizaron modelos de regresión para datos de panel con errores estándar corregidos para panel (PCSE), considerando las mediciones repetidas de los 22 participantes. Los modelos correspondientes al consumo de lípidos, proteína e hidratos de carbono se ajustaron por consumo energético e incluyeron el grupo de intervención, el sexo y el término de interacción entre la intervención y el sexo. En total, se analizaron 572 observaciones. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Estimaciones del efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre el consumo de macronutrientes durante la intervención

Variable	Lípidos (g/día) β	EE	Proteína (g/día) β	EE	Hidratos de carbono (g/día) β	EE
Intervención	−15.4***	4.351	−0.8	7.668	−9.2	16.568
Energía (kcal/día)	0.02***	0.002	0.02***	0.003	0.06***	0.006
Sexo	−6.6***	1.440	1.2	2.413	19.6***	7.063

Variable	Lípidos (g/día) β	EE	Proteína (g/día) β	EE	Hidratos de carbono (g/día) β	EE
Intervención × sexo	8.4**	3.353	15.2**	6.081	−20.1	13.948
Constante	29.7***	3.761	52.5***	5.480	122.9***	12.479
R^2	0.385	—	0.424	—	0.441	—
N (observaciones)	572	—	572	—	572	—
n (participantes)	22	—	22	—	22	—
Efecto de la intervención cuando sexo = 1	−6.9***	1.539	14.3***	2.504	−29.3***	5.558

Nota. **β**: coeficiente de regresión; EE: error estándar; N: número total de observaciones; n: número de participantes. Los modelos se estimaron mediante regresión con errores estándar corregidos para datos panel (PCSE por sus siglas en inglés). Los modelos de lípidos, proteína e hidratos de carbono se ajustaron por consumo energético, así como grupo de intervención, sexo y el término de interacción entre intervención y sexo. El efecto de la intervención cuando sexo = 1 corresponde a la estimación obtenida mediante la combinación lineal del coeficiente de intervención y el término de interacción intervención × sexo. Valores de significancia p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

Cumplimiento de la recomendación de una ingesta ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día

A partir del consumo promedio de proteína relativo al peso corporal (g/kg/día), se evaluó el cumplimiento de una ingesta ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día en los 22 participantes que completaron la intervención. Para ello, se calculó el consumo promedio individual de proteína relativo al peso corporal y los participantes se clasificaron de acuerdo con los puntos de corte <2 g/kg/día y ≥2 g/kg/día. Asimismo, se comparó la proporción de participantes que alcanzó una ingesta ≥2 g/kg/día entre los grupos con y sin suplementación con proteína de suero de leche. Los resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Cumplimiento de la recomendación de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día según grupo de estudio.

Variable	Sin proteína (n = 11)	Con proteína (n = 11)	Total (n = 22)	p
Ingesta de proteína (g/kg/día), media ± DE	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.3	1.7 ± 0.4	0.412
Participantes con <2 g/kg/día, n (%)	7 (63.6)	4 (36.4)	11 (50.0)	—
Participantes con ≥2 g/kg/día, n (%)	4 (36.4)	7 (63.6)	11 (50.0)	0.395

Nota. Los datos se presentan como media ± desviación estándar (DE) o como frecuencia y porcentaje, según corresponda. Para la ingesta promedio de proteína relativa al peso corporal, la DE representa la variabilidad entre participantes. El valor de p para la comparación de la ingesta de proteína (g/kg/día) entre los grupos se obtuvo mediante la prueba U de Mann–Whitney. La comparación de la proporción de participantes con una ingesta ≥2 g/kg/día entre los grupos se realizó mediante la prueba exacta de Fisher. Se consideró significancia estadística cuando $p < 0.05$.

Cambios en los indicadores antropométricos

Los cambios en los indicadores antropométricos se evaluaron mediante la comparación de las mediciones obtenidas antes y después de la intervención en los participantes que completaron las evaluaciones correspondientes. Se analizaron el peso corporal, el índice de masa corporal (IMC), los pliegues cutáneos, los perímetros y los diámetros óseos. Los resultados se presentan en las tablas 9, 10 y 11.

Tabla 9. Diferencias en el peso corporal e índice de masa corporal antes y después de la intervención (n=31).

Variable	Pretest	Postest	*Valor p*
Peso (kg)	59.9 ± 11.8	60.1 ± 11.1	0.682
IMC (kg/m²)	22.8 ± 3.7	22.8 ± 3.3	0.697

Nota. Los valores se presentan como media ± DE. Las diferencias entre las mediciones pretest y postest se evaluaron mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Se consideró significancia estadística un valor $p<0.05$.

Cambios en los pliegues cutáneos entre las evaluaciones basal y final

Los cambios en los pliegues cutáneos se evaluaron entre las mediciones basal y final, tanto en el total de participantes evaluados (n=31) como en los participantes que completaron la intervención (n = 22). Los resultados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Cambios en los pliegues cutáneos entre las evaluaciones basal y final en el total de participantes y en los participantes que completaron la intervención

Variable	Total (n=31) Basal, mediana (RIC)	Total (n=31) Final, mediana (RIC)	*Valor p*	Intervención (n = 22) Basal, mediana (RIC)	Intervención (n = 22) Final, mediana (RIC)	*Valor p*
Tríceps (mm)	17.0 (13.0–19.5)	15.0 (12.0–19.0)	0.320	17.0 (12.0–19.5)	15.0 (11.0–19.0)	0.397
Bíceps (mm)	9.0 (6.5–10.5)	6.0 (4.5–8.0)	**0.011**	9.0 (6.5–10.5)	6.5 (4.5–8.0)	**0.025**
Subescapular (mm)	14.0 (12.0–18.5)	13.0 (11.0–18.0)	0.345	13.75 (12.0–18.5)	13.0 (11.0–17.0)	0.548
Cresta ilíaca (mm)	20.0 (15.0–24.5)	14.0 (10.5–17.0)	**<0.001**	20.0 (11.5–25.0)	14.0 (11.0–17.0)	**0.008**
Supraespinal (mm)	14.5 (11.0–19.0)	17.0 (13.0–21.5)	0.409	14.75 (12.0–19.0)	17.0 (12.0–21.5)	0.588
Abdominal (mm)	22.5 (19.0–27.0)	21.5 (18.0–24.0)	0.212	24.5 (20.0–28.0)	20.75 (18.0–24.0)	0.107
Muslo anterior (mm)	21.0 (16.0–26.0)	20.0 (16.0–24.0)	0.438	21.0 (16.0–27.0)	20.5 (16.0–24.0)	0.525
Pantorrilla medial (mm)	12.5 (10.5–17.5)	12.0 (9.0–16.0)	0.294	12.25 (11.0–17.0)	11.75 (9.5–16.0)	0.359

NOTA: Datos expresados como mediana (RIC). Se consideró significancia estadística cuando $p < 0.05$.

Cambios en los perímetros corporales y diámetros óseos

Los cambios en los perímetros corporales y diámetros óseos se evaluaron entre las mediciones basal y final, tanto en el total de participantes evaluados (n = 31) como en los participantes que completaron la intervención (n = 22). Los resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Diferencias en los perímetros corporales y diámetros óseos antes y después de la intervención.

Variable	Total (n = 31) Basal, media ± DE	Total (n = 31) Final, media ± DE	*Valor p*	Intervención (n = 22) Basal, media ± DE	Intervención (n = 22) Final, media ± DE	*Valor p*
Brazo relajado (cm)	27.9 ± 3.4	28.0 ± 3.1	0.916	28.0 ± 3.5	28.0 ± 3.1	0.879
Brazo contraído (cm)	28.1 ± 3.6	28.2 ± 3.5	0.894	28.2 ± 3.8	28.4 ± 3.6	0.869
Cintura (cm)	79.2 ± 9.5	79.2 ± 8.4	0.944	79.8 ± 10.3	79.6 ± 9.1	0.925
Cadera (cm)	95.3 ± 6.4	92.9 ± 16.9	0.983	95.7 ± 6.1	95.7 ± 6.1	0.981
Muslo medio (cm)	50.6 ± 5.2	51.1 ± 4.3	0.642	50.8 ± 5.4	51.6 ± 4.5	0.511
Pantorrilla (cm)	33.5 ± 3.1	33.8 ± 2.7	0.559	33.9 ± 3.2	34.2 ± 2.8	0.787
Húmero (cm)	5.0 ± 0.3	5.3 ± 1.0	0.682	5.1 ± 0.3	5.3 ± 1.1	0.689
Fémur (cm)	8.9 ± 0.6	8.9 ± 0.6	0.849	9.0 ± 0.7	9.1 ± 0.6	0.707

Nota: Datos expresados como media ± desviación estándar (DE). Se consideró significancia estadística cuando Valor $p < 0.05$.

Cambios en el somatotipo

Los cambios en los componentes del somatotipo se evaluaron mediante la comparación de las mediciones basal y final. Se analizaron la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia tanto en el total de participantes con evaluaciones antropométricas completas (n=31) como en los participantes que formaron parte de la intervención (n=22). Los resultados se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Cambios en los componentes del somatotipo antes y después de la intervención.

Variable	Basal, media ± DE	Final, media ± DE	*Valor p*
Total, de evaluados (n = 31)			
Endomorfia	5.0 ± 1.4	4.8 ± 1.3	0.332
Mesomorfia	3.1 ± 1.3	3.3 ± 1.1	**0.012**
Ectomorfia	2.0 ± 1.4	1.9 ± 1.2	0.260
Participantes de la intervención (n = 22)			
Endomorfia	4.9 ± 1.3	4.8 ± 1.2	0.622
Mesomorfia	3.2 ± 1.3	3.4 ± 1.0	0.072
Ectomorfia	2.0 ± 1.4	1.9 ± 1.2	0.168

Datos expresados en media ± DE. Valores de *p* obtenidos mediante prueba *t* para muestras relacionadas.

Cambios en las capacidades físicas después de la intervención

Las capacidades físicas se evaluaron antes y después de la intervención en los 22 participantes que completaron el programa de entrenamiento de fuerza. Se analizaron la fuerza máxima dinámica mediante las pruebas de 6RM, la fuerza prensil, la velocidad, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria. Los resultados se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Cambios en las capacidades físicas antes y después de las diez semanas de intervención.

Variable	Pretest (n = 22), media ± DE	Postest (n = 22), media ± DE	Valor *p*
Sentadilla 6RM (kg)	38.1 ± 19.4	49.3 ± 21.2	**0.001**
Press de banca 6RM (kg)	27.7 ± 16.3	32.8 ± 17.8	**<0.001**
Peso muerto 6RM (kg)	43.5 ± 21.9	54.3 ± 25.7	**<0.001**
Press militar 6RM (kg)	10.3 ± 5.3	12.4 ± 4.8	**<0.001**
Fuerza prensil derecha (kg)	31.7 ± 9.8	32.8 ± 9.7	**<0.001**
Fuerza prensil izquierda (kg)	29.3 ± 9.6	30.4 ± 10.0	**<0.001**
Velocidad en 30 m (s)	6.3 ± 0.6	6.2 ± 0.6	0.236

Variable	Pretest (n = 22), media ± DE	Postest (n = 22), media ± DE	Valor *p*
Flexibilidad Sit and Reach (cm)	3.9 ± 5.1	6.8 ± 4.9	**<0.001**
VO_2máx (ml/kg/min)	32.7 ± 4.1	35.0 ± 6.7	**0.002**

Nota: Datos expresados como media ± DE. Se utilizó la prueba *t* para muestras relacionadas para velocidad de 30 m y la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para las demás variables. Se consideró $p < 0.05$.

Comparación de los cambios en las capacidades físicas entre los grupos con y sin suplementación con proteína de suero de leche

Para comparar el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre las capacidades físicas, se analizaron los cambios observados entre el pretest y el postest en los grupos con y sin suplementación. La comparación incluyó las variables de fuerza máxima dinámica, fuerza prensil, velocidad, flexibilidad y capacidad cardiorrespiratoria. Los resultados se presentan en la Tabla 14**.**

Tabla 14. Comparación de los cambios en las capacidades físicas entre los grupos con y sin suplementación con proteína de suero de leche después de la intervención.

Variable	Sin proteína (n = 11) Δ media ± DE	Con proteína (n = 11) Δ media ± DE	*p*
Sentadilla 6RM (kg)	5.4 ± 10.3	16.82 ± 14.19	**0.0375**
Press de banca 6RM (kg)	3.6 ± 4.1	6.68 ± 7.03	0.3220
Peso muerto 6RM (kg)	9.8 ± 12.8	11.18 ± 9.75	0.4377
Press militar 6RM (kg)	1.1 ± 1.5	2.95 ± 2.16	**0.0312**
Fuerza prensil derecha (kg)	0.95 ± 1.88	1.20 ± 1.20	0.3926
Fuerza prensil izquierda (kg)	1.14 ± 1.99	1.15 ± 1.74	0.8174
Velocidad en 30 m (s)	−0.07 ± 0.27	−0.13 ± 0.50	0.7130
Flexibilidad (*Sit and Reach*) (cm)	1.07 ± 1.37	4.72 ± 3.82	**0.0114**
VO_2máx ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	2.73 ± 4.13	1.91 ± 3.36	0.8928

Nota: postest − pretest; DE = desviación estándar. *p* obtenida mediante U de Mann–Whitney.

Asociación entre el cumplimiento de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día y los cambios observados

Para evaluar la asociación entre el cumplimiento de una ingesta promedio de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día y los cambios observados durante la intervención, los 22 participantes se clasificaron de acuerdo con su ingesta promedio de proteína durante el periodo de seguimiento. De ellos, 17 no alcanzaron una ingesta promedio de ≥2 g/kg/día y 5 sí cumplieron con este criterio. Posteriormente, se compararon entre ambos grupos los cambios observados entre el pretest y el postest en los componentes del somatotipo y las capacidades físicas. Los resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Cambios en el somatotipo y las capacidades físicas según el cumplimiento de una ingesta promedio de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día.

Variable, cambio post–pre	**No cumplió (n = 17), mediana (RIQ)**	**Sí cumplió (n = 5), mediana (RIQ)**	***Valor p***
Endomorfia	−0.2 (−0.3 a 0.5)	−0.1 (−0.7 a 0.5)	0.875
Mesomorfia	0.1 (−0.2 a 0.3)	0.5 (0.3 a 0.5)	**0.024**
Ectomorfia	0.0 (−0.1 a 0.2)	−0.2 (−0.3 a −0.1)	0.094
Sentadilla 6RM (kg)	0 (0 a 20)	10 (0 a 10)	0.899
Press de banca 6RM (kg)	5 (0 a 10)	5.5 (0 a 8)	0.902
Press militar 6RM (kg)	1.5 (0 a 3.3)	3.5 (1 a 3.8)	0.377
Peso muerto 6RM (kg)	10 (0 a 20)	10 (5 a 12.5)	0.657
Fuerza prensil derecha (kg)	0.1 (0.1 a 1.0)	1.5 (0.6 a 1.6)	0.346
Fuerza prensil izquierda (kg)	0.2 (0.1 a 1.5)	0.5 (0.1 a 1.3)	0.782
Velocidad en 30 m (s)	−0.1 (−0.3 a 0.1)	−0.2 (−0.3 a −0.2)	0.347
Flexibilidad, *Sit and Reach* (cm)	1.4 (0.3 a 4.2)	1.0 (0.2 a 1.5)	0.388
VO_2máx ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	0.0 (0.0 a 6.0)	0.0 (0.0 a 3.0)	0.840

Nota. Los datos se presentan como mediana y rango intercuartílico (RIQ) de la diferencia postest − pretest. Las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante la prueba U de Mann–Whitney. Se

consideró significancia estadística cuando $p<0.05$. RIQ: rango intercuartílico; 6RM: seis repeticiones máximas; VO_2máx: consumo máximo de oxígeno.

4.2 DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó los cambios antropométricos, del somatotipo y de las capacidades físicas después de un programa estructurado de entrenamiento de fuerza de diez semanas en estudiantes universitarios, así como el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche y del cumplimiento de una ingesta promedio de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día. En términos generales, los resultados mostraron que las adaptaciones no ocurrieron de manera uniforme en todas las variables evaluadas. Mientras que el peso corporal y el índice de masa corporal (IMC) permanecieron sin cambios significativos, se identificaron modificaciones en algunos pliegues cutáneos y en la mesomorfia. En las capacidades físicas se observaron mejoras principalmente en la fuerza máxima dinámica, la fuerza prensil, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria, mientras que la velocidad de 30 m no presentó un cambio significativo. Asimismo, la suplementación con proteína de suero de leche se relacionó con diferencias en algunas respuestas al entrenamiento. Estos resultados muestran que las adaptaciones observadas deben interpretarse a partir de la interacción entre el estímulo del entrenamiento, las características iniciales de los participantes y su ingesta nutricional.

Efecto del programa de entrenamiento de fuerza sobre los indicadores antropométricos

El peso corporal y el índice de masa corporal (IMC) no presentaron cambios estadísticamente significativos después de la intervención. Sin embargo, la estabilidad de estos indicadores no necesariamente implica ausencia de modificaciones en la composición corporal, debido a que el IMC no permite diferenciar entre masa grasa y masa libre de grasa. Por ello, su interpretación debe complementarse con indicadores antropométricos y de composición corporal más específicos. En este sentido, Wewege et al. (2022) señalan que el entrenamiento

de fuerza puede producir reducciones en la masa grasa y el porcentaje de grasa corporal en adultos sanos, sin que estos cambios deban interpretarse exclusivamente a partir del peso corporal.

Esta interpretación adquiere mayor relevancia al analizar los pliegues cutáneos. A pesar de que el peso corporal permaneció estable, se observaron disminuciones estadísticamente significativas en los pliegues del bíceps y de la cresta ilíaca, tanto en el total de participantes evaluados como en quienes completaron la intervención. En cambio, los pliegues del tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pantorrilla medial no presentaron cambios significativos. Por lo tanto, los resultados no muestran una reducción uniforme de todos los pliegues, sino modificaciones específicas en determinadas regiones corporales.

Los hallazgos de Wewege et al. (2022) muestran que el entrenamiento de fuerza puede favorecer la reducción de la masa grasa y del porcentaje de grasa corporal. De manera similar, Lopez et al. (2022) documentaron efectos favorables sobre distintos indicadores de composición corporal en personas con sobrepeso u obesidad. Los resultados del presente estudio coinciden parcialmente con estos antecedentes, debido a que se identificaron disminuciones en dos pliegues cutáneos; sin embargo, no se estimó el porcentaje de grasa corporal, por lo que no es posible establecer una correspondencia directa con las reducciones de adiposidad reportadas en dichos metaanálisis. Además, deben considerarse las diferencias en las características de las poblaciones, la duración de las intervenciones y los métodos utilizados para evaluar la composición corporal.

Por otra parte, los perímetros antropométricos evaluados no presentaron cambios estadísticamente significativos después de la intervención. Este resultado contrasta parcialmente con investigaciones que han documentado adaptaciones musculares después de periodos relativamente cortos de entrenamiento de fuerza. Mao et al. (2023) observaron incrementos en la masa libre de grasa y el grosor muscular después de ocho semanas de entrenamiento en hombres jóvenes sin experiencia previa. Por su parte, Binet et al. (2023) identificaron adaptaciones celulares del

músculo esquelético después de diez semanas de entrenamiento de fuerza progresivo en adultos de mediana edad.

No obstante, esta diferencia debe interpretarse considerando que los perímetros antropométricos utilizados en el presente estudio no constituyen una medición directa de la hipertrofia o de la masa muscular. Asimismo, Roberts et al. (2023) explican que las adaptaciones estructurales del músculo esquelético involucran mecanismos relacionados con la sobrecarga mecánica y la remodelación del tejido muscular. Por ello, la ausencia de cambios estadísticamente significativos en los perímetros no permite descartar la presencia de adaptaciones musculares, sino que indica que estas no se manifestaron mediante modificaciones detectables en las medidas antropométricas empleadas durante las diez semanas de intervención.

En conjunto, los resultados antropométricos muestran una respuesta heterogénea. Mientras que el peso corporal, el IMC, los perímetros y los diámetros permanecieron relativamente estables, determinados pliegues cutáneos presentaron modificaciones estadísticamente significativas. Estos hallazgos respaldan la importancia de complementar indicadores generales, como el peso corporal y el IMC, con mediciones antropométricas específicas para obtener una caracterización más amplia de los cambios morfológicos asociados con el entrenamiento de fuerza. En este sentido, Serafini et al. (2025) destacan la utilidad de las mediciones antropométricas para estimar la composición corporal mediante ecuaciones desarrolladas y validadas con modelos multicompartimentales.

Cambios en los componentes del somatotipo

El análisis del somatotipo permitió valorar si las modificaciones antropométricas se acompañaron de cambios en la configuración morfológica de los participantes. En el análisis global de los 31 estudiantes evaluados, se identificó un incremento estadísticamente significativo de la mesomorfia, mientras que la endomorfia y la ectomorfia no presentaron cambios significativos. Sin embargo, al considerar únicamente a los 22 participantes que realizaron el programa de entrenamiento de fuerza, el cambio en la mesomorfia no alcanzó significancia estadística. Esta

diferencia entre los análisis podría relacionarse con la inclusión de los nueve participantes del grupo control y con las diferencias en el tamaño de la muestra. Por lo tanto, el incremento observado en el análisis global debe interpretarse con cautela, ya que no puede atribuirse exclusivamente al programa de entrenamiento de fuerza.

La dirección del cambio observado resulta compatible con las características del componente mesomórfico. González Macías y Flores (2024) describen la mesomorfia como uno de los componentes del somatotipo relacionado con el desarrollo músculo-esquelético. Su estimación mediante el método de Heath-Carter considera variables antropométricas como los diámetros óseos, los perímetros corregidos y la estatura. En el presente estudio, la estatura se evaluó en ambos momentos y no presentó modificaciones; por lo tanto, las variaciones en la mesomorfia podrían estar relacionadas con cambios en las demás mediciones antropométricas que intervienen en su cálculo.

No obstante, este resultado debe interpretarse con cautela. La evidencia científica señala que el entrenamiento de fuerza puede favorecer adaptaciones musculares, entre ellas el incremento de la masa muscular y la hipertrofia (Roberts et al., 2023; Currier et al., 2023). Sin embargo, la mesomorfia no constituye una medición directa de la masa muscular ni permite confirmar por sí sola la presencia de hipertrofia. Por consiguiente, su variación no debe interpretarse como evidencia directa de crecimiento muscular.

Por otra parte, Terzi y Kalkavan (2024) identificaron asociaciones entre la mesomorfia y determinadas manifestaciones del rendimiento físico, particularmente la fuerza. En el presente estudio, las variaciones observadas en este componente antropométrico coincidieron con mejoras en las pruebas de fuerza de los participantes que realizaron la intervención. Esta correspondencia resulta compatible con la relación descrita en la literatura; sin embargo, no demuestra que los cambios en la mesomorfia hayan provocado directamente las mejoras en la fuerza, ni permite establecer por sí sola una relación causal entre ambas variables.

Cambios en las capacidades físicas después del programa de entrenamiento

Las adaptaciones más consistentes del presente estudio se observaron en las capacidades físicas. Después de diez semanas de intervención se registraron incrementos estadísticamente significativos en las pruebas de fuerza dinámica de 6RM correspondientes a sentadilla, press de banca, peso muerto y press militar. Estos resultados coinciden con Currier et al. (2023), quienes, mediante una revisión sistemática y metaanálisis en red, encontraron que diferentes prescripciones de entrenamiento de fuerza favorecen el incremento de esta capacidad y que las cargas elevadas tienden a producir mayores ganancias de fuerza máxima.

Los resultados también son compatibles con investigaciones realizadas en adultos jóvenes. Mao et al. (2023) estudiaron los efectos de diferentes estructuras de series durante el entrenamiento de fuerza en hombres jóvenes no entrenados, mientras que Yapici et al. (2023) documentaron mejoras en la fuerza máxima después de ocho semanas de entrenamiento de resistencia en hombres universitarios no entrenados. Estos antecedentes permiten contextualizar los cambios encontrados en el presente estudio y respaldan que un periodo de diez semanas puede ser suficiente para observar adaptaciones en la fuerza muscular.

Sin embargo, el incremento de la fuerza no debe atribuirse exclusivamente a un aumento de la masa muscular. Del Vecchio et al. (2024) explican que las primeras etapas del entrenamiento de fuerza pueden acompañarse de adaptaciones neuromusculares relacionadas con modificaciones en la actividad de las unidades motoras. Esta explicación resulta relevante en la presente investigación, debido a la limitada experiencia previa de los participantes con el entrenamiento de fuerza. Por lo tanto, las mejoras observadas en las pruebas de 6RM pudieron relacionarse con la combinación de adaptaciones neurales, aprendizaje de los movimientos y modificaciones musculares progresivas.

Además, debe considerarse el principio de especificidad del entrenamiento. Los ejercicios utilizados para evaluar la fuerza también formaron parte del programa de intervención. Currier et al. (2023) reconocen que la similitud entre los movimientos

entrenados y evaluados constituye un aspecto importante al interpretar las ganancias de fuerza. Por consiguiente, parte del incremento observado en las pruebas de 6RM podría relacionarse con una mayor familiarización y eficiencia en la ejecución de los ejercicios practicados.

La fuerza prensil derecha e izquierda también presentó incrementos estadísticamente significativos. Este resultado es relevante porque la dinamometría de prensión evalúa una manifestación de fuerza diferente respecto a las pruebas dinámicas de 6RM. Por ello, la mejoría observada en ambas evaluaciones sugiere que los cambios en el rendimiento no estuvieron limitados exclusivamente a los ejercicios utilizados durante el programa, aunque no permite establecer por sí sola una transferencia generalizada de la fuerza hacia otros grupos musculares.

En cuanto a la flexibilidad, el desempeño en la prueba Sit and Reach mejoró significativamente después de la intervención. Este resultado coincide con Alizadeh et al. (2023), quienes encontraron que el entrenamiento de fuerza puede favorecer mejoras en el rango de movimiento articular. Por lo tanto, los hallazgos del presente estudio contradicen la idea de que el entrenamiento de fuerza necesariamente disminuye la flexibilidad y respaldan la posibilidad de que ambas capacidades puedan desarrollarse simultáneamente.

No obstante, el resultado debe limitarse específicamente al desempeño en Sit and Reach. Castro-Piñero et al. (2021) analizaron la validez de diferentes pruebas de campo utilizadas para evaluar la condición física en adultos, lo que permite reconocer la importancia de considerar las características y limitaciones de cada instrumento. Por ello, la mejoría observada no debe interpretarse como un incremento general de la flexibilidad de todo el cuerpo, sino como una mejora en el desempeño de la prueba utilizada.

La capacidad cardiorrespiratoria estimada mediante el VO_2máx también presentó un incremento estadísticamente significativo. Este resultado resulta interesante debido a que el programa estuvo dirigido principalmente al desarrollo de la fuerza muscular. Sin embargo, es importante considerar que el entrenamiento de fuerza y

el entrenamiento aeróbico producen adaptaciones fisiológicas diferentes, por lo que la mejoría observada no debe interpretarse como equivalente a los efectos de un programa específicamente orientado al desarrollo de la capacidad cardiorrespiratoria.

Asimismo, el VO_2máx fue estimado mediante el Course Navette y no mediante un análisis directo de gases. Por lo tanto, el resultado debe interpretarse como una mejora en la capacidad cardiorrespiratoria estimada mediante la prueba de campo empleada, sin considerarse una medición directa del consumo máximo de oxígeno.

En contraste con las demás capacidades físicas, la velocidad en 30 m no presentó una diferencia estadísticamente significativa. Este resultado permite analizar la transferencia de las ganancias de fuerza hacia otras manifestaciones del rendimiento físico. Aunque los participantes incrementaron su fuerza muscular, esta adaptación no se tradujo automáticamente en una mejora significativa del rendimiento en el sprint.

Myrvang y van den Tillaar (2024) analizaron los efectos del entrenamiento de sprint resistido y asistido sobre la aceleración, la velocidad máxima y la biomecánica de carrera. Por su parte, van Hooren et al. (2024) describieron la importancia de considerar las características específicas del entrenamiento de fuerza cuando se busca mejorar el rendimiento en disciplinas que requieren velocidad. En este contexto, los resultados del presente estudio podrían explicarse por la ausencia de un componente específico de entrenamiento de velocidad dentro del programa. Por ello, el incremento de la fuerza máxima pudo no ser suficiente para generar una mejora estadísticamente detectable en el tiempo de 30 m.

Ingesta dietética durante la intervención

El seguimiento dietético permitió contextualizar las respuestas antropométricas y funcionales observadas durante las diez semanas de intervención. La aplicación de tres recordatorios de 24 horas permitió obtener información sobre la ingesta de los participantes en diferentes momentos, lo que resulta relevante debido a que un solo recordatorio representa únicamente el consumo de un día y puede no reflejar la

variabilidad habitual de la alimentación. Bailey (2021) señala que los métodos de evaluación dietética, incluidos los recordatorios de 24 horas, presentan limitaciones relacionadas con la variabilidad del consumo y los errores propios del autorreporte. Por ello, la repetición de este instrumento permite disponer de observaciones adicionales para contextualizar la ingesta de los participantes, aunque no garantiza por sí sola una estimación precisa de su consumo habitual.

La interpretación de la ingesta energética también resulta importante al analizar las respuestas al entrenamiento. Murphy y Koehler (2022), mediante un metaanálisis, encontraron que la deficiencia energética puede limitar las ganancias de masa libre de grasa durante el entrenamiento de fuerza, mientras que las ganancias de fuerza pueden mantenerse. Estos hallazgos permiten contextualizar el patrón observado en el presente estudio, en el que las mejoras funcionales fueron más consistentes, particularmente en las pruebas de fuerza, mientras que los cambios en los indicadores antropométricos relacionados con las dimensiones musculares fueron menos evidentes.

Sin embargo, debido a que en el presente estudio no se determinó directamente el balance energético individual de cada participante, no es posible afirmar que la ausencia de cambios en los perímetros o en el peso corporal haya sido consecuencia de una deficiencia energética. Los datos obtenidos mediante los recordatorios de 24 horas permiten describir y contextualizar la ingesta dietética, pero no establecer una relación causal entre el consumo energético y las adaptaciones antropométricas y funcionales observadas.

Efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre la ingesta de proteína

Uno de los propósitos centrales de la intervención fue evaluar el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre la ingesta proteica. La literatura reconoce que la calidad de una proteína depende de su capacidad para aportar aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas. En este sentido, el suero de leche constituye una fuente de proteína de alta calidad, caracterizada por su

aporte de aminoácidos esenciales y leucina, elementos importantes para el metabolismo y la síntesis de proteínas musculares (Moughan et al., 2024; Wolfe et al., 2024).

Sin embargo, disponer de una fuente proteica de alta calidad no significa necesariamente que todos los participantes alcancen una determinada ingesta diaria. Nunes et al. (2022), mediante una revisión sistemática y metaanálisis, encontraron que el consumo adicional de proteína puede favorecer incrementos modestos de masa libre de grasa cuando se combina con entrenamiento de resistencia. No obstante, la cantidad total de proteína consumida debe considerarse dentro del contexto de la alimentación habitual, ya que la suplementación representa una fuente adicional de este nutrimento y no sustituye la importancia de una alimentación adecuada.

Los modelos de datos de panel del presente estudio mostraron que la asociación entre la intervención y el consumo de proteína no fue uniforme, debido a que se identificó una interacción estadísticamente significativa entre la intervención y el sexo. Este hallazgo indica que la diferencia asociada con la intervención en la ingesta proteica varió según el sexo de los participantes, por lo que el efecto no debe resumirse únicamente mediante una comparación global entre los grupos.

Este resultado es importante porque permite reconocer que la respuesta de la ingesta proteica puede presentar diferencias entre subgrupos de participantes. Aunque la suplementación con proteína de suero de leche se incorporó como una estrategia para complementar el consumo diario de proteína, la ingesta total continuó dependiendo de los alimentos consumidos durante el resto del día. En consecuencia, el suplemento debe interpretarse como un recurso complementario para contribuir al cumplimiento de los objetivos de ingesta proteica y no como una garantía de que todos los participantes alcanzaron una determinada cantidad diaria de proteína.

Cumplimiento de una ingesta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día

La meta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día establecido en la presente investigación debe interpretarse dentro del contexto específico del protocolo y no como un requerimiento universal para obtener adaptaciones al entrenamiento de fuerza. Esta distinción es importante para evitar considerar que los participantes que no alcanzaron dicho punto de corte presentaron necesariamente una ingesta insuficiente o que, por esta razón, no podían desarrollar mejoras funcionales.

La evidencia científica permite cuestionar la existencia de un umbral rígido de 2 g/kg/día. Nunes et al. (2022), mediante una revisión sistemática y metaanálisis, identificaron beneficios adicionales en la masa libre de grasa en adultos menores de 65 años que realizaron entrenamiento de resistencia y consumieron cantidades de proteína iguales o superiores a 1.6 g/kg/día. Por su parte, Tagawa et al. (2022) encontraron una asociación dosis-respuesta positiva entre la ingesta total de proteína y las ganancias de fuerza durante el entrenamiento de resistencia hasta aproximadamente 1.5 g/kg/día, sin identificar ganancias adicionales claras por encima de esta cantidad.

Por lo tanto, los resultados del presente estudio deben interpretarse considerando estos antecedentes. Aunque se estableció una meta nutricional de ≥2 g/kg/día, la literatura indica que pueden presentarse adaptaciones favorables con ingestas inferiores. De hecho, en esta investigación se observaron mejoras estadísticamente significativas en diversas capacidades físicas, aun cuando no todos los participantes alcanzaron la meta establecida.

Estos hallazgos permiten reconocer que el entrenamiento de fuerza constituye el estímulo principal para desarrollar adaptaciones neuromusculares y funcionales, mientras que el incremento de la ingesta proteica puede proporcionar beneficios adicionales, particularmente sobre la masa libre de grasa y determinadas manifestaciones de fuerza. En consecuencia, los resultados del presente estudio no respaldan la interpretación de 2 g/kg/día como un límite mínimo indispensable para

obtener adaptaciones al entrenamiento, sino como una meta nutricional establecida dentro de las condiciones particulares de la intervención.

Diferencias entre los grupos con y sin suplementación con proteína de suero de leche

La comparación de los cambios entre los grupos permitió analizar si la suplementación con proteína de suero de leche se relacionó con diferencias adicionales a las observadas mediante el entrenamiento de fuerza. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en los cambios de sentadilla 6RM, press militar 6RM y flexibilidad, mientras que en press de banca, peso muerto, fuerza prensil, velocidad y VO_2máx no se identificaron diferencias estadísticamente significativas.

Estos resultados coinciden parcialmente con la evidencia científica sobre suplementación proteica. Nunes et al. (2022) encontraron que el incremento de la ingesta diaria de proteína durante programas de entrenamiento de fuerza puede favorecer ganancias adicionales de masa libre de grasa y algunas medidas de fuerza, aunque la magnitud de estos beneficios puede ser moderada. Por su parte, Tagawa et al. (2022) identificaron una asociación dosis-respuesta positiva entre la ingesta total de proteína y las ganancias de fuerza cuando se combina con entrenamiento de resistencia.

En la presente investigación, las mayores ganancias observadas en sentadilla y press militar en el grupo suplementado son compatibles con estos antecedentes. Sin embargo, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en press de banca, peso muerto y fuerza prensil indica que las diferencias entre grupos no se manifestaron de manera uniforme en todas las pruebas. Por lo tanto, los resultados no permiten sostener que la suplementación con proteína de suero de leche haya proporcionado una ventaja generalizada sobre todas las manifestaciones de fuerza evaluadas.

Esta diferencia entre variables es importante para la interpretación de los hallazgos. Ambos grupos realizaron el mismo programa de entrenamiento de fuerza, mientras que la suplementación constituyó el elemento diferencial de la intervención. En este sentido, los resultados sugieren que pudieron existir beneficios adicionales en determinadas pruebas, aunque su magnitud y consistencia variaron según la capacidad evaluada. Esto resulta compatible con lo señalado por Nunes et al. (2022), quienes describen beneficios adicionales de la ingesta proteica durante el entrenamiento, sin que estos necesariamente se manifiesten de igual manera en todas las variables funcionales.

La diferencia encontrada en flexibilidad requiere todavía mayor cautela. El grupo suplementado presentó un cambio superior en la prueba Sit and Reach; sin embargo, la evidencia disponible respalda principalmente los efectos del entrenamiento de fuerza sobre el rango de movimiento y no permite establecer que la proteína de suero de leche produzca directamente mejoras en esta capacidad. Alizadeh et al. (2023) encontraron que el entrenamiento de fuerza puede favorecer incrementos en el rango de movimiento articular, particularmente en personas no entrenadas. Por otra parte, los estudios sobre suplementación proteica se han concentrado principalmente en variables relacionadas con la masa muscular y la fuerza (Nunes et al., 2022; Tagawa et al., 2022).

Por consiguiente, aunque la diferencia estadística en flexibilidad constituye un hallazgo del presente estudio, no existe fundamento suficiente para atribuirla directamente a un mecanismo fisiológico de la proteína de suero de leche. Este resultado debe considerarse exploratorio y requiere confirmación mediante investigaciones diseñadas específicamente para evaluar la relación entre suplementación proteica y flexibilidad.

Relación entre el cumplimiento de ≥2 g/kg/día y los cambios en el somatotipo y las capacidades físicas

Al analizar los cambios de acuerdo con el cumplimiento de la meta de ingesta proteica de ≥2 g/kg de peso corporal/día, la mayoría de las variables no presentó

diferencias estadísticamente significativas entre las categorías de cumplimiento. No se identificaron diferencias en los cambios de endomorfia, ectomorfia, sentadilla, press de banca, press militar, peso muerto, fuerza prensil, velocidad, flexibilidad ni VO_2máx. La mesomorfia fue la única variable que mostró una diferencia estadísticamente significativa.

Este resultado representa un hallazgo relevante, debido a que no se observó un patrón de diferencias consistente en las distintas capacidades físicas evaluadas. Si bien alcanzar la meta de ≥2 g/kg/día formó parte de la estrategia nutricional establecida en esta investigación, los resultados no permiten considerarla una condición indispensable para obtener adaptaciones relacionadas con el entrenamiento de fuerza. En este sentido, Tagawa et al. (2022) identificaron que la asociación positiva entre la ingesta total de proteína y las ganancias de fuerza durante el entrenamiento de resistencia se incrementaba hasta aproximadamente 1.5 g/kg/día, sin observar beneficios adicionales claros por encima de ese nivel. De manera complementaria, Nunes et al. (2022) reportaron que el incremento de la ingesta proteica durante programas de ejercicio de resistencia puede favorecer ganancias adicionales de masa libre de grasa y fuerza, aunque estos beneficios suelen ser de magnitud reducida. Por tanto, alcanzar o superar los 2 g/kg/día no necesariamente se traduce en mayores cambios funcionales en comparación con ingestas inferiores que ya pueden ser suficientes para respaldar las adaptaciones al entrenamiento.

Por otra parte, los participantes que alcanzaron la meta proteica presentaron un cambio significativamente mayor en la mesomorfia. Este resultado podría relacionarse indirectamente con los procesos de adaptación muscular asociados con el entrenamiento de fuerza y la disponibilidad de proteínas como sustrato para la remodelación del tejido muscular. Roberts et al. (2023) describen los mecanismos celulares y estructurales implicados en la hipertrofia del músculo esquelético como respuesta a la sobrecarga mecánica, mientras que Nunes et al. (2022) señalan que una mayor ingesta proteica puede favorecer incrementos adicionales de masa libre de grasa cuando se combina con ejercicio de resistencia.

No obstante, esta coincidencia con la evidencia disponible no permite afirmar que alcanzar ≥2 g/kg/día haya causado el cambio observado en la mesomorfia. Este componente del somatotipo se estima mediante ecuaciones que consideran diferentes medidas antropométricas, por lo que no representa una medición directa de la masa muscular (González Macías & Flores, 2024). Además, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en las demás variables evaluadas limita la posibilidad de interpretar este hallazgo como una ventaja generalizada del mayor consumo de proteína.

Finalmente, debe considerarse que el tamaño reducido de los grupos puede limitar la precisión de las estimaciones y la capacidad estadística para identificar diferencias. Asimismo, al haberse evaluado múltiples variables, el resultado significativo en mesomorfia debe interpretarse con cautela, especialmente si no se aplicó un ajuste por comparaciones múltiples. En consecuencia, la asociación observada entre el cumplimiento de la meta proteica y el cambio en la mesomorfia constituye un hallazgo de interés que requiere confirmación en investigaciones con muestras más amplias y métodos complementarios de evaluación de la composición corporal.

Interpretación integral de los hallazgos

En conjunto, los resultados indican que las adaptaciones observadas después de las diez semanas de intervención no pueden atribuirse exclusivamente a un solo componente del programa. El entrenamiento de fuerza constituyó el estímulo común para los participantes y se acompañó de mejoras en diferentes manifestaciones de la fuerza muscular, la fuerza prensil, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria, así como de modificaciones en determinados indicadores antropométricos.

La evidencia científica señala que el entrenamiento de fuerza representa el principal estímulo para inducir adaptaciones neuromusculares y estructurales, mientras que una ingesta suficiente de proteína contribuye a proporcionar los aminoácidos necesarios para los procesos de síntesis y remodelación muscular. En este sentido,

las revisiones y metaanálisis de Nunes et al. (2022), Roberts et al. (2023) y Zhou et al. (2024) respaldan la importancia de considerar conjuntamente el estímulo del entrenamiento y la disponibilidad de proteína para favorecer las adaptaciones musculares. Los resultados de esta investigación son compatibles con este planteamiento; sin embargo, también indican que el posible efecto adicional de la suplementación no se manifestó de manera uniforme en todas las variables evaluadas.

Por consiguiente, la proteína de suero de leche debe considerarse una estrategia nutricional complementaria al entrenamiento de fuerza y no el factor exclusivo responsable de las adaptaciones observadas. Las diferencias identificadas entre los grupos en determinadas pruebas de fuerza sugieren que la suplementación pudo aportar un beneficio adicional en algunos indicadores. No obstante, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en otras capacidades físicas evidencia que sus posibles efectos no fueron homogéneos. Esta interpretación coincide con la literatura, que ha documentado efectos variables de la ingesta adicional de proteína sobre la masa muscular, la fuerza y el rendimiento funcional (Nunes et al., 2022; Zhou et al., 2024).

Por otra parte, el hecho de que alcanzar una ingesta igual o superior a 2 g de proteína/kg de peso corporal/día no se asociara con mayores cambios en la mayoría de las capacidades evaluadas debe interpretarse considerando que los requerimientos proteicos pueden variar según las características individuales, el nivel de entrenamiento y la ingesta habitual. La evidencia disponible no establece los 2 g/kg/día como un requerimiento universal para obtener adaptaciones favorables al entrenamiento de fuerza. Por el contrario, los beneficios adicionales de incrementar la ingesta proteica dependen de diferentes condiciones y no necesariamente se presentan en todas las variables de rendimiento (Nunes et al., 2022). En el presente estudio, este valor debe entenderse como la meta nutricional establecida en el protocolo y no como un umbral fisiológico absoluto.

En consecuencia, los hallazgos respaldan una interpretación multifactorial de las adaptaciones producidas durante la intervención. El estímulo mecánico, la

progresión de las cargas, las características iniciales de los participantes, la alimentación habitual y la suplementación proteica pudieron contribuir en diferente medida a los cambios registrados. La interacción de estos factores permite comprender por qué algunas variables presentaron modificaciones estadísticamente significativas, mientras que otras no mostraron cambios relevantes. Asimismo, destaca la importancia de evaluar conjuntamente los indicadores antropométricos, morfológicos, nutricionales y funcionales para obtener una interpretación integral de la respuesta a un programa de entrenamiento de fuerza.

4.2.1 Limitaciones

Los resultados del presente estudio deben interpretarse considerando algunas limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue reducido y los participantes procedieron de una misma institución universitaria, lo que limita la generalización de los hallazgos a poblaciones con diferentes características sociodemográficas, niveles de actividad física, experiencia previa de entrenamiento o patrones de alimentación. Esta limitación adquiere especial relevancia en los análisis por subgrupos, debido a que el número de participantes disminuyó al realizar comparaciones según la suplementación y el cumplimiento de la meta de ingesta proteica.

En segundo lugar, se utilizó un diseño cuasiexperimental sin asignación aleatoria de los participantes a los grupos. Aunque el programa de entrenamiento fue estructurado y se realizó seguimiento durante la intervención, la ausencia de aleatorización no permite descartar la influencia de diferencias iniciales entre los participantes o de otros factores individuales que pudieran haber contribuido a las respuestas observadas. Por esta razón, las diferencias encontradas entre los grupos deben interpretarse como asociaciones observadas dentro de las condiciones del estudio y con cautela respecto a inferencias causales.

Otra limitación corresponde al control de la alimentación. La ingesta dietética se evaluó mediante recordatorios de 24 horas repetidos durante la intervención, lo que

permitió considerar la variabilidad del consumo entre diferentes días; sin embargo, al tratarse de un método basado en el autorreporte, está sujeto a errores de recuerdo, estimación de las porciones y reporte de los alimentos consumidos. Asimismo, la alimentación habitual de los participantes no fue completamente controlada, por lo que otros componentes de la dieta, además de la suplementación proporcionada, pudieron influir en las respuestas observadas.

También debe considerarse que algunas variables fueron evaluadas mediante métodos indirectos. Las mediciones antropométricas permitieron realizar el seguimiento de pliegues cutáneos, perímetros y diámetros, pero no constituyen una medición directa de la masa muscular o la masa grasa. De manera similar, el VO_2máx fue estimado mediante el de *Course Navette* y no determinado directamente mediante una prueba cardiopulmonar con análisis de gases. Por lo tanto, estos resultados deben interpretarse de acuerdo con las características y limitaciones de los métodos empleados.

Finalmente, la intervención tuvo una duración de diez semanas. Aunque este periodo permitió identificar cambios en diferentes variables antropométricas, del somatotipo y de las capacidades físicas, un seguimiento de mayor duración permitiría determinar si las adaptaciones observadas se mantienen o continúan modificándose con la continuidad del entrenamiento y de la estrategia nutricional.

5. Consideraciones éticas y buenas prácticas de investigación

La presente investigación se condujo considerando los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, cuya última revisión fue adoptada en octubre de 2024. Estos principios contemplan el respeto a la dignidad, la autonomía, la privacidad, la confidencialidad y el bienestar de las personas que participan en investigaciones científicas (World Medical Association, 2024).

El proyecto de investigación fue presentado y revisado por el Comité de Posgrado de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de

Morelos, como parte del proceso académico correspondiente al desarrollo de la investigación.

Antes de incorporarse al estudio, los participantes recibieron información sobre los objetivos de la investigación, los procedimientos de evaluación, las características del programa de entrenamiento de fuerza, la suplementación con proteína de suero de leche y los posibles beneficios y riesgos asociados con su participación. Asimismo, se les explicó que su participación era voluntaria y que podían retirarse de la investigación en cualquier momento, sin que ello representara repercusiones académicas.

Los participantes que aceptaron formar parte del estudio otorgaron su consentimiento informado mediante la firma del documento correspondiente, en el cual manifestaron su voluntad de participar y autorizaron el tratamiento de la información recopilada para los fines científicos y académicos establecidos en la investigación.

Con el propósito de proteger la privacidad y confidencialidad de los participantes, los datos recopilados fueron codificados antes de su procesamiento y análisis. La presentación de los resultados se realizó de manera grupal, evitando la divulgación de información que permitiera identificar individualmente a los participantes.

Previo al inicio de la intervención, se verificó el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión y se aplicaron los instrumentos de tamizaje establecidos en el protocolo, entre ellos el cuestionario PAR-Q y el instrumento de evaluación del riesgo renal basado en los criterios KDIGO. Estos procedimientos permitieron identificar posibles condiciones que requirieran precauciones adicionales o valoración previa a la participación en el programa de entrenamiento de fuerza.

Durante las diez semanas de intervención, las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por la investigadora principal. Se procuró mantener una técnica adecuada de ejecución de los ejercicios, así como una progresión controlada de las cargas de trabajo, con la finalidad de reducir los riesgos asociados con la práctica del ejercicio físico y favorecer la seguridad de los participantes.

5.1 Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló considerando los principios éticos para la investigación con participantes humanos establecidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en su versión revisada en octubre de 2024 (World Medical Association, 2024), así como las disposiciones aplicables del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (Secretaría de Salud, 1987). Durante el desarrollo del estudio se procuró garantizar el respeto a la dignidad, la autonomía, la privacidad, la confidencialidad, la seguridad y el bienestar de los participantes.

El proyecto de investigación fue presentado y revisado por el Comité de Posgrado de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, como parte del proceso académico correspondiente. Asimismo, se contó con la autorización institucional de la Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC) para llevar a cabo las actividades de evaluación y el programa de intervención en sus instalaciones.

Consentimiento informado

Antes del inicio de la investigación, los participantes recibieron información clara y suficiente sobre los objetivos del estudio, los procedimientos de evaluación, el programa de entrenamiento de fuerza, la suplementación con proteína de suero de leche y los posibles beneficios y riesgos relacionados con su participación. También se les informó que su participación era voluntaria y que podían retirarse del estudio en cualquier momento sin repercusiones académicas.

Una vez aclaradas sus dudas, quienes aceptaron participar firmaron el consentimiento informado, mediante el cual manifestaron libremente su voluntad de formar parte del estudio y autorizaron el uso de la información obtenida con fines científicos y académicos.

Confidencialidad y protección de datos

La información obtenida durante la investigación fue tratada de manera confidencial. A cada participante se le asignó un código de identificación para evitar el uso de nombres u otros datos que permitieran su identificación durante el procesamiento y análisis de la información.

Los datos fueron utilizados exclusivamente con fines científicos y académicos y los resultados se analizaron y presentaron de manera agrupada, evitando la identificación individual de los participantes.

Riesgos y medidas de seguridad

La intervención incluyó mediciones antropométricas, pruebas de capacidades físicas, suplementación con proteína de suero de leche y un programa estructurado de entrenamiento de fuerza. Estos procedimientos implicaron los riesgos propios de la realización de ejercicio físico, como fatiga, molestias musculares o posibles lesiones derivadas de la ejecución de los ejercicios.

Antes del inicio de la intervención se verificó el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión establecidos en el protocolo. Asimismo, se aplicaron los instrumentos de tamizaje correspondientes, se revisaron los antecedentes médicos considerados en el estudio y se solicitó el certificado médico establecido como requisito para la participación, con la finalidad de identificar posibles condiciones que requirieran precaución o valoración previa a la realización del ejercicio.

Durante la intervención, las sesiones fueron supervisadas y se procuró mantener una ejecución adecuada de los ejercicios y una progresión controlada de las cargas. Estas medidas tuvieron como propósito reducir los riesgos asociados con el entrenamiento y proteger la integridad física de los participantes.

Beneficios para los participantes

Los participantes recibieron evaluaciones antropométricas, determinación del somatotipo y valoración de diferentes capacidades físicas, lo que permitió proporcionar información relacionada con su condición inicial y con los cambios

observados después de la intervención. Asimismo, participaron en un programa estructurado y supervisado de entrenamiento de fuerza.

Los participantes asignados al grupo de suplementación recibieron proteína de suero de leche durante el periodo establecido en el protocolo, sin costo alguno. También se proporcionó orientación relacionada con la práctica del entrenamiento y el seguimiento nutricional contemplado en la investigación.

Los posibles beneficios derivados de la intervención no fueron considerados garantizados, debido a que la magnitud de las adaptaciones al entrenamiento y a las estrategias nutricionales puede variar entre individuos. Por ello, antes de su participación se informó que las respuestas podían diferir de acuerdo con las características individuales, la adherencia al programa de entrenamiento y la alimentación habitual.

6. CONCLUSIONES.

El programa estructurado de entrenamiento de fuerza de diez semanas se acompañó de adaptaciones antropométricas y funcionales en los estudiantes universitarios evaluados. El peso corporal y el índice de masa corporal permanecieron sin cambios estadísticamente significativos; sin embargo, se observaron disminuciones en los pliegues cutáneos del bíceps y de la cresta ilíaca. Los perímetros corporales y los diámetros óseos no presentaron modificaciones significativas. En relación con el somatotipo, la mesomorfia aumentó significativamente en el total de participantes evaluados, mientras que la endomorfia y la ectomorfia permanecieron sin cambios.

En las capacidades físicas se observaron incrementos significativos en la fuerza dinámica evaluada mediante 6RM en sentadilla, press de banca, peso muerto y press militar, así como en la fuerza prensil de ambas manos, la flexibilidad y la capacidad cardiorrespiratoria estimada. En contraste, la velocidad en 30 m no presentó cambios estadísticamente significativos. Estos resultados muestran que las adaptaciones funcionales no ocurrieron de manera uniforme en todas las capacidades evaluadas.

El seguimiento de la alimentación mediante recordatorios de 24 horas permitió caracterizar el consumo de energía y macronutrientes durante la intervención. La suplementación con proteína de suero de leche contribuyó a modificar la ingesta proteica durante el seguimiento; sin embargo, la ingesta promedio relativa al peso corporal no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el grupo sin suplementación y el grupo suplementado. Asimismo, la proporción de participantes que alcanzó la meta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día no fue significativamente diferente entre ambos grupos.

Al comparar la magnitud de los cambios entre los grupos con y sin suplementación con proteína de suero de leche, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la sentadilla 6RM, el press militar 6RM y la flexibilidad. En las demás capacidades físicas evaluadas no se identificaron diferencias significativas entre los grupos. Por lo tanto, la suplementación no se relacionó con una ventaja uniforme en todas las adaptaciones evaluadas, sino con diferencias específicas en determinadas variables.

Respecto al cumplimiento de la meta de ≥2 g de proteína/kg de peso corporal/día, la mayoría de los cambios en el somatotipo y las capacidades físicas no difirió significativamente según el cumplimiento de este criterio. La mesomorfia fue la única variable que presentó una diferencia estadísticamente significativa entre las categorías de cumplimiento. Este resultado debe interpretarse con cautela debido al tamaño reducido de los grupos y a que la mesomorfia constituye un indicador antropométrico del somatotipo y no una medición directa de masa muscular.

En conjunto, los resultados muestran que diez semanas de entrenamiento de fuerza se acompañaron de mejoras en diferentes capacidades físicas y de modificaciones específicas en algunos indicadores antropométricos y del somatotipo. La suplementación con proteína de suero de leche estuvo asociada con diferencias adicionales en determinadas variables, pero no con una respuesta superior generalizada. Asimismo, alcanzar la meta de ≥2 g/kg/día no se relacionó con mayores cambios en la mayoría de las variables estudiadas. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar conjuntamente el entrenamiento, la

alimentación habitual, la ingesta total de proteína y las características individuales al evaluar las adaptaciones al entrenamiento de fuerza en estudiantes universitarios.

6.1 Recomendaciones

Se recomienda que futuras investigaciones incluyan muestras de mayor tamaño y diversidad, con participantes de distintas instituciones y características sociodemográficas, así como diferentes niveles de experiencia en entrenamiento de fuerza. Esto permitiría incrementar la precisión de las estimaciones, realizar comparaciones entre subgrupos con un mayor número de participantes y ampliar la posibilidad de generalizar los hallazgos.

Asimismo, se recomienda utilizar diseños experimentales con asignación aleatoria de los participantes a los grupos de estudio cuando las condiciones de investigación lo permitan. Esto favorecería un mayor control de posibles diferencias iniciales entre los grupos y permitiría evaluar con mayor precisión el efecto adicional de la suplementación con proteína de suero de leche sobre las adaptaciones al entrenamiento.

Se sugiere desarrollar intervenciones de mayor duración que permitan evaluar la evolución y permanencia de los cambios antropométricos, del somatotipo y de las capacidades físicas, así como determinar si las diferencias observadas entre participantes con y sin suplementación se mantienen durante periodos más prolongados de entrenamiento.

En el ámbito nutricional, se recomienda fortalecer el seguimiento de la alimentación mediante un mayor control de la ingesta dietética y estrategias individualizadas que permitan valorar tanto la cantidad total de proteína como su distribución a lo largo del día. Asimismo, futuras investigaciones podrían comparar diferentes niveles de ingesta proteica, evitando considerar ≥2 g/kg/día como un umbral universal y analizándolo, en su caso, como una meta específica dentro del protocolo de investigación.

También se recomienda incorporar métodos complementarios y directos para evaluar la composición corporal, como la absorciometría dual de rayos X (DXA) o la ultrasonografía muscular. Su utilización permitiría determinar con mayor precisión si las modificaciones antropométricas y del componente mesomórfico observadas se acompañan de cambios en la masa grasa, la masa libre de grasa o el grosor muscular.

Para la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria, futuras investigaciones podrían incorporar mediciones directas del consumo máximo de oxígeno mediante análisis de gases, complementando las estimaciones obtenidas mediante pruebas de campo como el *Course Navette*.

Finalmente, se recomienda continuar investigando el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche sobre variables específicas del rendimiento físico. En particular, sería pertinente determinar si las diferencias observadas en sentadilla 6RM, press militar 6RM y flexibilidad se reproducen en muestras mayores, así como analizar diferentes dosis y estrategias de distribución de la proteína en combinación con programas estructurados de entrenamiento de fuerza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abish, Z. A., Alibekov, R. S., Tarapoulouzi, M., Bakhtybekova, A. R., & Kobzhasarova, Z. I. (2024). Review in deep processing of whey. Cogent Food & Agriculture, 10(1), Article 2415380. https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2415380

Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Zahiri, A., Hadjizadeh Anvar, S., Goudini, R., Hicks, J. P., Konrad, A., & Behm, D. G. (2023). Resistance training induces improvements in range of motion: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 53(3), 707–722. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x

Bailey, R. L. (2021). Overview of dietary assessment methods for measuring intakes of foods, beverages, and dietary supplements in research studies. Current Opinion in Biotechnology, 70, 91–96. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.02.007

Binet, E. R., McKenna, C. F., Salvador, A. F., Martinez, I. G., Alamilla, R. A., Collao, N., Bodnariuc, G., Khan, N. A., Paluska, S. A., Burd, N. A., & De Lisio, M. (2023). Sex-based comparisons of muscle cellular adaptations after 10 weeks of progressive resistance training in middle-aged adults. Journal of Applied Physiology, 134(1), 116–129. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00274.2022

Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M.-P., Maubois, J.-L., & Beaufrère, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. Proceedings of the National Academy of Sciences, 94(26), 14930–14935. https://doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930

Brown, C. E. B., Richardson, K., Halil-Pizzirani, B., Atkins, L., Yücel, M., & Segrave, R. A. (2024). Key influences on university students' physical activity: A systematic review using the Theoretical Domains Framework and the COM-B model of human behaviour. BMC Public Health, 24, Article 418. https://doi.org/10.1186/s12889-023-17621-4

Cade, J. E., Warthon-Medina, M., Albar, S., Alwan, N. A., Ness, A., Roe, M., Wark, P. A., Greathead, K., Burley, V. J., Finglas, P., Johnson, L., Page, P., Roberts, K., Steer, T., Hooson, J., Greenwood, D. C., & Robinson, S. (2017). DIET@NET: Best practice guidelines for dietary assessment in health research. BMC Medicine, 15, Article 202. https://doi.org/10.1186/s12916-017-0962-x

Campa, F., Gobbo, L. A., Stagi, S., Cyrino, L. T., Toselli, S., Marini, E., & Coratella, G. (2022). Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. European Journal of Applied Physiology, 122(3), 561–589. https://doi.org/10.1007/s00421-021-04879-y

Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L. A., & Coratella, G. (2021). Assessment of body composition in athletes: A narrative review of available methods with special reference to quantitative and qualitative bioimpedance analysis. Nutrients, 13(5), Article 1620. https://doi.org/10.3390/nu13051620

Carter, J. E. L. (2002). The Heath-Carter anthropometric somatotype: Instruction manual. Department of Exercise and Nutritional Sciences, San Diego State University.

Casuso, R. A., & Goossens, L. (2025). Does protein ingestion timing affect exercise-induced adaptations? A systematic review with meta-analysis. Nutrients, 17(13), Article 2070. https://doi.org/10.3390/nu17132070

Castro-Piñero, J., Marín-Jiménez, N., Fernández-Santos, J. R., Martín-Acosta, F., Segura-Jiménez, V., Izquierdo-Gómez, R., Ruiz, J. R., & Cuenca-García, M. M. (2021). Criterion-related validity of field-based fitness tests in adults: A systematic review. Journal of Clinical Medicine, 10(16), Article 3743. https://doi.org/10.3390/jcm10163743

Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Medicine & Science in Sports & Exercise, 35(8), 1381–1395. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB

Cuenca-García, M., Marín-Jiménez, N., Pérez-Bey, A., Sánchez-Oliva, D., Camiletti-Moiron, D., Álvarez-Gallardo, I. C., Ortega, F. B., & Castro-Piñero, J. (2022). Reliability of field-based fitness tests in adults: A systematic review. Sports Medicine, 52(8), 1961–1979. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01635-2

Currier, B. S., McLeod, J. C., Banfield, L., Beyene, J., Welton, N. J., D'Souza, A. C., Keogh, J. A. J., Lin, L., Coletta, G., Yang, A., Colenso-Semple, L., Lau, K. J., Verboom, A., & Phillips, S. M. (2023). Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: A systematic review and Bayesian network meta-analysis. British Journal of Sports Medicine, 57(18), 1211–1220. https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106807

Currier, B. S., D'Souza, A. C., Fiatarone Singh, M. A., Lowisz, C. V., Rawson, E. S., Schoenfeld, B. J., Smith-Ryan, A. E., Steen, J. P., Thomas, G. A., Triplett, N. T., Washington, T. A., Werner, T. J., & Phillips, S. M. (2026). American College of Sports Medicine position stand: Resistance training prescription for muscle function, hypertrophy, and physical performance in healthy adults: An overview of reviews. Medicine & Science in Sports & Exercise, 58(4), 851–872. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003897

Davies, R. W., Lynch, A. E., Kumar, U., & Jakeman, P. M. (2024). Characterisation of the muscle protein synthetic response to resistance exercise in healthy adults: A systematic review and exploratory meta-analysis. Translational Sports Medicine, 2024, Article 3184356. https://doi.org/10.1155/2024/3184356

Del Vecchio, A., Enoka, R. M., & Farina, D. (2024). Specificity of early motor unit adaptations with resistive exercise training. The Journal of Physiology, 602(12), 2679–2688. https://doi.org/10.1113/JP282560

Dinan, N. E., Hagele, A. M., Jagim, A. R., Miller, M. G., & Kerksick, C. M. (2022). Effects of creatine monohydrate timing on resistance training adaptations and body composition after 8 weeks in male and female collegiate athletes. Frontiers in Sports and Active Living, 4, Article 1033842. https://doi.org/10.3389/fspor.2022.1033842

Edwards, T., Banyard, H. G., Piggott, B. P., Haff, G. G., & Joyce, C. (2022). Reliability and minimal detectable change of sprint times and force-velocity-power characteristics. The Journal of Strength & Conditioning Research, 36(1), 268–272. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004161

Ely, I. A., Phillips, B. E., Smith, K., Wilkinson, D. J., Piasecki, M., Breen, L., Larsen, M. S., & Atherton, P. J. (2023). A focus on leucine in the nutritional regulation of human skeletal muscle metabolism in ageing, exercise and unloading states. Clinical Nutrition, 42(10), 1849–1865. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.08.010

Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., & Marfell-Jones, M. (2019). Protocolo internacional para la valoración antropométrica (edición 2019). International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

Fitzpatrick, C. J., Freitas, D., O'Callaghan, T. F., O'Mahony, J. A., & Brodkorb, A. (2024). Variations in bovine milk proteins and processing conditions and their effect on protein digestibility in humans: A review of in vivo and in vitro studies. Foods, 13(22), Article 3683. https://doi.org/10.3390/foods13223683

García Sánchez, D. M. A. (2024). Efecto del entrenamiento físico funcional sobre parámetros antropométricos y de condición física en universitarios de 18 a 24 años de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio Institucional de Acceso Abierto de la UAEM. https://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/4850

García Sánchez, D. M. A., Gómez Miranda, J. S., González Jaimes, N. L., Terrazas Meraz, M. A., Henao Morán, S. A., & Quintín Fernández, E. (2025). Efecto del entrenamiento físico funcional sobre parámetros antropométricos y de condición física en universitarios de 18 a 24 años de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Revista Cuidado y Ocupación Humana, 14(2), 3–23.

Greig, L., Aspe, R. R., Hall, A., Comfort, P., Cooper, K., & Swinton, P. A. (2023). The predictive validity of individualised load-velocity relationships for predicting 1RM: A systematic review and individual participant data meta-analysis. Sports Medicine, 53(9), 1693–1708. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01854-9

Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: A systematic review. Sports Medicine - Open, 6, Article 31. https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z

Gutjahr, P., Warren, C., & Miketinas, D. (2023). Construct validity of a dietary protein assessment questionnaire to explore college students' knowledge and attitudes towards dietary protein. Frontiers in Nutrition, 10, Article 1289946. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1289946

Hammert, W. B., Kataoka, R., Yamada, Y., Song, J. S., Kang, A., Spitz, R. W., & Loenneke, J. P. (2024). Progression of total training volume in resistance training studies and its application to skeletal muscle growth. Physiological Measurement, 45(8). https://doi.org/10.1088/1361-6579/ad7348

Harber, M. P., Myers, J., Bonikowske, A. R., Muntaner-Mas, A., Molina-Garcia, P., Arena, R., & Ortega, F. B. (2024). Assessing cardiorespiratory fitness in clinical and community settings: Lessons and advancements in the 100th year anniversary of VO_2max. Progress in Cardiovascular Diseases, 83, 36–42. https://doi.org/10.1016/j.pcad.2024.02.009

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2023). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (2.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores.

Institute of Medicine. (2005). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10490

Irazoqui, J. M., Santiago, G. M., Mainez, M. E., Amadio, A. F., & Eberhardt, M. F. (2024). Enzymes for production of whey protein hydrolysates and other value-added products. Applied Microbiology and Biotechnology, 108, Article 354. https://doi.org/10.1007/s00253-024-13117-2

Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: Protein and exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 14, Article 20. https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8

Jacinto, J. L., Nunes, J. P., Gorissen, S. H. M., Capel, D. M. G., Bernardes, A. G., Ribeiro, A. S., Cyrino, E. S., Phillips, S. M., & Aguiar, A. F. (2022). Whey protein supplementation is superior to leucine-matched collagen peptides to increase muscle thickness during a 10-week resistance training program in untrained young adults. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 32(3), 133–143. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0265

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. Kidney International, 105(4S), S117–S314.https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018

Lang, J. J., Prince, S. A., Merucci, K., Cadenas-Sanchez, C., Chaput, J.-P., Fraser, B. J., Manyanga, T., McGrath, R., Ortega, F. B., Singh, B., & Tomkinson, G. R. (2024). Cardiorespiratory fitness is a strong and consistent predictor of morbidity and mortality among adults: An overview of meta-analyses representing over 20.9 million observations from 199 unique cohort studies. British Journal of Sports Medicine, 58(10), 556–566. https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-107849

Lang, T. A., & Altman, D. G. (2015). Basic statistical reporting for articles published in biomedical journals: The “Statistical Analyses and Methods in the Published Literature” or the SAMPL Guidelines. International Journal of Nursing Studies, 52(1), 5–9. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006

Lopez, P., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., Bassanesi, R. N., Turella, D. J. P., & Rech, A. (2022). Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. Obesity Reviews, 23(5), Article e13428. https://doi.org/10.1111/obr.13428

Maciejewski, M. L. (2020). Quasi-experimental design. Biostatistics and Epidemiology, 4(1), 38–47. https://doi.org/10.1080/24709360.2018.1477468

Mao, J., Wang, T., Wang, Y., & Kuan, G. (2023). Effect of resistance training programs differing in set structure on muscular hypertrophy and performance in untrained young men. Frontiers in Physiology, 14, Article 1301535. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1301535

Marín-Jiménez, N., Sánchez-Parente, S., Expósito-Carrillo, P., Jiménez-Iglesias, J., Álvarez-Gallardo, I. C., Cuenca-García, M., & Castro-Piñero, J. (2023). Criterion-related validity and reliability of the 2-km walk test and the 20-m shuttle run test in adults: The role of sex, age and physical activity level. Journal of Science and Medicine in Sport, 26(4–5), 267–276. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2023.03.005

Mayorga-Vega, D., Merino-Marban, R., & Viciana, J. (2014). Criterion-related validity of sit-and-reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: A meta-analysis. Journal of Sports Science & Medicine, 13(1), 1–14.

Moesgaard, L., Beck, M. M., Christiansen, L., Aagaard, P., & Lundbye-Jensen, J. (2022). Effects of periodization on strength and muscle hypertrophy in volume-equated resistance training programs: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 52(7), 1647–1666. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01636-1

Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A. A., Devries, M. C., Banfield, L., Krieger, J. W., & Phillips, S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. British Journal of Sports Medicine, 52(6), 376–384. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608

Moughan, P. J., Fulgoni, V. L., III, & Wolfe, R. R. (2024). The importance of dietary protein quality in mid- to high-income countries. The Journal of Nutrition, 154(3), 804–814. https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.01.020

Moughan, P. J., & Lim, W. X. J. (2024). Digestible indispensable amino acid score (DIAAS): 10 years on. Frontiers in Nutrition, 11, Article 1389719. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1389719

Murai, U., Tajima, R., Matsumoto, M., Sato, Y., Horie, S., Fujiwara, A., Koshida, E., Okada, E., Sumikura, T., Yokoyama, T., Ishikawa, M., Kurotani, K., & Takimoto, H. (2023). Validation of dietary intake estimated by web-based dietary assessment methods and usability using dietary records or 24-h dietary recalls: A scoping review. Nutrients, 15(8), Article 1816. https://doi.org/10.3390/nu15081816

Murphy, C., & Koehler, K. (2022). Energy deficiency impairs resistance training gains in lean mass but not strength: A meta-analysis and meta-regression. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 32(1), 125–137. https://doi.org/10.1111/sms.14075

Myrvang, S., & van den Tillaar, R. (2024). The longitudinal effects of resisted and assisted sprint training on sprint kinematics, acceleration, and maximum velocity: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine - Open, 10, Article 110. https://doi.org/10.1186/s40798-024-00777-7

National Cancer Institute. (2025). 24-hour dietary recall (24HR) at a glance.

https://epi.grants.cancer.gov/dietary-assessment-primer/profiles/recall/

Núñez-Cortés, R., Cruz, B. D. P., Gallardo-Gómez, D., Calatayud, J., Cruz-Montecinos, C., López-Gil, J. F., & López-Bueno, R. (2022). Handgrip strength measurement protocols for all-cause and cause-specific mortality outcomes in more than 3 million participants: A systematic review and meta-regression analysis. Clinical Nutrition, 41(11), 2473–2489. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.09.006

Nunes, E. A., Colenso-Semple, L., McKellar, S. R., Yau, T., Ali, M. U., Fitzpatrick-Lewis, D., Sherifali, D., Gaudichon, C., Tomé, D., Atherton, P. J., Camprubi-Robles, M., Naranjo-Modad, S., Braun, M., Landi, F., & Phillips, S. M. (2022). Systematic review and meta-analysis of protein intake to support muscle mass and function in healthy adults. Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 13(2), 795–810. https://doi.org/10.1002/jcsm.12922Organización Mundial de la Salud. (2020). Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios. https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240015128

Organización Mundial de la Salud. (2020). Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios: De un vistazo. https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240014886

Paluch, A. E., Boyer, W. R., Franklin, B. A., Laddu, D., Lobelo, F., Lee, D.-C., McDermott, M. M., Swift, D. L., Webel, A. R., & Lane, A. (2024). Resistance exercise training in individuals with and without cardiovascular disease: 2023 update: A scientific statement from the American Heart Association. Circulation, 149(3), e217–e231. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001189

Pearson, A. G., Hind, K., & Macnaughton L. S. (2023). The impact of dietary protein supplementation on recovery from resistance exercise-induced muscle damage: A systematic review with meta-analysis. European Journal of Clinical Nutrition, 77(8), 767–783. https://doi.org/10.1038/s41430-022-01250-y

Pérez Córdova, H. A., Hilt, J. A., de Trinidad Castro, F. V., & Murillo Coronado, H. D. (2024). Impacto de un programa de entrenamiento de fuerza y resistencia en un grupo de estudiantes universitarios mexicanos. Revista Internacional de Estudios en Educación, 24(2), 94–104. https://doi.org/10.37354/riee.2024.243

Petri, C., Campa, F., Holway, F., Pengue, L., & Suárez-Arrones, L. (2024). ISAK-based anthropometric standards for elite male and female soccer players. Sports, 12(3), Article 69. https://doi.org/10.3390/sports12030069

Prince, S. A., Dempsey, P. C., Reed, J. L., Rubin, L., Saunders, T. J., Ta, J., Tomkinson, G. R., Merucci, K., & Lang, J. J. (2024). The effect of sedentary behaviour on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 54, 997–1013. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01986-y

Qudah, T., Iqbal, S., Al Absi, H., Sanal, S., Elkoumi, A., Fino, L., & Abumweis, S. (2025). Assessment of the university students' knowledge, attitudes, and use of protein supplements: A cross-sectional study from the United Arab Emirates. Journal of Nutrition and Metabolism, 2025, Article 5582105. https://doi.org/10.1155/jnme/5582105

Ribeiro, A. S., Quintilhano, K., Kassiano, W., Nunes, J. P., Avelar, A., Trindade, M. C. C., Aguiar, A. F., Schoenfeld, B. J., & Cyrino, E. S. (2023). The effects of carbohydrate intake on body composition and muscular strength in trained men undergoing a progressive resistance training. International Journal of Exercise Science, 16(2), 267–280. https://doi.org/10.70252/YMUX1745

Roberts, M. D., McCarthy, J. J., Hornberger, T. A., Phillips, S. M., Mackey, A. L., Nader, G. A., Boppart, M. D., Kavazis, A. N., Reidy, P. T., Ogasawara, R., Libardi, C. A., Ugrinowitsch, C., Booth, F. W., & Esser, K. A. (2023). Mechanisms of mechanical overload-induced skeletal muscle hypertrophy: Current understanding and future directions. Physiological Reviews, 103(4), 2679–2757. https://doi.org/10.1152/physrev.00039.2022

Roberts, M. D., Moulding, B., Forbes, S. C., & Candow, D. G. (2023). Evidence-based nutritional approaches to enhance exercise adaptations. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 26(6), 514–520. https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000975

Roco-Videla, Á., Flores, S. V., Olguín-Barraza, M., & Aguilera-Eguía, R. (2024). Consideraciones ante el uso de la prueba de Shapiro-Wilk cuando se trabaja con muestras pequeñas. Angiología, 76(1), 58–59.https://doi.org/10.20960/angiologia.00568

Rossato, S. L., & Fuchs, S. C. (2021). Diet data collected using 48-h dietary recall: Within- and between-person variation. Frontiers in Nutrition, 8, Article 667031. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.667031

Sánchez Rivera, A. C., Ayala-Guzmán, C. I., López Roldán, A. B., Castro Ramírez, O. D., & Ortiz-Hernández, L. (2021). Prevalencia y factores asociados al consumo de suplementos nutricionales en asistentes a gimnasios de la Ciudad de México. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética, 25(Supl. 1), Article e1159. https://doi.org/10.14306/renhyd.25.S1.1159

Secretaría de Salud. (1987, 6 de enero). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación.

Serafini, S., Charrier, D., Izzicupo, P., Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., Petri, C., Mecherques-Carini, M., Baglietto, N., Holway, F., Tinsley, G., Paoli, A., & Campa, F. (2025). Anthropometric-based predictive equations developed with multi-component

models for estimating body composition in athletes. European Journal of Applied Physiology, 125(3), 595–610. https://doi.org/10.1007/s00421-024-05672-3

Shamah-Levy, T., Rodríguez-Ramírez, S., Gaona-Pineda, E. B., Cuevas-Nasu, L., Carriquiry, A. L., & Rivera, J. A. (2016). Three 24-hour recalls in comparison with one improve the estimates of energy and nutrient intakes in an urban Mexican population. The Journal of Nutrition, 146(5), 1043–1050. https://doi.org/10.3945/jn.115.219683

StataCorp. (2025). Stata Statistical Software: Release 19 [Software]. StataCorp LLC.

Stratton, S. J. (2023). Population sampling: Probability and non-probability techniques. Prehospital and Disaster Medicine, 38(2), 147–148. https://doi.org/10.1017/S1049023X23000304

Sundgot-Borgen, C., Mathisen, T. F., Torstveit, M. K., & Sundgot-Borgen, J. (2022). Explanations for use of dietary- and muscle enhancing dietary supplements among university students: A national cross-sectional study. BMC Nutrition, 8, Article 17.https://doi.org/10.1186/s40795-022-00510-1

Tagawa, R., Watanabe, D., Ito, K., Otsuyama, T., Nakayama, K., Sanbongi, C., & Miyachi, M. (2022). Synergistic effect of increased total protein intake and strength training on muscle strength: A dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. Sports Medicine - Open, 8, Article 110. https://doi.org/10.1186/s40798-022-00508-w

Terzi, E., & Kalkavan, A. (2024). To what extent do somatotype structures affect athletic performance in professional athletes? The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 64(7), 650–660. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.24.15826-4

Van Hooren, B., Aagaard, P., & Blazevich, A. J. (2024). Optimizing resistance training for sprint and endurance athletes: Balancing positive and negative adaptations. Sports Medicine, 54(12), 3019–3050. https://doi.org/10.1007/s40279-024-02110-4

Vieira, J. G., Sardeli, A. V., Dias, M. R., Filho, J. E., Campos, Y., Sant'Ana, L., Leitão, L., Reis, V., Wilk, M., Novaes, J., & Vianna, J. (2022). Effects of resistance training to muscle failure on acute fatigue: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 52(5), 1103–1125. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01602-x

Warburton, D. E. R., Jamnik, V., Bredin, S. S. D., Shephard, R., & Gledhill, N. (2021). The 2021 Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+) and electronic Physical Activity Readiness Medical Examination (ePARmed-X+): 2021 PAR-Q+. The Health & Fitness Journal of Canada, 14(1), 83–87.https://doi.org/10.14288/hfjc.v14i1.351

Weakley, J., Johnston, R. D., Cowley, N., Wood, T., Ramirez-Lopez, C., McMahon, E., & García-Ramos, A. (2024). The effects and reproducibility of 10, 20, and 30% velocity loss thresholds on acute and short-term fatigue and recovery responses. Journal of Strength and Conditioning Research, 38(3), 465–473.https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004642

Wewege, M. A., Desai, I., Honey, C., Coorie, B., Jones, M. D., Clifford, B. K., Leake, H. B., & Hagstrom, A. D. (2022). The effect of resistance training in healthy adults on body fat percentage, fat mass and visceral fat: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 52(2), 287–300. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01562-2

Wilkinson, K., Koscien, C. P., Monteyne, A. J., Wall, B. T., & Stephens, F. B. (2023). Association of postprandial postexercise muscle protein synthesis rates with dietary leucine: A systematic review. Physiological Reports, 11(15), Article e15775. https://doi.org/10.14814/phy2.15775

World Medical Association. (2024). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human participants.https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/

Witard, O. C., Bannock, L., & Tipton, K. D. (2022). Making sense of muscle protein synthesis: A focus on muscle growth during resistance training. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 32(1), 49–61. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0139

Wolfe, R. R., Church, D. D., Ferrando, A. A., & Moughan, P. J. (2024). Consideration of the role of protein quality in determining dietary protein recommendations. Frontiers in Nutrition, 11, Article 1389664. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1389664

Yapici, H., Gülü, M., Yagin, F. H., Ugurlu, D., Comertpay, E., Eroglu, O., Kocoğlu, M., Aldhahi, M. I., Karayigit, R., & Al-Mhanna, S. B. (2023). The effect of 8-weeks of combined resistance training and chocolate milk consumption on maximal strength, muscle thickness, peak power and lean mass, untrained, university-aged males. Frontiers in Physiology, 14, Article 1148494. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1148494

Zbinden-Foncea, H., Ramos-Navarro, C., Hevia-Larraín, V., Castro-Sepulveda, M., Saúl, M. J., Kalazich, C., & Deldicque, L. (2023). Neither chia flour nor whey protein supplementation further improves body composition or strength gains after a resistance training program in young subjects with a habitual high daily protein intake. Nutrients, 15(6), Article 1365. https://doi.org/10.3390/nu15061365

Zhou, H.-H., Liao, Y., Zhou, X., Peng, Z., Xu, S., Shi, S., Liu, L., Hao, L., & Yang, W. (2024). Effects of timing and types of protein supplementation on improving muscle mass, strength, and physical performance in adults undergoing resistance training:

A network meta-analysis. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 34(1), 54–64. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2023-0118

Zouita, A., Darragi, M., Bousselmi, M., Sghaeir, Z., Clark, C. C. T., Hackney, A. C., Granacher, U., & Zouhal, H. (2023). The effects of resistance training on muscular fitness, muscle morphology, and body composition in elite female athletes: A systematic review. Sports Medicine, 53(9), 1709–1735. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01859-4

ANEXOS

ANEXO 1. Consentimiento informado

Título del estudio: *Ingesta de proteína de suero de leche sobre el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios con entrenamiento funcional*

Investigador responsable: Marisol Guadarrama Sámano.
Institución en donde se realiza la intervención: Universidad del Valle de Cuernavaca (UNIVAC)

Descripción:

Usted ha sido invitado a participar en un estudio cuyo objetivo es evaluar el efecto de la proteína de suero de leche y el entrenamiento funcional en las capacidades físicas (fuerza, resistencia, velocidad, flexibilidad) y somatotipo en estudiantes universitarios. La intervención tendrá una duración de 12 semanas, con tres sesiones por semana con 50 minutos por sesión.

Procedimiento:

Se le aplicarán pruebas físicas estandarizadas (50 m velocidad, *Sit and Reach*, 6RM y *Course Navette*), se tomarán medidas antropométricas y signos vitales antes y después de la intervención.

Riesgos:

Mínimos, relacionados con el esfuerzo físico (fatiga, dolor muscular, mareo). Se contará con supervisión y medidas de seguridad.

Beneficios:

Mejorar sus capacidades físicas, recibir asesoría sobre ejercicio y nutrición, y contribuir a la investigación científica.

Confidencialidad:

Sus datos serán confidenciales y usados solo para fines académicos.

Consentimiento:

He leído y comprendido la información anterior y acepto voluntariamente participar en este estudio.

Nombre del participante: _____

Firma: _____ Fecha: ____ / ____ / _____

Nombre del investigador: _____

Firma: _____ Fecha: ____ / ____ / _____

ANEXO 2. Cuestionario de información general

Título del estudio:
Ingesta de proteína de suero de leche sobre el somatotipo y las capacidades físicas en estudiantes universitarios con entrenamiento de fuerza.

Instrucciones:
Lea cuidadosamente cada pregunta y responda de acuerdo con su situación actual. La información proporcionada será utilizada únicamente con fines de investigación y será tratada de manera confidencial.

I. Datos generales

Edad: _____ años

Sexo:

☐ Masculino

☐ Femenino

Licenciatura:

☐ Ciencias de la Actividad Física y Práctica Deportiva

☐ Pedagogía

Cuatrimestre que cursa:

☐ 1°

☐ 4°

☐ Otro: _____

II. Información sociodemográfica

El lugar donde vive es:

☐ Propio

☐ Rentado

☐ Vivo con familiares

☐ Vivo con padre/madre/ambos

☐ Otro: _____

Tipo de suelo de la vivienda:

☐ Concreto

☐ Tierra

☐ Otro: _____

Obtención de agua potable:

☐ Dentro de la casa

☐ Dentro del terreno

☐ Fuera del terreno

Eliminación de excretas:

☐ Drenaje

☐ Fosa séptica

☐ Letrina

☐ Otro: _____

Número de habitaciones destinadas para dormir: _____

Número de personas que habitan la vivienda: _____

Jefe(a) de familia:

☐ Padre

☐ Madre

☐ Ambos

☐ Otro familiar

Escolaridad del jefe(a) de familia:

☐ Ninguna

☐ Primaria

☐ Secundaria

☐ Bachillerato

☐ Carrera técnica

☐ Universidad

☐ Posgrado

III. Actividad física

¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

☐ Sí

☐ No

Frecuencia semanal de actividad física:

☐ 1–2 días

☐ 3–4 días

☐ 5 o más días

Horas de actividad física por semana:

☐ 0–1 hora

☐ 2–3 horas

☐ 4–5 horas

☐ Más de 6 horas

¿Ha realizado anteriormente entrenamiento funcional?

☐ Sí

☐ No

IV. Antecedentes médicos

¿Presenta alguna enfermedad diagnosticada?

☐ Sí

☐ No

Especifique: _____

¿Alguna vez un médico le ha diagnosticado enfermedad cardíaca?

☐ Sí

☐ No

¿Tiene diagnóstico de hipertensión arterial?

☐ Sí

☐ No

¿Tiene diagnóstico de diabetes mellitus?

☐ Sí

☐ No

¿Ha sufrido lesiones musculoesqueléticas que limiten la actividad física?

☐ Sí

☐No

Especifique: _____

¿Presenta antecedentes familiares de enfermedad renal crónica?

☐ Sí

☐ No

¿Tiene alguna alergia o intolerancia alimentaria?

☐ Sí

☐No

Especifique: _____

V. Consumo de suplementos

¿Consume actualmente algún suplemento alimenticio?

☐ Sí

☐ No

¿Ha consumido suplementos de proteína en polvo anteriormente?

☐ Sí

☐ No

En caso afirmativo, indique cuál:

¿Conoce los beneficios de la proteína de suero de leche?

☐ Sí

☐ No

¿Ha recibido información previa sobre proteína de suero de leche y entrenamiento?

☐ Sí

☐ No

¿Conoce a alguien que haya consumido proteína de suero de leche?

☐ Sí

☐ No

¿Estaría dispuesto(a) a consumir proteína de suero de leche como parte de un programa de entrenamiento?

☐ Sí

☐ No

☐ Tal vez

¿Qué beneficio asocia principalmente con el consumo de proteína de suero de leche?

☐ Ganancia de masa muscular

☐ Recuperación muscular

☐ Mayor energía

☐ Otro: _____

ANEXO 3. ANTROPOMETRÍA

Proforma Antropométrica ISAK Perfil Restringido

Nombre del evaluado_____ No._____

País_____Sexo_____ Deporte _____ Etnia_____

Fecha de evaluación Día Mes Año Hora Medidor _____

Fecha de Nacimiento Día Mes Año Anotador_____

	Primera medida	Segunda medida	Tercera medida	Media/ Mediana
Masa Corporal (Kg)				
Talla (cm)				
Talla sentado (cm)				
Envergadura de brazos (cm)				
Pliegue del tríceps (mm)				
Pliegue del subescapular (mm)				
Pliegue del bíceps (mm)				
Pliegue de la cresta ilíaca (mm)				
Pliegue del supraespinal (mm)				
Pliegue del abdominal (mm)				
Pliegue del muslo (mm)				
Pliegue de la pierna (mm)				
Perímetro del brazo relajado (cm)				
Perímetro brazo flexionado y contraído (cm)				
Perímetro de la cintura (cm)				
Perímetro de la cadera (cm)				
Perímetro del muslo medio (cm)				
Perímetro de la pierna (cm)				
Diámetro del húmero (cm)				
Diámetro biestiloideo (cm)				
Diámetro fémur				

ANEXO 4. CÁLCULO DEL SOMATOTIPO MEDIANTE EL MÉTODO HEATH-CARTER

1. Endomorfia

X = (pliegue tricipital + pliegue subescapular + pliegue supraespinal) × (170.18 / talla en cm)

Endomorfia = −0.7182 + (0.1451 × X) − (0.00068 × X^2) + (0.0000014 × X^3)

Resultado de endomorfia: _____

2. Mesomorfia

Perímetro corregido del brazo (PCB):

PCB = perímetro del brazo flexionado y contraído (cm) − [pliegue tricipital (mm) / 10]

PCB = _____ cm

Perímetro corregido de pantorrilla (PCP):

PCP = perímetro máximo de pantorrilla (cm) − [pliegue de pantorrilla medial (mm) / 10]

PCP = _____ cm

Mesomorfia = (0.858 × DH) + (0.601 × DF) + (0.188 × PCB) + (0.161 × PCP) − (0.131 × talla en cm) + 4.5

Donde: DH = diámetro biepicondilar del húmero; DF = diámetro biepicondilar del fémur; PCB = perímetro corregido del brazo; PCP = perímetro corregido de pantorrilla.

Resultado de mesomorfia: _____

3. Ectomorfia

Índice talla-peso (HWR):

HWR = talla (cm) / $\sqrt[3]{}$masa corporal (kg)

HWR = _____

La ectomorfia se obtiene de acuerdo con el valor del HWR:

HWR Ecuación

HWR ≥ 40.75 Ectomorfia = (0.732 × HWR) − 28.58

HWR > 38.25 y < 40.75 Ectomorfia = (0.463 × HWR) − 17.63

HWR ≤ 38.25 Ectomorfia = 0.1

Resultado de ectomorfia: _____

C. Resultado final

El somatotipo se expresa en el orden **endomorfia – mesomorfia – ectomorfia**.

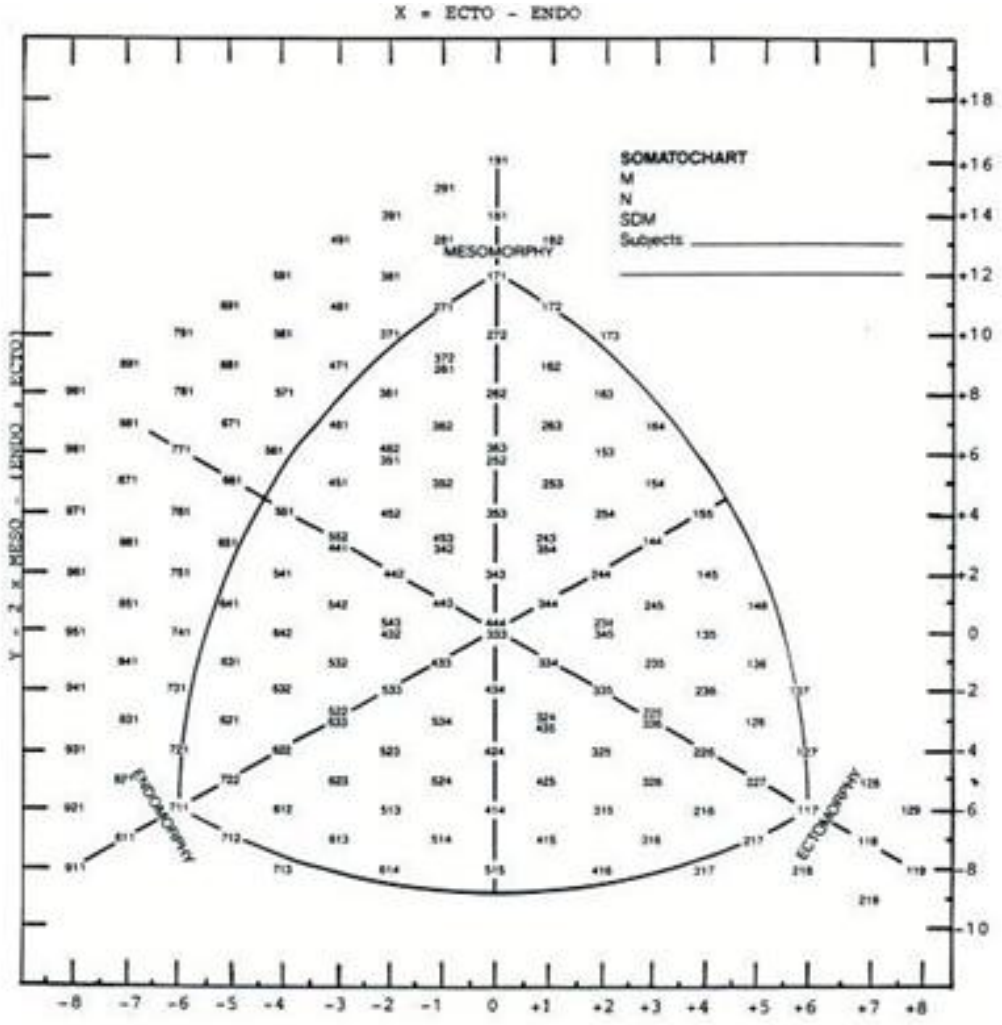
Componente	**Resultado**
Endomorfia	
Mesomorfia	
Ectomorfia	
Somatotipo final	

Coordenadas para la somatocarta

X = Ectomorfia − Endomorfia = _____

Y = (2 × Mesomorfia) − (Endomorfia + Ectomorfia) = _____

SOMATOCARTA



ANEXO 5. Formato de evaluación de fuerza máxima mediante prueba de 6rm en sentadilla, press de banca, press para hombro y peso muerto (pre y post intervención)

FORMATO DE REGISTRO – FUERZA (TEST DE 6 RM)

Instrucciones de aplicación:

Seleccionar un ejercicio de fuerza (sentadilla, press de banca, peso muerto, press militar).

Realizar 1–2 series de calentamiento con cargas progresivas.

Estimar una carga inicial cercana al 70–80% del máximo esperado.

El participante debe realizar máximo 6 repeticiones completas con técnica correcta.

Si realiza más de 6, aumentar carga; si no alcanza 6, reducir.

Registrar la carga más alta completada con exactamente 6 repeticiones.

Datos:

EJERCICIO EVALUADO: SENTADILLA LIBRE

Serie	Carga (kg)	Nº repeticiones logradas	Observaciones
Calentamiento 1			
Calentamiento 2			
Tentativa 1			
Tentativa 2			
Tentativa 3			
Tentativa 4			

Tentativa 5			
Mejor carga lograda con 6 repeticiones			

EJERCICIO EVALUADO: PRESS DE BANCA

Serie	Carga (kg)	Nº repeticiones logradas	Observaciones
Calentamiento 1			
Calentamiento 2			
Tentativa 1			
Tentativa 2			
Tentativa 3			
Tentativa 4			
Mejor carga lograda con 6 repeticiones			

EJERCICIO EVALUADO: PESO MUERTO CON BARRA

Serie	Carga (kg)	Nº repeticiones logradas	Observaciones
Calentamiento 1			
Calentamiento 2			
Tentativa 1			

Tentativa 2			
Tentativa 3			
Tentativa 4			
Mejor carga lograda con 6 repeticiones			

EJERCICIO EVALUADO: PRESS MILITAR CON MANCUERNAS

Serie	Carga (kg)	Nº repeticiones logradas	Observaciones
Calentamiento 1			
Calentamiento 2			
Tentativa 1			
Tentativa 2			
Tentativa 3			
Tentativa 4			
Tentativa 5			
Mejor carga lograda con 6 repeticiones			

ANEXO 6. EVALUACIÓN DE FUERZA PRENSIL MEDIANTE DINAMOMETRÍA

Identificación del participante

Dato Registro

ID del participante _____

Sexo _____

Edad _____ años

Fecha de evaluación ____ / ____ / _____

Evaluación ☐ Pretest ☐ Postest

Mano dominante ☐ Derecha ☐ Izquierda

A. Registro de dinamometría manual

Instrumento: Dinamómetro manual

Unidad de medida: kg / kgf

Extremidad evaluada	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Mejor resultado
Mano derecha				
Mano izquierda				

B. Protocolo de evaluación

El participante permaneció en posición erguida, con el brazo correspondiente colocado al costado del cuerpo y sin realizar movimientos compensatorios. El dinamómetro se ajustó de acuerdo con el tamaño de la mano del participante.

A la indicación del evaluador, el participante realizó una contracción máxima de prensión, ejerciendo la mayor fuerza posible sobre el dinamómetro durante aproximadamente 3 a 5 segundos. Se registró el valor obtenido y se repitió el procedimiento para ambas manos.

Se realizaron tres intentos por cada mano, permitiendo un periodo de recuperación entre intentos. Para el análisis se consideró el mejor valor obtenido en cada extremidad.

C. Registro del resultado final

Variable Resultado

Fuerza prensil mano derecha _____ kg

Fuerza prensil mano izquierda _____ kg

Mayor fuerza prensil registrada _____ kg

Mano con mayor fuerza ☐ Derecha ☐ Izquierda

Observaciones:

Nota. Proforma utilizada para el registro de la fuerza prensil mediante dinamometría

ANEXO 7. Formato de evaluación de velocidad mediante prueba de 30 metros, pre y post intervención)

FORMATO DE REGISTRO – VELOCIDAD (PRUEBA DE 30 M)

Instrucciones de aplicación:

Colocar al participante en la línea de salida en posición alta.

Dar la señal de inicio con voz o silbato. (Se usara banderas verde para señalar inicio y roja para mantener en espera al participante)

Cronometrar el tiempo desde la señal hasta que cruce la meta de 50 m.

Repetir en 2 intentos, registrando el mejor tiempo.

Prueba: Carrera de 30 metros planos

Nº	Intento 1 (seg.)	Intento 2 (seg.)	Mejor tiempo (s)	Observaciones
1				

ANEXO 8. Formato de evaluación de flexibilidad mediante prueba de sit and reach, (pre y post intervención)

Intento	Distancia (cm)
1	
2	
3	
Mejor resultado	**cm**

ANEXO 9. Formato de evaluación de resistencia cardiorespiratoria mediante prueba de course navette, (pre y post intervención)

FORMATO DE REGISTRO – RESISTENCIA (COURSE NAVETTE)

Instrucciones de aplicación:

Marcar un espacio recto de 20 m con líneas en el piso.

El participante corre entre las dos líneas al ritmo de un audio con señales sonoras. Se reforzará con banderas, bandera verde indica inicio de prueba y bandera roja es pausa o final de la prueba.

La velocidad inicial es de 8 km/h y aumenta cada minuto.

El test finaliza cuando el participante no llega 2 veces seguidas a la línea al sonido.

Registrar la última etapa completada, número de idas y vueltas, y estimar el VO_2 máx.

Código	Etapa alcanzada	Nº de idas y vueltas	VO_2 máx estimado (ml/kg/min)	Observaciones

ANEXO 10. Cuestionario internacional de actividad física (ipaq-sf)

International Physical Activity Questionnaire (Versión Corta)

Instrucciones: Las siguientes preguntas se refieren a la actividad física que realizó durante los últimos 7 días. Responda cada pregunta considerando únicamente actividades realizadas durante al menos 10 minutos continuos.

Nombre: _____

ID: _____

Fecha: ____ /____ /_____

ACTIVIDAD FÍSICA VIGOROSA

Las actividades físicas vigorosas son aquellas que requieren mucho esfuerzo físico y hacen que respire mucho más fuerte de lo normal, por ejemplo: correr, jugar fútbol, basquetbol, natación intensa, ciclismo rápido, entrenamiento de fuerza intenso o actividades similares.

1. Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días realizó actividades físicas vigorosas durante al menos 10 minutos continuos?

☐ Ningún día

☐ 1 día

☐ 2 días

☐ 3 días

☐ 4 días

☐ 5 días

☐ 6 días

☐ 7 días

Número de días: _____

2. ¿Cuánto tiempo dedicó habitualmente a actividades físicas vigorosas en uno de esos días?

Horas: _____

Minutos: _____

ACTIVIDAD FÍSICA MODERADA

Las actividades físicas moderadas son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y hacen que respire algo más fuerte de lo normal, por ejemplo: caminar rápido, bailar, ciclismo recreativo, ejercicios aeróbicos, actividades domésticas pesadas o actividades similares.

3. Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días realizó actividades físicas moderadas durante al menos 10 minutos continuos?

☐ Ningún día

☐ 1 día

☐ 2 días

☐ 3 días

☐ 4 días

☐ 5 días

☐ 6 días

☐ 7 días

Número de días: _____

4. ¿Cuánto tiempo dedicó habitualmente a actividades físicas moderadas en uno de esos días?

Horas: _____

Minutos: _____

CAMINATA

Incluya el tiempo dedicado a caminar en el trabajo, escuela, transporte, ejercicio o tiempo libre.

5. Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó durante al menos 10 minutos continuos?

☐ Ningún día

☐ 1 día

☐ 2 días

☐ 3 días

☐ 4 días

☐ 5 días

☐ 6 días

☐ 7 días

Número de días: _____

6. ¿Cuánto tiempo dedicó habitualmente a caminar en uno de esos días?

Horas: _____

Minutos: _____

TIEMPO SEDENTARIO

7. Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo permaneció sentado(a) en un día habitual?

Considere el tiempo sentado en clases, estudiando, trabajando, utilizando computadora, viendo televisión o descansando.

Horas: _____

Minutos: _____

ANEXO 11. RECORDATORIO DE 24 HORAS (R24h)

Código del participante: _____
Fecha del recordatorio: ____ / ____ / _____
Día de la semana: _____
Día de entrenamiento: Sí ( ) No ( )

Instrucciones: Registre todos los alimentos, bebidas y suplementos consumidos durante las últimas 24 horas, desde que se levantó el día anterior hasta que se levantó el día de hoy. Incluya horarios, cantidades, forma de preparación, ingredientes y, cuando corresponda, marca comercial.

Hora	Tiempo de comida	Alimento, bebida o suplemento	Cantidad consumida	Preparación / ingredientes / marca
	Desayuno			
	Colación			
	Comida			
	Colación			
	Cena			
	Otros			
	Suplementos			

Información complementaria

Agua consumida durante el día: _____

¿Consumió algún suplemento nutricional?
Sí ( ) No ( )

En caso afirmativo, especifique cuál, cantidad y horario:

_____

_____

¿El consumo de alimentos de este día fue similar a su alimentación habitual?
Sí ( ) No ( )

Si respondió no, indique el motivo:

_____

_____

Observaciones:

ANEXO 12. Cuestionario de tamizaje de riesgo renal basado en las recomendaciones KDIGO

Objetivo: Identificar participantes con posibles factores de riesgo o antecedentes compatibles con enfermedad renal crónica.

Instrucciones: Marque la respuesta que corresponda a su situación actual.

Nombre: _____

ID: _____

Fecha: ____ /____ /_____

Antecedentes personales

1. ¿Algún médico le ha diagnosticado enfermedad renal?

☐ Sí

☐ No

2. ¿Algún médico le ha diagnosticado diabetes mellitus?

☐ Sí

☐ No

3. ¿Algún médico le ha diagnosticado hipertensión arterial?

☐ Sí

☐ No

4. ¿Actualmente toma medicamentos para controlar la presión arterial?

☐ Sí

☐ No

5. ¿Actualmente toma medicamentos para controlar la glucosa en sangre?

☐ Sí

☐ No

Antecedentes familiares

6. ¿Tiene familiares directos (padres o hermanos) con enfermedad renal crónica?

☐ Sí

☐ No

7. ¿Tiene familiares directos que requieran diálisis o trasplante renal?

☐ Sí

☐ No

Signos y síntomas asociados

8. ¿Ha observado sangre en la orina?

☐ Sí

☐ No

9. ¿Ha notado espuma excesiva en la orina de manera frecuente?

☐ Sí

☐ No

10. ¿Ha presentado disminución importante en la cantidad de orina?

☐ Sí

☐ No

11. ¿Se levanta frecuentemente durante la noche para orinar?

☐ Sí

☐ No

12. ¿Ha presentado hinchazón frecuente en pies, tobillos o cara?

☐ Sí

☐ No

13. ¿Ha presentado fatiga excesiva sin causa aparente?

☐ Sí

☐ No

Factores de riesgo

14. ¿Utiliza frecuentemente medicamentos antiinflamatorios (ibuprofeno, diclofenaco, naproxeno u otros)?

☐ Sí

☐ No

15. ¿Ha sido hospitalizado por problemas renales anteriormente?

☐ Sí

☐ No

16. ¿Le han informado alguna vez que tiene proteína en la orina?

☐ Sí

☐ No

17. ¿Le han informado alguna vez que tiene creatinina elevada?

☐ Sí

☐ No

ANEXO 13. Evidencia fotográfica



Nota. Recipientes individuales preparados con proteína de suero de leche para los participantes asignados al grupo de suplementación durante la intervención.



Nota. Proteína de suero de leche utilizada en el estudio, distribuida en recipientes individuales identificados para cada participante del grupo de suplementación.



Nota. Aplicación de las evaluaciones físicas pretest y postest a los participantes del estudio, con apoyo de los practicantes.



Nota. Desarrollo de las sesiones de entrenamiento de fuerza realizadas en las instalaciones del gimnasio de la Universidad del Valle de Cuernavaca.

Cuernavaca, Morelos a 25 de mayo del 2026.

Estimados Marisol Guadarrama Sámano, Juan Salvador Gómez Miranda y María Alejandra Terrazas Meraz:

Por este medio nos complace informarle que el capítulo titulado **"Entrenamiento de fuerza basado en supercompensación y proteína sobre capacidades físicas en universitarios sedentarios",** presentado para su inclusión en el libro **"Beneficios de las Ciencias Aplicadas a la Actividad física y Ejercicio en la Salud Integral de diversos grupos poblacionales: Evidencia científica"**, ha sido **revisado en una primera fase por pares académicos internos** y ha sido **ACEPTADO para su envío a la editorial**.

En la siguiente etapa, el manuscrito será sometido a un proceso de **evaluación por pares ciegos externos a la institución**, conforme a los estándares de calidad académica y editorial establecidos. Este procedimiento garantiza la transparencia, imparcialidad y rigor científico en la valoración de los trabajos que integrarán la obra.

Agradecemos su contribución y el esfuerzo académico reflejado en su capítulo, el cual fortalece la pertinencia y calidad del libro. Le solicitamos mantenerse atento a las comunicaciones posteriores de la editorial, a través del correo institucional de la Secretaría de Investigación de la Facultad de Ciencias del Deporte (investigacion.fcd@uaem.mx) respecto al dictamen final y posibles ajustes derivados del proceso de revisión externa.

Atentamente

Comité Coordinador del libro

"Beneficios de las Ciencias aplicadas a la Actividad física y Ejercicio en la Salud Integral de diversos grupos poblacionales: Evidencia científica"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MISHAEL SANCHEZ PEREZ | Fecha:2026-05-24 09:48:25 | FIRMANTE

thD95twRRjZIg4EGM3I9L3kFYYj57IOLKT+Uwzdo3pqiLumrABoTrIl+6BX8xcOUTPL2znhqW1mlmf7dcqgxlEcK2wFqVPFv9FpWCOiwzFS6S4Z/q0KElO5dUnl+MAhf3BPnO4jbsKa2IOQucVrjRNtwEOCZ11nZlNStPpMjF3+/orvrdQBJP+FHsBNV2GElndYL3xqqcuayNKXYK8rALSk4T4jIjLb5cwTa8DkdRsdyLO63xOTSFJThVfNwNpQntHemVYdOucGGd61NjNyJVKzVqEMe9Gv1M2vmK9f2gvNS8OPwXkvOcO2/M1rfbGDDdIZtecnOG+3VQX9X2I6RIA==

FRANCISCO EDUARDO BRAVO REYES | Fecha:2026-05-25 11:19:33 | FIRMANTE

NHK5KNaa+w0kiwHeOASDaKSlNSrg/TgrnSJtjUinnFf/GcHc4i2Q+B4D+kygqHNZP6Bd8vkAYAxgsF+Fu8QIDc0tdvgYJLPhrcqd+xHjTcPInT7qdVXgMO2K0Pau1VaxI+ha+C5FMat2C7ZXyIbKc4mpcSEkl7UHBvV2KY67m3FZWJCO1iI67ucGAoLH1FQm1fP2910uttf0QtqHvQb9fHSYXqHOC74XMQvJGcn1ewBsJFAAPAcpBZb8Tg+ScZDRm3K96+fWDYF3gTdn661WJS9aP7wtHbi6n5qSsczbA687D2EfGkr+FblpHo6o6nKhuyFSUbxu85ZkGItAgYpTKA==

NORMA LILIA GONZALEZ JAIMES | Fecha:2026-05-25 12:12:55 | FIRMANTE

WZy27EDoFEX/OwbRjhXaI4SffuZFCNErYfQTYm+FBPDPTQrqxM5Whfpu8x1AYPACSvtPN+fR3/MpOeEdVDTCO4CTOvxR85dzTZH5ZmaVwYT/1B+55ORhh94Ib0OJ8u1PSmwZM67pu9lxE1/fl2j5N4Jnh7kVXgk1CQdUWB3Zgxe2F0zQrtKm7eMhviSF73zJE1vwXY8owfREUC8o8klHnGpCNsF4O8H5mr44gFpkQC353Gb+AmZYekpIIatpFpoR07MhSNY8nXds75iA4IPclAqLIZXQTSj+vDdmaqi+ZkH8LMDtXZTgJrSvOGPOSWMzE4aOvHn7ilkZydX9U5DkmA==

MARIA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ | Fecha:2026-05-26 07:41:10 | FIRMANTE

DeXXSvs04Wwyz3WBU2Xn2SBQh3Bm7hsXNFme65AE3Gczcbntoxx1P+rBsNBhITAAVDlrgE5F9J941p5+8ZexReqWRCTuZmmnvgSZSEI3aSA4alOBC1b58lyf/eoR8aIOAaOvvF75Pj9ZoI/VPXBtVfmRa/L8xtyMCzS/sSuBUw1km+kaicCa4GnZLrULBI2Gy5+ALC4gIGQBPSgUfCKL8CovsXV+dKRbBcGoj1wy5SjSAUmuO+wKO4/Z7P3z8XoO1mXDh+tVuzEC5ebpMTFkJ7E8GjvcyGi/W8qR1GoEU5rBgAPPgjqWVyhHJdG9DhflAeI2zZrPA5mrBQx3cM4FzQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

ricfa8uYM

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Hc6E0l3LPMAtXgBz7puEHIfJmk4ZiKLU

XXXV CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE NUTRICIÓN 24-26 junio 2026

XI REUNIÓN DE JÓVENES INVESTIGADORES 24 junio 2026

SEDE: PALACIO DE CONGRESOS CONDE ANSÚREZ, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN

Certificamos que

MARÍA ALEJANDRA TERRAZAS

ha presentado el **póster** titulado

"Title Influence of Whey Protein Consumption on Anthropometric Indicators and Physical Capacity Following a Resistance Training Program in University Students"

Co-autores:
Marisol Guadarrama, Gabriela Elizabeth Rueda,
Ofmara Yadira Zúñiga

en el XXXV Congreso Nacional de la SEÑ, celebrado en Valladolid del 24 al 26 de junio de 2026.

Y para que así conste, firmamos el presente certificado

Valladolid, a 26 de junio de 2026.





Dr. Rafael Urrialde de Andrés
Vicepresidente
XI Reunión de Jóvenes Investigadores

Dra. Mª José Castro Alija
Presidenta
XI Reunión de Jóvenes Investigadores

Cuernavaca, Morelos, 27 de octubre de 2026

COMISIÓN ACADÉMICA DE LA
MAESTRÍA EN LAS CIENCIAS APLICADAS
A LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

P R E S E N T E

Como miembro del jurado y después de haber evaluado a profundidad la tesis titulada: **INGESTA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE, SOMATOTIPO, CAPACIDADES FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: ENSAYO NO ALEATORIZADO**, que es producto del proyecto realizado en el posgrado que lleva por título: "Maestría en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte" (MCAAFD), por la estudiante **Guadarrama Sámano Marisol**, con número de matrícula **10082067**, aspirante al grado de **Maestra en las Ciencias aplicadas a la Actividad Física y Deporte**, considero que la tesis reúne los requisitos y la acepto para su réplica oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Miembro del jurado

FIRMA ELECTRÓNICA

_____
Dra. María Alejandra Terrazas Meraz

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARIA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ | Fecha:2026-10-27 21:50:38 | FIRMANTE

F5QLGItoUi0xW1rx67Q/SPtDYqvj0OQcCY8kFbO97sLXr+EjC4kE5s6vJ95u3sIrVX76LyyRPIsOq0NNcoEmWNJaFYVSguX7NhG7Ph7Yh4sX86SAVJ9DDOGoYLHN6Zcv3H61I3Z/sqcHbj3ppZZfWmYDP8Wg5q3PZ9QbrlMFD4N/BwG38yV2a2TRu1woVE26swPbRKxo1bJg2BrBm8DycazpPkOM+vGp7iNmTQDz3r594dN7iICtBRB63BjfaMLT0d49/dCo9brNcJM9IQa4o7nWvNGKKTx5HoyC80HTog3U70c3kXnFYYAJ4pKGPjxlIBA4W7LCOnMmpiZBw0HyEA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

iFC0fwHjg

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/oIovKzvF0Asoc78PfXTTRe3iZGm4n1iv

Cuernavaca, Morelos, 27 de octubre de 2026

COMISIÓN ACADÉMICA DE LA
MAESTRÍA EN LAS CIENCIAS APLICADAS
A LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

P R E S E N T E

Como miembro del jurado y después de haber evaluado a profundidad la tesis titulada: **INGESTA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE, SOMATOTIPO, CAPACIDADES FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: ENSAYO NO ALEATORIZADO**, que es producto del proyecto realizado en el posgrado que lleva por título: "Maestría en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte" (MCAAFD), por la estudiante **Guadarrama Sámano Marisol**, con número de matrícula **10082067**, aspirante al grado de **Maestra en las Ciencias aplicadas a la Actividad Física y Deporte**, considero que la tesis reúne los requisitos y la acepto para su réplica oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Miembro del jurado

FIRMA ELECTRÓNICA

_____
Mtro. Juan Salvador Gómez Miranda

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JUAN SALVADOR GOMEZ MIRANDA | Fecha:2026-10-28 14:59:32 | FIRMANTE

pDUzRJOJthBl00Azf2UWMy29OWAPLkb/4ClaxhqjQ95zsz4g1672e39LuzeoIAYGrFkfLiMnPXxSk4lZiNshqmOLuDoH0ao5DlSRYNcOeABYayCO25anWBpSuzj7+H5qn9XtDDJwXKvhe/6eIJDmmcZH5YIx7x6qeRoaPwef/hjEkr8Vcnqnhny7qfLVwlDirep+hHZTNgsINO3/meRQPe3rHsGKMNdcjqGB9yqrLeQt5Cm9mKPvVVCznIZ34fB5c28pRTqVIQnn8XnpS2P50t9DnkTRIyhGQxOD466ENFoxt6S/JTALOmE53SjqNnaJX4VD9OvDTRdKV/x3bCfoFg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

I8Cjg0KUd

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/om2z6t8dKhOGnWFTBrwZKjGmTYAzE06L

Cuernavaca, Morelos, 27 de octubre de 2026

COMISIÓN ACADÉMICA DE LA
MAESTRÍA EN LAS CIENCIAS APLICADAS
A LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

P R E S E N T E

Como miembro del jurado y después de haber evaluado a profundidad la tesis titulada: **INGESTA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE, SOMATOTIPO, CAPACIDADES FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: ENSAYO NO ALEATORIZADO**, que es producto del proyecto realizado en el posgrado que lleva por título: "Maestría en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte" (MCAAFD), por la estudiante **Guadarrama Sámano Marisol**, con número de matrícula **10082067**, aspirante al grado de **Maestra en las Ciencias aplicadas a la Actividad Física y Deporte**, considero que la tesis reúne los requisitos y la acepto para su réplica oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Miembro del jurado

FIRMA ELECTRÓNICA

_____
Dra. Norma Lilia González Jaimes

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

NORMA LILIA GONZALEZ JAIMES | Fecha:2026-10-27 20:16:01 | FIRMANTE

h2a/liwDUqf7AhWsgKdj7XgZWwjidUoOM/pWcd+GW6lBcMK6jlKUZONVskmYBIeqpXfP/h3Uy4pNy2rDt+47/S/Z9B/W/G9HPJN04VFIVE6ZVUdx+DUvA8KyV39XZ63M3XF0fVr+y44Y1ZW1x00kQ08Lo/aUyRVapAUJ9DOvhH8LyRLvUELEDaNuEPRM+CVLvZeuC0Yz8NEb2PboZfAJW7HdHVA5fsAqOr02NogYPO3jOVTFvoQMJZ9KMX7rUHd22bC7QG/MrgeG25fdqpg1AstmtyumZzRRrvIf6RKWzAiDbO6feRfmNliupvJqSJ7RABj36AO6dvEhERAElHgh1A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

QklerfP2N

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ZZ2CIbsIkTb3ZNf8fWfyqkGDSR06loD7

Cuernavaca, Morelos, 27 de octubre de 2026

COMISIÓN ACADÉMICA DE LA
MAESTRÍA EN LAS CIENCIAS APLICADAS
A LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

P R E S E N T E

Como miembro del jurado y después de haber evaluado a profundidad la tesis titulada: **INGESTA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE, SOMATOTIPO, CAPACIDADES FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: ENSAYO NO ALEATORIZADO**, que es producto del proyecto realizado en el posgrado que lleva por título: "Maestría en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte" (MCAAFD), por la estudiante **Guadarrama Sámano Marisol**, con número de matrícula **10082067**, aspirante al grado de **Maestra en las Ciencias aplicadas a la Actividad Física y Deporte**, considero que la tesis reúne los requisitos y la acepto para su réplica oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Miembro del jurado

FIRMA ELECTRÓNICA

_____
Mtro. Eduardo Quintín Fernández

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

EDUARDO QUINTIN FERNANDEZ | Fecha:2026-10-30 10:40:34 | FIRMANTE

pR6BFQSA8Y0PRdudyZtIlfIe1DheZYMOBoIwi/es4gHQOCEieAQnngcQLnKAs9aMcqA+/vvYZey7glhYJ9qK+CS5of+naYhoXlhi9f6sNS9Akue0iG3V8Z42wozPArGoF1Nk2ObdfKme58hvUyBPMYLmSRoiMAB4K100D7i86B//zOLt5g7juWPWQxwoI/5uPO1DKA7fZAyrE2RzkeJn7i9OEMf6QLmTsvzBKOIwn9bTb939GYcIXcjmA0PGDLgc/FWvIMz209W+ehYUDQ5EtvefAZQFfiD8nAhhg/fdXcuR/vH60k5p2ZOHbFPKmDygH35g0J/kHBNRar9fgnCDbA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

HjeEhOBUT

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/4RiR2lqzgoHGri3ZYBBvBRItd99YcP8z

Cuernavaca, Morelos, 27 de octubre de 2026

COMISIÓN ACADÉMICA DE LA
MAESTRÍA EN LAS CIENCIAS APLICADAS
A LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

P R E S E N T E

Como miembro del jurado y después de haber evaluado a profundidad la tesis titulada: **INGESTA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE, SOMATOTIPO, CAPACIDADES FÍSICAS Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: ENSAYO NO ALEATORIZADO**, que es producto del proyecto realizado en el posgrado que lleva por título: "Maestría en las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte" (MCAAFD), por la estudiante **Guadarrama Sámano Marisol**, con número de matrícula **10082067**, aspirante al grado de **Maestra en las Ciencias aplicadas a la Actividad Física y Deporte**, considero que la tesis reúne los requisitos y la acepto para su réplica oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Miembro del jurado

FIRMA ELECTRÓNICA

_____
Dra. Paola Adanari Ortega Ceballos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

PAOLA ADANARI ORTEGA CEBALLOS | Fecha:2026-10-27 15:30:45 | FIRMANTE

jd1akFw21hD6gJ3G4mmimwmCFSLlM59py4wqd5ttDkFLpKGTpZfdrAlr+1zap9L44HpPaTY3wyxDBRnCKQ8x2mfx5i13QAKIpg5YgmnxpccXEnGLjpE0Lbn1BP+Hi2rlkBy73Bc/3nHl7x6YUV9M9b9Oaibo5QLk0SAIJ5W4CtZqjs+FxAoiXAVfDHOGtvghsDZvqztTixThyp9ob7KPm+pPbgBeJbeZMW7Kc/8uyNOAWJKbydvz+V9GH0tTrmllpxP9aqypHA4nJfyztzOSm7wGMZD5dX7ThKeNBIocG6QKw9uVQmeb+ITEM3RxWajAu+Pwf9YQsIWmUpAad6716Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

r94cUvWjm

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/73XyPwhTcQF2OzqXV3NhRU4E3u1lQaGk