GRUPO BLR

FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO: CIENCIA, PLANIFICACIÓN Y DIDÁCTICA

ISBN: 978-9907-852-41-7

Héctor Iván Rivas Cun

2026

FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO: CIENCIA, PLANIFICACIÓN Y DIDÁCTICA

Héctor Iván Rivas Cun

AUTOR



UTMACH

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica.

©Grupo Editorial BLR
Universidad Técnica de Machala
Riobamba – Ecuador
Correo: publicaciones@grupoblr.com
https://grupoblr.com/libros-investigo
REPOSITORIO



Rivas, H. (2026) Fundamentos del entrenamiento deportivo: Ciencia, planificación y didáctica. Grupo Editorial BLR.

© Héctor Iván Rivas Cun

Fundamentos del entrenamiento deportivo: Ciencia, planificación y didáctica.

ISBN: 978-9907-852-41-7

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

FILIACIÓN DEL AUTOR

Héctor Iván Rivas Cun

Universidad Técnica de Machala

Correo Electrónico: hrivas@utmachala.edu.ec

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5459-4698

PRESENTACIÓN

Este texto de formación científica y pedagógica para la educación superior aborda el entrenamiento de la fuerza y la prescripción del ejercicio físico a partir de un enfoque integrador que conecta la fundamentación biológica, la periodización metodológica, el soporte ergogénico-nutricional y las consideraciones clínicas específicas en poblaciones especiales y etarias. A lo largo de sus cuatro capítulos, la obra rompe con los paradigmas tradicionales y empíricos del acondicionamiento físico, dotando tanto a docentes como a estudiantes de herramientas didácticas, matrices operativas y rúbricas analíticas estandarizadas que transforman la teoría científica en competencias prácticas de aplicación en el terreno.

El Capítulo I establece los fundamentos biológicos y la monitorización de la fuerza, analizando las adaptaciones neuromusculares, la tipología de las contracciones y las diferencias fisiológicas según el sexo (Nuzzo, 2023; Roberts et al., 2023). Asimismo, examina el uso de tecnologías biomédicas avanzadas, como plataformas de fuerza, electromiografía superficial y sensores inerciales (Merrigan et al., 2021; Taborri et al., 2020). Además, detalla la cronología de la fatiga neuromuscular aguda posterior a estímulos de alta intensidad (Thomas et al., 2018), proveyendo fichas de campo para la activación neuromuscular segmentaria y el control de rutinas pliométricas basadas en la evidencia experimental (Pramono et al., 2023; Ramirez-Campillo et al., 2022).

El Capítulo II se adentra en la planificación y periodización del entrenamiento bajo la ley de la bioadaptación y el Síndrome General de

Adaptación (Stone et al., 2021; Thomas et al., 2018). Problematiza la organización de las cargas basándose únicamente en la edad cronológica, contrastando este enfoque con los criterios de maduración biológica en jóvenes (Ramirez-Campillo et al., 2022), y analizando los mecanismos celulares e histológicos de la pérdida de masa y función muscular relacionada con el envejecimiento (Larsson et al., 2019; Wilkinson et al., 2018). El bloque práctico dota al alumnado de laboratorios de diseño de macrociclos auditados bajo el formato internacional CERT (Slade et al., 2016) y rutinas de alta probabilidad científica para el fortalecimiento y control motor del cinturón lumbo-abdominal (Owen et al., 2020).

El Capítulo III aborda la bioquímica de las ayudas ergogénicas y la nutrición aplicada a la dirección fuerza. Se deconstruyen los mecanismos celulares de agentes validados de forma institucional como la cafeína anhidra (Guest et al., 2021) y de compuestos nitrogenados esenciales como la creatina, la taurina y la carnosina (Wu, 2020). Además, analiza el impacto regulador de la vitamina D sobre el estado anabólico muscular (Dzik y Kaczor, 2019) y los mecanismos de protección celular e inhibición de vías inflamatorias destructivas (NF-kB) a través de polifenoles de granada y de la estimulación de proteínas de choque térmico (*HSP70*) mediada por la L-glutamina (Ammar et al., 2018; Raizel y Tirapegui, 2018). Este bloque incluye talleres de auditoría de etiquetas comerciales y matrices de hidratación pautada peri-esfuerzo (Garber et al., 2011).

Finalmente, el Capítulo IV sistematiza la prescripción del ejercicio en poblaciones especiales y condiciones metabólicas crónicas

(hipertensión, diabetes tipo II y dislipidemias), problematizando el sedentarismo frente a las adaptaciones protectoras periféricas de la sobrecarga (Chait y den Hartigh, 2020; Cosentino et al., 2020; Mach et al., 2020; Mancia et al., 2023). A través de las directrices de seguridad de las guías de la ESH y la ESC, el texto enseña a dosificar circuitos moderados que optimizan el perfil metabólico, la función endotelial y la disfunción muscular en extremidades periféricas (Belardinelli et al., 1999; Maltais et al., 2014), cerrando con rúbricas de evaluación analítica y casos prácticos de resolución clínico-deportiva aplicables a la educación superior.

Palabras clave: Fuerza muscular, Periodización del entrenamiento, Suplementación ergogénica, Poblaciones clínicas, Evaluación formativa.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN……i

ÍNDICE.....iv

ÍNDICE DE TABLAS.....x

INTRODUCCIÓN.....xii

CAPÍTULO I.....15

1 BASES CIENTÍFICAS Y METODOLÓGICAS DE LA FUERZA MUSCULAR.....15

1.1 Orientación del Aprendizaje.....15

1.2 Núcleo Teórico y Conceptual.....18

1.2.1 Teoría y metodología del entrenamiento de la fuerza.....18

1.2.2 Principios generales del entrenamiento de fuerza.....19

1.2.3 Factores endógenos y exógenos de realización de fuerza.....21

1.2.4 Fisiología de las contracciones musculares.....22

1.3 Caja de Herramientas Didácticas (Docente).....24

1.4 Guía de Aplicación en el Terreno (Estudiantes).....26

1.4.1 Taller práctico de activación neuromuscular por segmentos corporales.....27

1.4.2 Ficha de campo para entrenamiento de fuerza potencia y saltos pliométricos 28

1.5 Bloque de Evaluación del Capítulo 30

1.5.1 Cuestionario conceptual de autoevaluación 30

1.5.2 Rúbrica para evaluar materiales y propuestas elaboradas en clase……32

1.6 Resumen del capítulo 33

CAPÍTULO II 36

2 PLANIFICACIÓN, PERIODIZACIÓN Y CONSIDERACIONES ETARIAS DEL ENTRENAMIENTO 36

2.1 Orientación del Aprendizaje 36

2.2 Núcleo Teórico y Conceptual 38

2.2.1 La periodización del entrenamiento deportivo y la ley de bio-adaptación 38

2.2.2 Particularidades y adaptaciones en los distintos grupos etarios . 40

2.2.3 Criterios científicos, riesgos y técnicas del uso de pesas a diferentes edades 41

2.3 Caja de Herramientas Didácticas (docente) 43

2.4 Guía de Aplicación en el Terreno (estudiantes) 45

2.4.1 Laboratorio de diseño de macrociclos y microciclos de fuerza . 45

2.4.2 Diseño de rutinas para el fortalecimiento del cinturón lumbo-abdominal y coxofemoral..... 46

2.5 Bloque de Evaluación del Capítulo:..... 48

2.5.1 Caso de estudio: Diagnóstico y corrección técnico-pedagógica de un plan mal estructurado en etapas formativas 49

2.6 Preguntas analíticas de resolución para el estudiante: 49

2.6.1 Matriz de evaluación de circuitos y propuestas de planificación……...50

2.7 Resumen del capítulo 52

CAPÍTULO III 54

3 SUPLEMENTACIÓN ERGOGÉNICA Y NUTRICIÓN APLICADA A LA DIRECCIÓN FUERZA 54

3.1 Orientación del Aprendizaje 54

3.2 Núcleo Teórico y Conceptual..... 55

3.2.1 Bioquímica de las ayudas ergogénicas en el desarrollo de la fuerza……..56

3.2.2 Suplementación nutricional y su impacto en la síntesis proteica ……..58

3.2.3 Mecanismos de recuperación celular post-esfuerzo..... 58

3.3 Caja de Herramientas Didácticas (Docente) 60

3.4 Guía de Aplicación en el Terreno (Estudiantes) 63

3.4.1 Taller de auditoría de suplementos comerciales 63

3.4.2 Ficha de control de hidratación y soporte ergogénico para entrenamientos resistidos 64

3.5 Bloque de Evaluación del Capítulo 66

3.5.1 Casos prácticos de interpretación y dosificación nutricional 66

3.5.2 Matriz de evaluación formativa para casos bioquímicos y nutricionales 68

3.6 Resumen del capítulo 70

CAPÍTULO IV 72

4 ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN POBLACIONES ESPECIALES Y CONDICIONES METABÓLICAS CRÓNICAS 72

4.1 Orientación del Aprendizaje 72

4.2 Núcleo Teórico y Conceptual 75

4.2.1 Fisiopatología de las enfermedades cardiovasculares y metabólicas 75

4.2.2 Respuestas hemodinámicas y adaptaciones periféricas al entrenamiento de la fuerza 76

4.2.3 Directrices de seguridad y criterios de dosificación de la carga en poblaciones clínicas 78

4.3 Caja de Herramientas Didácticas (Docente) 79

4.4 Guía de Aplicación en el Terreno (Estudiantes) 81

4.4.1 Protocolo de control hemodinámico y metabólico en el terreno 81

4.4.2 Ficha de programación y dosificación para circuitos de fuerza clínica 82

4.5 Bloque de Evaluación del Capítulo 84

4.5.1 Caso práctico de dosificación en un paciente con comorbilidades cardiometabólicas 85

4.5.2 Matriz de evaluación formativa para propuestas de prescripción clínica 87

4.6 Bloque de Evaluación del Capítulo 88

4.6.1 Casos prácticos de interpretación y dosificación clínico-deportiva……89

4.6.2 Matriz de evaluación formativa para casos clínicos y circuitos adaptados 90

4.7 Resumen del capítulo 92

GLOSARIO DE TÉRMINOS 94

ANEXOS 102

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Dosificación y Control Técnico para Sesiones de Fuerza Reactiva y Pliometría. 29

Tabla 2. Rúbrica Analítica de Evaluación para Propuestas e Informes Técnicos de Terreno. 32

Tabla 3. Programa de Estabilización y Control Motor para el Fortalecimiento Lumbo-Abdominal y Coxofemoral. 47

Tabla 4. Rúbrica de Calificación Formativa para la Corrección de Planes y Diseño de Circuitos. 51

Tabla 5. Matriz de Registro de Ayudas Ergogénicas, Hidratación e Indicadores de Recuperación Celular. 65

Tabla 6. Rúbrica Analítica para la Evaluación de Resoluciones Nutricionales y Soporte Ergogénico. 68

Tabla 7. Matriz de Prescripción, Dosificación Mecánica y Control Hemodinámico en Circuitos Clínicos de Fuerza. 83

Tabla 8. Rúbrica Analítica para la Calificación de Casos Clínicos y Programaciones de Fuerza Adaptada 87

Tabla 9. Rúbrica Analítica para la Evaluación de Resoluciones Clínicas y Programación de Circuitos de Fuerza. 91

Tabla 10. Ficha Escolar de Autoevaluación Cualitativa del Salto Vertical y Percepción del Esfuerzo por Vías Energéticas. 102

Tabla 11. Registro Universitario de Pérdida de Velocidad y de Potencia por Depleción del Sistema Anaeróbico Aláctico. 104

Tabla 12. Matriz Profesional de Cruzamiento de Datos: Plataformas de Fuerza e Índices del Metabolismo Glucolítico (sEMG). 106

Tabla 13. Ficha Escolar de Control de Crecimiento, Ritmo Motor y Recuperación Cardiorrespiratoria. 108
Tabla 14. Lista de Verificación Académica para la Auditoría Bioenergética y Estructural de Macrociclos de Carga. 109
Tabla 15. Protocolo de Diagnóstico de Sarcopenia y Capacidad de Recuperación Bioenergética en Adultos Mayores. 110
Tabla 16. Ficha Escolar de Control de Azúcares y Estimulantes Ocultos que Interfieren en la Homeostasis Energética. 112
Tabla 17. Matriz Universitaria de Clasificación Científica de Suplementos y su Soporte en la Bioenergética Muscular. 113
Tabla 18. Matriz de Decisiones Profesionales para el Diseño de Protocolos de Recuperación basados en la Ruta Bioenergética. . 114
Tabla 19. Ficha Escolar de Diagnóstico del Sedentarismo Familiar y Compromiso Metabólico Oxidativo. 116
Tabla 20. Ficha Universitaria de Interpretación de Ergoespirometrías, Umbrales Ventilatorios y Zonas Bioenergéticas. 118
Tabla 21. Rúbrica de Desempeño Profesional para la Dirección de Circuitos Clínicos de Fuerza y su Enfoque en Sistemas Mixtos.. 119

INTRODUCCIÓN

ORIENTACIÓN PEDAGÓGICA DEL MANUAL

Justificación y propósito de la obra en la educación superior

La formación de profesionales en las ciencias de la actividad física y el deporte dentro del contexto universitario exige herramientas que trasciendan la mera descripción empírica de los métodos de entrenamiento. En la educación superior contemporánea, el aula y el terreno de juego deben converger en un espacio de transposición didáctica donde los futuros entrenadores y educadores desarrollen un pensamiento crítico basado en la evidencia biológica, mecánica y pedagógica. Este manual nace como respuesta a esa necesidad institucional, configurándose no solo como un compendio de teorías sobre las capacidades condicionales, sino como un puente interactivo entre la complejidad de la fisiología del esfuerzo y la realidad de la intervención práctica de campo.

El propósito fundamental de esta obra es estructurar una guía metodológica dual. Por un lado, dota al cuerpo docente universitario de estrategias didácticas específicas (como el aprendizaje basado en problemas y el co-diseño de tareas) para dinamizar las sesiones formativas. Por otro lado, ofrece al estudiante un mapa de ruta autónomo que organiza conceptualmente el Saber, el Saber Hacer y el Saber Enseñar. Al articular de forma sistemática la fuerza, la resistencia, la velocidad y la periodización bajo un modelo de aprendizaje activo, este texto se convierte en una plataforma de consulta esencial para transformar el conocimiento científico en competencias profesionales replicables y seguras.

Guía de uso del manual e iconografía didáctica (alertas conceptuales, paradas de reflexión y fichas de terreno)

Para optimizar el proceso de lectura y facilitar su aplicación tanto en entornos de estudio teórico como en laboratorios de campo, el libro está diseñado de manera modular e interactiva. El trayecto formativo de cada capítulo cuenta con una serie de recursos visuales y metodológicos estructurados para guiar las interacciones entre docentes y discentes. A continuación, se detalla el funcionamiento y la intencionalidad pedagógica de estos componentes:

- **Alertas Conceptuales:** Bloques de texto destacados que aíslan errores comunes, mitos arraigados en la práctica empírica, riesgos fisiológicos o contraindicaciones metodológicas específicas en la prescripción del ejercicio físico. Su función es advertir de forma inmediata sobre variables críticas que comprometen la salud o la eficiencia neuromuscular del deportista.

- **Paradas de Reflexión:** Espacios intercalados en el núcleo teórico que formulan preguntas analíticas y escenarios problemáticos abiertos. Están diseñados para interrumpir la lectura pasiva, promoviendo el debate en el aula o el análisis individual sobre la aplicación práctica de los principios biológicos tratados.

- **Fichas de Terreno:** Plantillas instrumentales y protocolos paso a paso listos para ser fotocopiados o digitalizados. Estas fichas guían las prácticas de campo del estudiante, estableciendo los criterios de ejecución técnica, las variables de registro de las

cargas de trabajo (volumen, intensidad, densidad) y las pautas para la administración de pruebas funcionales estandarizadas.

CAPÍTULO I

1 BASES CIENTÍFICAS Y METODOLÓGICAS DE LA FUERZA MUSCULAR

1.1 Orientación del Aprendizaje

Resultado de aprendizaje y problematización de la fuerza como cualidad madre del movimiento. La consolidación de un marco de enseñanza de las ciencias de la actividad física y el deporte en la educación superior exige que los estudiantes de grado superen la asimilación pasiva de metodologías empíricas y desarrollen competencias fundamentadas en la instrumentación y la evidencia biomédica. El resultado de aprendizaje que vertebra esta unidad didáctica compromete al discente a fundamentar de manera rigurosa los procesos metodológicos que sustentan el entrenamiento, desarrollo y perfeccionamiento de la fuerza muscular. Esta competencia implica la deconstrucción del movimiento humano a partir de datos cuantitativos exactos.

En la práctica pedagógica universitaria, el rol de la tecnología de laboratorio y de campo deja de ser un complemento accesorio para convertirse en el núcleo del diagnóstico deportivo. La literatura científica actual evidencia que el análisis de la función motriz y la optimización del rendimiento esquelético demandan la integración sistemática de sensores de fuerza, acelerometría inercial y electromiografía (EMG) de superficie o intramuscular (Taborri et al., 2020). Estas herramientas permiten mapear variables bioeléctricas y cinemáticas críticas, tales como la tasa de disparo neuronal, el orden de reclutamiento de las unidades motoras y la magnitud exacta del torque

articular generado durante la contracción muscular (Taborri et al., 2020).

Al confrontar a los estudiantes con estas tecnologías, el docente actúa como un mediador que transforma el registro gráfico en una toma de decisiones metodológicas fundamentada, obligando al alumnado a evaluar el movimiento a través de la física y la fisiología aplicada, sentando las bases del perfil profesional egresado.

Para articular este resultado de aprendizaje de manera significativa, es imperativo problematizar la jerarquía de las capacidades físicas dentro de los programas curriculares de la educación superior. Durante décadas, los manuales tradicionales de educación física han catalogado a la fuerza, la resistencia y la velocidad como cualidades independientes situadas en un mismo nivel de importancia conceptual. Sin embargo, la investigación celular y molecular contemporánea descarta este enfoque plano, posicionando a la capacidad del músculo para generar tensión —es decir, la fuerza— como la cualidad madre de la que derivan y dependen de forma absoluta todas las demás manifestaciones motrices humanas.

La pérdida de la masa y la función del músculo esquelético, conocida clínicamente como sarcopenia, ilustra con claridad este principio: un declive en la masa magra esquelética se asocia de forma directa con un aumento drástico en la fragilidad física, el desarrollo de morbilidades crónicas y una pérdida severa de la funcionalidad del individuo (Wilkinson et al., 2018). Las alteraciones mecánicas destructivas a nivel estructural, tales como la atrofia de las fibras musculares y la hipoplasia

o pérdida neta de fibras esqueléticas (particularmente las fibras rápidas tipo II), limitan de forma directa la capacidad del organismo para generar aceleraciones lineales o mantener la estabilidad frente a cargas externas (Wilkinson et al., 2018). Desde un punto de vista puramente mecánico, la velocidad de desplazamiento no es más que la aplicación de fuerza por unidad de tiempo, y la resistencia no es otra cosa que el mantenimiento de la aplicación de fuerza disipando los efectos de la fatiga metabólica. Sin un sustrato muscular íntegro y con una capacidad de tensión óptima, las demás cualidades físicas carecen de soporte motor.

Para transferir esta problematización teórica al terreno práctico con los estudiantes, el proceso formativo debe valerse de herramientas de diagnóstico de alta fidelidad, entre las que destaca la tecnología de plataformas de fuerza (Merrigan et al., 2021). A través de evaluaciones estandarizadas de campo como el salto contramovimiento (CMJ) o el tirón isométrico desde la mitad del muslo (IMTP), los futuros entrenadores y educadores aprenden a cuantificar de manera exacta la fuerza máxima, la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) y la potencia mecánica absoluta (Merrigan et al., 2021).

El análisis riguroso de estas métricas de fuerza-tiempo permite a los estudiantes no solo evaluar el perfil de rendimiento basal del deportista, sino también identificar asimetrías de movimiento latentes entre las extremidades y monitorizar los patrones de fatiga neuromuscular aguda o crónica provocados por la carga de entrenamiento (Merrigan et al., 2021). Al examinar cómo los cambios en las curvas de fuerza-tiempo correlacionan con la degradación de la técnica o el aumento en los

tiempos de respuesta motriz, el discente descubre que el control numérico de la fuerza es la clave para la prevención del sobreesfuerzo y para la individualización científica del ejercicio físico.

1.2 Núcleo Teórico y Conceptual

Teoría y metodología del entrenamiento de la fuerza; Principios generales del entrenamiento de fuerza (continuidad, individualización y sobrecarga progresiva); Factores endógenos (arquitectura muscular, tipo de fibras, reclutamiento neuromuscular, adaptaciones neurológicas) y factores exógenos de realización de fuerza; Fisiología de las contracciones musculares: isotónica, isométrica, isocinética, concéntrica y excéntrica.

1.2.1 Teoría y metodología del entrenamiento de la fuerza

La estructuración del entrenamiento de la fuerza dentro de las ciencias de la actividad física contemporánea exige una distinción conceptual rigurosa entre las dimensiones de la planificación temporal y la microgestión de los estímulos mecánicos. El diseño metodológico del entrenamiento se fundamenta en el concepto de periodización, que se define como un método lógico, secuencial y cíclico encargado de manipular las fases de condición física y recuperación (Stone et al., 2021). El propósito primario de esta manipulación es incrementar la probabilidad de alcanzar objetivos específicos de rendimiento motriz, minimizando de forma paralela la incidencia de sobreesfuerzos no funcionales, lesiones estructurales y síndromes de sobreentrenamiento (Stone et al., 2021).

Por el contrario, la programación se enfoca en la gestión operativa y milimétrica del proceso de trabajo en el terreno, abarcando elementos concretos como la selección de los ejercicios, el orden de ejecución, la densidad de los estímulos y, de manera crucial, la manipulación del volumen y la intensidad (Stone et al., 2021). La evidencia acumulada en la literatura especializada demuestra de forma consistente que la implementación de un proceso de entrenamiento debidamente periodizado, articulado con una programación metodológica estricta, genera adaptaciones corporales y mejoras de la fuerza-potencia significativamente superiores en comparación con aquellos esquemas de intervención lineales o desorganizados (Stone et al., 2021).

1.2.2 Principios generales del entrenamiento de fuerza

Para que la aplicación de las cargas mecánicas resulte en modificaciones estables de la aptitud musculoesquelética, el docente y el estudiante deben comprender la base celular que justifica los principios biológicos del entrenamiento (Garber et al., 2011). El principio de continuidad postula que las adaptaciones fisiológicas dependen de una regularidad temporal estricta en la aplicación del estímulo; la interrupción prolongada de las sesiones disipa las adaptaciones celulares logradas y acelera los procesos de desentrenamiento. El principio de sobrecarga progresiva establece que, para desencadenar adaptaciones morfológicas crónicas, el tejido muscular esquelético debe someterse de manera sistemática a tensiones que superen su capacidad funcional basal actual.

A nivel molecular, este estado de sobrecarga mecánica es el estímulo indispensable para activar cascadas de señalización intracelular

mediadas por el complejo proteico *mTORC1* (*mechanistic target of rapamycin complex 1*), un componente enzimático regulador que estimula la biogénesis ribosomal, incrementa las tasas de síntesis de proteínas musculares post-ejercicio y promueve el reclutamiento de células satélite necesarias para la acreción mionuclear y la consecuente hipertrofia fibrilar (Roberts et al., 2023).

Asimismo, el principio de individualización reconoce que el estatus biológico de cada sujeto modula las respuestas adaptativas. La investigación empírica evidencia la existencia de marcadas diferencias asociadas al sexo y al perfil individual en variables fundamentales como la fuerza máxima absoluta, la resistencia muscular localizada, las tasas de activación neural, el tamaño relativo de los vientres musculares y la distribución del tipo de fibras musculares (Nuzzo, 2023). Estas discrepancias individuales condicionan de forma directa la susceptibilidad del deportista ante el estrés físico y determinan la velocidad de resolución de la fatiga neuromuscular, la cual requiere periodos de recuperación biológica de entre 48 y 72 horas tras entrenamientos basados en esfuerzos máximos y contracciones de alta intensidad antes de restablecer plenamente la homeostasis tisular (Thomas et al., 2018). El control de estas variables individuales se optimiza mediante la manipulación del volumen y de las frecuencias semanales de entrenamiento (Ralston et al., 2018). Cuando el volumen total de trabajo se iguala, las variaciones en la frecuencia semanal (baja, media o alta frecuencia) tienden a mostrar ganancias de fuerza similares en ejercicios multiarticulares combinados, lo que resalta la necesidad de dosificar las variables de programación en función de la capacidad de

recuperación específica del individuo y no mediante recetas metodológicas estandarizadas (Ralston et al., 2018).

1.2.3 Factores endógenos y exógenos de realización de fuerza

La capacidad del organismo humano para generar torque y transmitir tensión mecánica hacia el entorno es el resultado de la convergencia de determinantes biológicas internas y condicionantes externas. Los factores endógenos representan la arquitectura y la neurología propia del deportista. Entre ellos destacan la geometría y disposición tridimensional del músculo (como el ángulo de pennación y la longitud de los fascículos), la composición y porcentaje de las fibras esqueléticas (fibras glucolíticas de contracción rápida tipo II frente a fibras oxidativas de contracción lenta tipo I) y la eficiencia del reclutamiento neuromuscular (Nuzzo, 2023). Este último factor depende de adaptaciones del sistema nervioso central que optimizan la frecuencia de disparo, la sincronización de las unidades motoras y la inhibición de los mecanismos de protección tendinosa, atenuando los procesos degenerativos crónicos asociados a la pérdida de masa y funcionalidad muscular (Wilkinson et al., 2018).

De forma paralela, la realización de la fuerza se encuentra influenciada por factores exógenos. Estos comprenden las herramientas y variables ambientales que interactúan con el sujeto durante el entrenamiento, tales como las características mecánicas de las sobrecargas aplicadas (pesos libres, poleas, poleas cónicas o sistemas elásticos de restricción de flujo sanguíneo) y las condiciones del espacio físico. Asimismo, se integran en esta dimensión exógena los factores nutricionales y las ayudas

ergogénicas validadas por la evidencia, como el consumo protocolizado de cafeína anhidra. La administración de cafeína (en dosis de 3 a 6 mg por kilogramo de masa corporal) actúa como un potente modulador exógeno que optimiza el rendimiento en la fuerza máxima, incrementa la resistencia muscular y eleva la velocidad de ejecución tanto en ejercicios de aislamiento como en movimientos multiarticulares, debido a su interacción con los receptores de adenosina del sistema nervioso central y a la optimización en la liberación de calcio en el retículo sarcoplásmico (Guest et al., 2021).

1.2.4 Fisiología de las contracciones musculares

A nivel macroscópico y microscópico, la tensión desarrollada por los puentes cruzados de actina y miosina se manifiesta a través de diferentes modalidades de acción muscular, las cuales deben ser comprendidas por su comportamiento cinemático y mecánico. Las contracciones isotónicas implican una modificación dinámica en la longitud macroscópica del vientre muscular para desplazar o ceder ante una resistencia externa. Estas se dividen en una fase concéntrica, caracterizada por el acortamiento del músculo cuando la fuerza interna supera la resistencia externa, y una fase excéntrica, donde la tensión interna se mantiene mientras el músculo se elonga de forma controlada bajo carga. Las contracciones de tipo métrico o isométrico ocurren cuando la fuerza muscular es exactamente igual a la resistencia externa; bajo esta condición, los filamentos contráctiles generan tensión sin producir un cambio en la longitud total del músculo ni desplazamiento angular de la articulación.

La comprensión profunda de estas manifestaciones contráctiles es inseparable de la bioenergética celular que sustenta el movimiento humano. Durante las acciones musculares que exigen picos de fuerza máxima y potencia explosiva, como los multisaltos y drop jumps característicos del entrenamiento pliométrico, el tejido esquelético depende de forma inmediata del Sistema Anaeróbico Aláctico o de los fosfágenos. Este sistema celular abastece de energía al sarcómero mediante la ruptura del trifosfato de adenosina (ATP) intrínseco y su resíntesis acelerada por la vía de la fosfocreatina (PCr), operando a máxima intensidad en un rango de tiempo extremadamente corto antes de sufrir una depleción aguda de sus reservas. Por el contrario, cuando el esfuerzo mecánico y el tiempo bajo tensión se prolongan en series orientadas a la hipertrofia o a la resistencia muscular localizada (de 10 a 15 repeticiones), la demanda metabólica activa el Sistema Anaeróbico Láctico o glucólisis anaeróbica. Esta vía degrada el glucógeno muscular sin presencia de oxígeno, un proceso que, si bien sostiene la tensión contráctil, genera una acumulación concomitante de iones de hidrógeno (H^+); dicha acidosis intracelular altera el pH celular e interrumpe temporalmente los puentes cruzados de actina y miosina, marcando la cronología inicial de la fatiga neuromuscular periférica en el terreno de juego.

Por último, las contracciones isocinéticas representan una variante mecánica especial donde la velocidad del movimiento angular de la articulación se mantiene estrictamente constante y controlada a lo largo de todo el rango de movimiento. Debido a que el organismo humano tiende a acelerar y desacelerar de forma natural durante los gestos motrices tradicionales, la reproducción y monitorización exacta de

fuerzas isocinéticas puras requiere obligatoriamente el uso de transductores avanzados, sensores de fuerza de alta fidelidad y dinamómetros computarizados en entornos de laboratorio biomecánico, permitiendo cuantificar las variaciones biológicas de la tensión sin la interferencia de los cambios de aceleración inercial (Taborri et al., 2020).

1.3 Caja de Herramientas Didácticas (Docente)

Preguntas esenciales de diagnóstico y conducción de debates sobre el sobreentrenamiento y los efectos fisiológicos negativos de la carga. La mediación pedagógica en las aulas universitarias dedicadas a las ciencias del deporte debe romper con los esquemas tradicionales de transmisión pasiva de información, priorizando entornos donde los estudiantes desarrollen un juicio crítico y una capacidad analítica basada en datos experimentales. El uso de preguntas esenciales al inicio de la sesión actúa como un catalizador didáctico fundamental para diagnosticar el conocimiento previo y desmontar concepciones empíricas erróneas sobre la dosificación de la actividad física. El docente debe formular interrogantes que fuercen al alumnado a conectar los conceptos macroscópicos con las metodologías estandarizadas de control de variables; por ejemplo: *¿Cuáles son los criterios metodológicos mínimos indispensables que debe reportar un entrenador para garantizar que una rutina de fuerza sea reproducible y no genere respuestas adaptativas adversas?* o *¿De qué manera los cambios biológicos en la curva de fuerza-tiempo nos permiten predecir el estado de fatiga periférica antes de que se manifieste un daño tisular perceptible en el terreno?*

Estas preguntas permiten al docente introducir herramientas conceptuales internacionales diseñadas para estandarizar la descripción y prescripción del ejercicio, como el Consenso sobre la Plantilla de Reporte de Ejercicio (CERT, por sus siglas en inglés) (Slade et al., 2016). La plantilla CERT establece una guía operativa de 16 ítems esenciales que deben documentarse para asegurar la transparencia, calidad y replicabilidad de cualquier intervención de acondicionamiento físico (Slade et al., 2016). Al guiar a los estudiantes en la operacionalización de estas estructuras conceptuales, el profesor universitario promueve la mitigación de sesgos metodológicos y reduce el desperdicio de recursos en el diseño de los programas de entrenamiento, vinculando la teoría científica con el desarrollo de competencias prácticas y replicables en el ámbito profesional (Slade et al., 2016).

Una vez establecido el diagnóstico conceptual, el docente debe liderar debates académicos estructurados que problematicen el sobreentrenamiento y las respuestas biológicas adversas provocadas por una deficiente gestión de las cargas. Para guiar este análisis, el profesor confrontará a los estudiantes con la evidencia empírica referente a la temporalidad y etiología de la fatiga muscular esquelética inducida por diferentes tipos de estímulos máximos (Thomas et al., 2018). Los datos demuestran que las sesiones basadas en entrenamiento de fuerza pesada (por ejemplo, 10 series de 5 repeticiones de sentadillas traseras utilizando cargas equivalentes al 80% de una repetición máxima), así como los entrenamientos pliométricos de saltos máximos o los sprints repetidos de velocidad, inducen reducciones significativas e inmediatas en la fuerza de contracción voluntaria del cuádriceps potenciado que

persisten por al menos 48 horas posteriores al esfuerzo (Thomas et al., 2018). De hecho, este estado de fatiga neuromuscular aguda demanda hasta 72 horas continuas para su completa resolución biológica y el restablecimiento del estado basal del organismo (Thomas et al., 2018). Lo crucial de este fenómeno —y lo que el docente debe poner a debate— es que dicha degradación funcional no está modulada primordialmente por fallas en el sistema nervioso central, sino por factores y alteraciones locales dentro de la propia estructura de la fibra muscular esquelética (Thomas et al., 2018).

El docente utilizará estos hallazgos para que los estudiantes argumenten y defiendan soluciones metodológicas frente a casos de sobreesfuerzo, analizando cómo el equilibrio de los sustratos metabólicos y la acumulación de subproductos químicos actúan como agentes de fatiga celular, pero también como vías de señalización indispensables para activar las adaptaciones crónicas del deportista (Theofilidis et al., 2018). El análisis de estos biomarcadores y de los índices funcionales en la mesa de discusión universitaria capacita al futuro profesional para tomar decisiones metodológicas fundamentadas en la cronología de la recuperación biológica celular, estructurando densidades de entrenamiento seguras y coherentes con las exigencias fisiológicas de la educación superior.

1.4 Guía de Aplicación en el Terreno (Estudiantes)

Taller práctico de activación neuromuscular por segmentos corporales y fichas de campo para rutinas con mancuernas, multisaltos, vallas y cajones de salto. El proceso de consolidación de competencias metodológicas en las ciencias de la actividad física exige que el

estudiante de educación superior traslade los principios metabólicos y biológicos de la fuerza directamente a la experimentación motriz y al control numérico de las cargas en la pista o gimnasio. Esta sección operativa dota al alumnado de protocolos estructurados y de una matriz instrumental de registro para cuantificar de forma objetiva la dosis del estímulo físico aplicado.

1.4.1 Taller práctico de activación neuromuscular por segmentos corporales

El propósito central de esta actividad de campo es capacitar al estudiante en la observación analítica y la identificación de patrones de contracción muscular voluntaria y coactivación estabilizadora. Trabajando en parejas, los estudiantes alternarán los roles de ejecutante y evaluador técnico para completar el siguiente protocolo cinemático:

1. **Alineación y estabilización postural:** El ejecutante adoptará una posición neutra de la columna y ejecutará movimientos resistidos con cargas externas segmentadas, como el press de hombros o flexiones de codo utilizando mancuernas.

2. **Palpación y análisis bioeléctrico superficial:** El evaluador utilizará la palpación manual dirigida para identificar el grado de tensión y el orden de reclutamiento de los músculos agonistas (deltoides anterior, bíceps braquial), documentando de forma paralela la activación refleja de los estabilizadores profundos del tronco, como el recto abdominal y los erectores espinales (Nuzzo, 2023).

3. **Detección de asimetrías:** Los alumnos registrarán de manera cualitativa y cuantitativa las diferencias en la velocidad de ejecución o el balance de fuerza entre el hemicuerpo izquierdo y el derecho durante las fases concéntrica y excéntrica del movimiento (Merrigan et al., 2021).

1.4.2 Ficha de campo para entrenamiento de fuerza potencia y saltos pliométricos

Para el control y la dosificación de los estímulos de impacto utilizando vallas y cajones de salto, los estudiantes implementarán una estructura de registro basada en intervenciones pliométricas validadas por la literatura experimental de campo (Pramono et al., 2023; Ramirez-Campillo et al., 2022). El entrenamiento pliométrico de saltos (PJT) constituye una metodología idónea para estimular el ciclo de estiramiento-acortamiento muscular, generando incrementos significativos con tamaños del efecto (ES) que oscilan entre pequeños y grandes en variables críticas de la condición física, tales como la potencia vertical (ES = 0.45), el salto contramovimiento con brazos (ES = 1.24), la fuerza máxima (ES = 0.57) y la velocidad en sprints lineales cortos de 10 metros (ES = 1.67) (Ramirez-Campillo et al., 2022).

El programa práctico constará de un estímulo progresivo de dos sesiones semanales, donde los estudiantes registrarán minuciosamente el volumen, la densidad y los indicadores de calidad del movimiento de cada drill (Pramono et al., 2023). A continuación, se detalla la estructura formal en celdas y columnas para la recolección de datos en el terreno:

Tabla 1. Matriz de Dosificación y Control Técnico para Sesiones de Fuerza Reactiva y Pliometría.

Segmento / Medio	**Ejercicio Específico (Drill)**	**Volumen (S × R)**	**Pausa / Densidad**	**Indicador de Calidad Técnica**
Fuerza Segmentaria	Press de hombros con mancuernas	3X10 (60% 1RM)	90 segundos	Controlar la extensión simétrica de codos durante el empuje.
Coordinación Neural	*Ladder taps* y *Shuffles* en escalera	4X30 metros	60 segundos	Minimizar el tiempo de contacto del metatarso en el suelo (Pramono et al., 2023).
Potencia Vertical	*Rabbit hops* y *Squat jumps*	3X8 repeticiones	120 segundos	Evaluar la amortiguación excéntrica de rodillas en la recepción (Pramono et al., 2023).
Pliometría Máxima	*Drop jumps* desde cajón (40 cm)	4X6 repeticiones	150 segundos	Optimizar la reactividad elástica reduciendo el tiempo de apoyo (Ramirez-Campillo et al., 2022).
Control Obstáculos	Saltos continuos sobre vallas bajas	3X10 vallas	120 segundos	Registrar visualmente la presencia de asimetrías laterales en el despegue.

Nota. S X R = Series por repeticiones; 1RM = Una repetición máxima; m = metros; cm = centímetros. Los parámetros de volumen, selección de variantes pliométricas combinadas con escaleras de agilidad (*ladder drills*) y la búsqueda de adaptaciones de fuerza-potencia se estructuraron a partir de los diseños metodológicos de Pramono et al. (2023) y el meta-análisis sobre entrenamiento de saltos pliométricos de Ramirez-Campillo et al. (2022).

Los datos tabulados en esta ficha serán procesados por los estudiantes en sus horas de aprendizaje autónomo para confeccionar informes de rendimiento biomecánico, contrastando la evolución de los perfiles individuales frente a los promedios de la población evaluada, consolidando el uso de herramientas de control con un estándar científico aplicable a la educación superior.

1.5 Bloque de Evaluación del Capítulo

Cuestionario conceptual y rúbrica para evaluar materiales y propuestas elaboradas en clase. La evaluación sistemática dentro de la educación superior debe certificar tanto la adquisición de competencias teóricas como la capacidad de transferencia de los estudiantes hacia la solución de problemas prácticos en el terreno profesional. Este bloque conclusivo estructura los instrumentos necesarios para verificar el logro del resultado de aprendizaje del capítulo.

1.5.1 Cuestionario conceptual de autoevaluación

1. Un preparador físico prescribe un ejercicio de sentadilla trasera profunda manteniendo la fase de descenso (bajada) a una velocidad controlada durante 4 segundos. ¿Qué tipo de

contracción muscular predomina en los cuádriceps del deportista durante esta fase de estiramiento bajo tensión?

a) Isométrica.

b) Isocinética.

c) Excéntrica.

d) Concéntrica.

2. Un entrenador universitario decide suspender las sesiones de fuerza resistida de sus atletas durante un periodo de 4 semanas previas a la competencia principal, eliminando por completo los estímulos de sobrecarga progresiva. ¿Qué principio biológico del entrenamiento deportivo se está vulnerando directamente, propiciando la disipación de las adaptaciones de la síntesis proteica celular?

a) Principio de individualización.

b) Principio de continuidad.

c) Principio de especificidad.

d) Principio de transferencia.

3. Durante la monitorización de un entrenamiento pliométrico de saltos (*drop jumps*) sobre plataformas de fuerza, se observa un incremento significativo en el tiempo de contacto con el suelo y una reducción en la altura del salto vertical. De acuerdo con la

evidencia científica de fatiga, ¿cuál es el tiempo estimado que requiere el organismo para resolver completamente este tipo de fatiga neuromuscular aguda y restaurar la función del cuádriceps?

a) De 12 a 24 horas.

b) Exactamente 36 horas.

c) Hasta 72 horas.

d) Más de 96 horas.

1.5.2 Rúbrica para evaluar materiales y propuestas elaboradas en clase

Para la calificación del informe técnico y la programación de las fichas de campo desarrolladas colaborativamente por los estudiantes, se aplicará la siguiente matriz de evaluación formativa dentro de los cuadros del libro:

Tabla 2. Rúbrica Analítica de Evaluación para Propuestas e Informes Técnicos de Terreno.

Criterio de Evaluación	**Competente Destacado (4 pts)**	**Competente Regular (2 pts)**	**No Competente (1 pt)**
Rigor de Programación	Justifica el volumen y la intensidad basándose en el CERT y las leyes de carga (Slade et al., 2016).	Detalla el volumen y la intensidad de la sesión, pero carece de un marco metodológico claro.	Omite los parámetros de dosificación o inventa los datos de volumen e intensidad sin sustento.

Fundamentación Científica	Sustenta las adaptaciones neuromusculares esperadas citando fuentes validadas de la literatura (Nuzzo, 2023).	Menciona adaptaciones biológicas musculares generales, pero no las conecta con la evidencia científica de las fuentes.	Presenta afirmaciones empíricas o alucinadas sobre el crecimiento muscular sin ninguna base teórica.
Control de Fatiga y Seguridad	Respeta la densidad del estímulo y los tiempos de recuperación biológica celular (Thomas et al., 2018).	Programa periodos de descanso entre series, pero duplica los estímulos antes de las 48 horas de recuperación.	Ignora los efectos negativos del sobreentrenamiento, encadenando sesiones intensas consecutivas.

Nota. CERT = Consensus on Exercise Reporting Template; pts = puntos; h = horas. Puntuación máxima total: 12 puntos. Estructurada bajo los principios de evaluación formativa en educación superior y los modelos de control de carga de Slade et al. (2016), Nuzzo (2023) y Thomas et al. (2018).

1.6 Resumen del capítulo

Este primer capítulo ha sentado las bases conceptuales y metodológicas necesarias para comprender la fuerza muscular no como una capacidad aislada, sino como una cualidad neuromuscular interdependiente y regulada por leyes biológicas y cinemáticas estrictas. Al concluir el estudio de esta unidad, es imperativo que asimiles y domines los siguientes tres ejes fundamentales:

- **Bases Fisiológicas y Mecánicas de la Contracción:** El movimiento es el resultado de la interrupción de la homeostasis celular y el reclutamiento selectivo de unidades motoras. Debes diferenciar con precisión las respuestas adaptativas de las fibras musculares según la tipología del esfuerzo aplicado. Mientras que las contracciones concéntricas (acortamiento bajo tensión) e isométricas (tensión sin cambio de longitud) responden a demandas específicas de fuerza y estabilidad, la contracción excéntrica (alargamiento bajo tensión) genera una sobrecarga mecánica mayor en el sarcómero, estimulando de forma preferencial las vías de señalización anabólica (*mTORC1*) para la síntesis de proteínas estructurales y la hipertrofia. Asimismo, debes contemplar las diferencias biológicas de sexo, donde factores como la distribución del tipo de fibra y los perfiles hormonales modulan las tasas de fatiga y la velocidad de desarrollo de la fuerza.

- **Instrumentación y Tecnología Biomédica en el Terreno:** La evaluación moderna de la fuerza en la educación superior exige abandonar la estimación intuitiva o empírica. Has aprendido a integrar tecnologías de laboratorio aplicadas al gimnasio y a la pista: las plataformas de fuerza para registrar curvas de fuerza-tiempo y asimetrías bilaterales durante saltos verticales (*PJT*); la electromiografía superficial (*EMG*) para monitorizar el orden de reclutamiento muscular y el grado de coactivación estabilizadora; y los sensores inerciales (*IMU*) para medir la aceleración cinemática y la velocidad de ejecución en tiempo real.

- **Cronología de la Fatiga y Control Práctico:** El esfuerzo intensivo altera el acoplamiento excitación-contracción. Comprender la cronología de la fatiga neuromuscular aguda te permitirá identificar el desgaste en la altura del salto y el aumento del tiempo de contacto con el suelo. Utilizando la Tabla 1 (*Matriz de Dosificación y Control Técnico*), estás capacitado para implementar *ladder drills*, multisaltos y *drop jumps* controlando variables de impacto neuromuscular, evaluando los informes inter-pares mediante la Tabla 2 (*Rúbrica Analítica para Informes de Terreno*) para garantizar la seguridad y la replicabilidad metodológica.

CAPÍTULO II

2 PLANIFICACIÓN, PERIODIZACIÓN Y CONSIDERACIONES ETARIAS DEL ENTRENAMIENTO

2.1 Orientación del Aprendizaje

Resultado de aprendizaje y problematización de la planificación según la maduración biológica. El desarrollo de las competencias profesionales ligadas a la preparación física en la educación superior exige que el estudiante adquiera la capacidad de estructurar programas de ejercicio a mediano y largo plazo basándose en criterios bio-metodológicos objetivos, distanciándose de la distribución empírica o intuitiva de los estímulos de carga. El resultado de aprendizaje que articula conceptualmente este segundo bloque formativo se enfoca en evaluar y diseñar la planificación del entrenamiento deportivo respetando de forma estricta las particularidades de los distintos grupos etarios y las leyes biológicas que rigen los procesos de adaptación orgánica. Para consolidar este aprendizaje, el manual integra herramientas prácticas que permiten a docentes y alumnos simular la toma de decisiones técnicas en entornos reales de campo, asegurando que cada variable del entrenamiento responda a la realidad morfo-funcional de la población evaluada.

Dentro del contexto de la enseñanza universitaria, resulta indispensable problematizar la manera en que tradicionalmente se ha organizado la temporalidad del entrenamiento en etapas formativas o en poblaciones de diferentes rangos de edad. El error más recurrente en la preparación física empírica consiste en utilizar la edad cronológica (los años de vida

del sujeto) como el único indicador de corte para determinar el volumen, la intensidad y la frecuencia semanal de las cargas de trabajo. La literatura científica contemporánea descarta este enfoque plano, demostrando que la maduración biológica —es decir, el estado de desarrollo del tejido óseo, muscular, endocrino y neuromuscular— varía significativamente entre individuos de una misma edad cronológica. Planificar basándose únicamente en el calendario incrementa el riesgo de provocar sobreesfuerzos no funcionales, lesiones por estrés mecánico o una interrupción prematura de la carrera deportiva debido a la aplicación de cargas que superan la capacidad de tolerancia del sistema músculo-esquelético en desarrollo.

Para solucionar esta problemática en el aula y en el terreno de juego, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe orientar al estudiante a fundamentar su planificación en indicadores del desarrollo físico y motor vinculados a la maduración. Durante las etapas del desarrollo infantojuvenil (rango de 13 a 15 años), variables biológicas como el pico de velocidad de crecimiento (PVC) y los cambios hormonales modifican radicalmente la respuesta adaptativa del organismo ante el ejercicio resistido y pliométrico.

La evidencia demuestra que el entrenamiento de saltos y agilidad ejerce un impacto positivo en el desarrollo de la potencia y la capacidad funcional; sin embargo, las ganancias mecánicas absolutas muestran una correlación directa con el estado madurativo del sujeto, siendo sustancialmente más evidentes y estables en individuos que han superado las etapas críticas de la maduración puberal en comparación

con sus pares de igual edad cronológica que se encuentran en fases más tempranas del desarrollo (Ramirez-Campillo et al., 2022).

Al problematizar estos escenarios, el manual capacita al futuro profesional para sustituir la rigidez del diseño basado en la edad cronológica por una periodización fásica y flexible, donde la microgestión de las variables mecánicas del estímulo (volumen, intensidad y densidad de pausa) se dosifique de forma personalizada a partir del diagnóstico de la condición física actual y el estatus de maduración del organismo.

2.2 Núcleo Teórico y Conceptual

La periodización del entrenamiento deportivo y la ley de bio-adaptación (Síndrome General de Adaptación o del Estrés); Particularidades y adaptaciones del entrenamiento deportivo en los distintos grupos etarios; Criterios científicos, riesgos, técnicas correctas y consideraciones generales del uso de pesas a diferentes edades.

2.2.1 La periodización del entrenamiento deportivo y la ley de bio-adaptación

El diseño de programas de acondicionamiento físico en el ámbito de la educación superior requiere comprender la base cronológica que transforma el esfuerzo mecánico en rendimiento motriz estable. La periodización se define desde una perspectiva científica como un método lógico, secuencial y fásico encargado de manipular los periodos de condición física y recuperación (Stone et al., 2021). El objetivo central de esta microgestión del tiempo es elevar la probabilidad de alcanzar metas específicas de rendimiento, minimizando el riesgo de

que el deportista sufra un sobreesfuerzo no funcional, lesiones por sobrecarga o síndromes de sobreentrenamiento (Stone et al., 2021). Mientras que la periodización organiza las líneas de tiempo y las fases cíclicas, la programación se enfoca en la microgestión del proceso de trabajo en el terreno, administrando la selección de los ejercicios, el volumen, la densidad y la intensidad (Stone et al., 2021). La literatura demuestra que el entrenamiento periodizado genera mejoras físicas sustancialmente superiores en comparación con los procesos lineales o no organizados, dividiéndose principalmente en dos grandes vertientes: el modelo tradicional y la periodización por bloques (Stone et al., 2021). Esta última subdivide sus estructuras en monofactoriales (enfocadas en un solo objetivo para disciplinas individuales) o polifactoriales, adaptadas para cumplir con las múltiples demandas físicas y técnicas características de los deportes de equipo (Stone et al., 2021).

Este proceso de alternancia entre la carga de entrenamiento y el descanso encuentra su sustento biológico en la ley de bio-adaptación, estrechamente vinculada al Síndrome General de Adaptación o del Estrés. Cuando el organismo se somete a un estímulo mecánico, ya sea mediante ejercicios resistidos o entrenamientos pliométricos de saltos máximos, se interrumpe la homeostasis celular, desencadenando una fase inicial de alarma o fatiga que deprime temporalmente la función muscular (Thomas et al., 2018). La posterior fase de compensación y supercompensación ocurre únicamente si se respetan las densidades de descanso y la recuperación celular, permitiendo que el cuerpo incremente su capacidad funcional basal mediante la activación de vías de señalización metabólica y la síntesis de proteínas contráctiles (Roberts et al., 2023; Thomas et al., 2018). Si el estímulo se repite de

manera desorganizada antes de completar estos ciclos de recuperación tisular, el organismo entra en una fase de agotamiento y sobreentrenamiento crónico que degrada el rendimiento del deportista (Theofilidis et al., 2018; Thomas et al., 2018).

Bajo esta perspectiva molecular, la ingeniería de la periodización contemporánea y el diseño de circuitos no pueden reducirse a una distribución arbitraria de series y repeticiones, sino al control estricto de las vías bioenergéticas del deportista. La transición entre la fase de alarma y la fase de supercompensación está dictada por la gestión de los Sistemas Mixtos de producción de energía. Para que ocurra una bioadaptación morfo-funcional estable y se mitigue el riesgo de agotar las reservas orgánicas, la programación de la densidad de pausa debe sincronizarse con los tiempos biológicos de restauración celular. Las pausas prolongadas (entre 90 y 150 segundos) en los microciclos de fuerza-potencia no solo buscan disipar la fatiga neural, sino garantizar la resíntesis completa de la fosfocreatina del sistema aláctico y facilitar la remoción periférica de la acidez láctica residual, evitando que el encadenamiento desorganizado de estímulos empuje al atleta hacia una fase de agotamiento metabólico crónico o sobreentrenamiento.

2.2.2 Particularidades y adaptaciones en los distintos grupos etarios

La dosificación de las cargas físicas debe responder de forma estricta al perfil fisiológico que caracteriza a cada etapa del ciclo vital humano. En las fases del desarrollo infantojuvenil y adolescente (rango de 13 a 15 años), el sistema neuromuscular experimenta modificaciones aceleradas en sus capacidades motrices (Pramono et al., 2023). La aplicación de

estímulos progresivos de fuerza reactiva y pliometría estimula la coordinación intermuscular y eleva de manera simultánea la potencia vertical, la agilidad en los desplazamientos y la resistencia aeróbica periférica, adaptaciones biológicas que optimizan el rendimiento en estas poblaciones en crecimiento (Pramono et al., 2023).

Por el contrario, el proceso de envejecimiento humano impone una involución degenerativa caracterizada por la pérdida progresiva de la masa y la función muscular esquelética, conocida como sarcopenia (Larsson et al., 2019; Wilkinson et al., 2018). Este declive físico, que comienza de forma incipiente a partir de la mediana edad con tasas de pérdida cercanas al 1% anual, se acelera de manera crítica en las etapas de la vejez avanzada, elevando los índices de fragilidad física y el riesgo de sufrir lesiones por caídas (Larsson et al., 2019; Wilkinson et al., 2018). Las bases fisiológicas de este deterioro se localizan a nivel celular y subcelular en la unidad motora: ocurre una pérdida progresiva de alfa-motoneuronas que el sistema periférico no logra compensar mediante la reinervación completa de las fibras musculares esqueléticas residuales, lo que provoca una reducción neta tanto en la cantidad (hipoplasia) como en el tamaño (atrofia) de las fibras contráctiles, alterando los procesos moleculares de la expresión de proteínas mitocondriales y del retículo sarcoplásmico (Larsson et al., 2019; Wilkinson et al., 2018).

2.2.3 Criterios científicos, riesgos y técnicas del uso de pesas a diferentes edades

Para mitigar los riesgos biomecánicos y optimizar los beneficios del entrenamiento resistido en los diferentes extremos del ciclo vital, la

literatura especializada establece pautas metodológicas estrictas. En poblaciones de edad avanzada, el entrenamiento sistemático con sobrecarga actúa como la principal contramedida biológica para mitigar los efectos de la resistencia anabólica y combatir la atrofia por denervación neural, mejorando de forma directa la movilidad funcional y la calidad de vida de los adultos mayores (Larsson et al., 2019; Wilkinson et al., 2018).

Los criterios científicos de prescripción en esta población priorizan el control riguroso de la técnica de ejecución y la alineación postural para evitar sobrecargas articulares perjudiciales (Garber et al., 2011). Asimismo, la inclusión de ayudas ergogénicas seguras como el consumo protocolizado de cafeína (3 a 6 mg/kg) optimiza las tasas de activación neural, eleva los picos de fuerza máxima y atenúa la percepción del esfuerzo durante las sesiones en isolation o multiarticulares, favoreciendo un entorno seguro para la estimulación musculoesquelética independientemente de la edad del practicante (Guest et al., 2021).

En el extremo opuesto, el uso de cargas resistidas en niños y jóvenes debe alejar el mito del peligro sobre el cartílago de crecimiento, siempre y cuando la programación se fundamente en una supervisión calificada que iguale el volumen total de trabajo y dosifique las frecuencias semanales de manera balanceada, asegurando que el estímulo actúe como un factor de desarrollo motor saludable y seguro (Ralston et al., 2018; Ramirez-Campillo et al., 2022).

2.3 Caja de Herramientas Didácticas (docente)

Aprendizaje basado en problemas mediante el análisis de programas clásicos frente a circuitos modernos, y pautas para la sistematización de contenidos. La mediación docente en el ámbito universitario de la cultura física debe superar los enfoques tradicionales de cátedra expositiva, transformando el salón de clases en un entorno dinámico de debate y análisis crítico basado en problemas. Para abordar la complejidad de la organización de las cargas de trabajo a lo largo del tiempo, la estrategia pedagógica central de esta unidad se fundamenta en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). El docente debe plantear escenarios donde los estudiantes se enfrenten a planificaciones reales escritas, contrastando de manera directa los modelos de periodización tradicional o lineal frente a las tendencias actuales de los sistemas estructurados por bloques o circuitos de fuerza y potencia (Stone et al., 2021).

El problema metodológico planteado guiará a los alumnos a examinar cómo la manipulación de las variables de volumen y de intensidad afecta la retención de las adaptaciones neuromusculares, obligándolos a deducir cuál esquema es más eficiente según el contexto específico del deportista (Stone et al., 2021).

Para enriquecer esta dinámica de análisis de casos, el profesor universitario proveerá un marco metodológico internacional de referencia, como el Consenso sobre la Plantilla de Reporte de Ejercicio (CERT, por sus siglas en inglés) (Slade et al., 2016). A través de sus 16 ítems estandarizados, los estudiantes aprenderán a evaluar de forma rigurosa la calidad del reporte técnico de los planes en discusión,

verificando de manera objetiva si la descripción de las cargas, los ejercicios y las pausas es lo suficientemente transparente para permitir su replicabilidad exacta o si, por el contrario, presenta vacíos conceptuales que arriesgan el proceso de adaptación celular del individuo (Slade et al., 2016).

Una vez concluido el debate sobre los modelos de carga, el docente proporcionará las pautas científicas para la sistematización de contenidos y la estructuración del macrociclo. Esta fase del proceso formativo exige que el profesor guíe al discente en la asimilación de la cronología de la fatiga orgánica. El alumnado debe comprender que el diseño de las pausas metodológicas y de los microciclos de descarga no responde a decisiones arbitrarias, sino al conocimiento de los tiempos requeridos por el tejido músculo-esquelético para resolver el estrés físico derivado de entrenamientos con sobrecargas pesadas, saltos pliométricos máximos o sprints intensos de velocidad (Thomas et al., 2018).

Al sistematizar los contenidos, el docente enfatizará la necesidad de estructurar periodos de recuperación celular de entre 48 y 72 horas para asegurar la resolución completa de los estados de fatiga aguda y evitar la transición hacia el sobreentrenamiento crónico o la pérdida funcional de la masa muscular (Thomas et al., 2018). Con estas pautas de control fisiológico y metodológico, el docente transforma la teoría en una competencia práctica de diseño seguro, alineándose con las exigencias científicas de la educación superior.

2.4 Guía de Aplicación en el Terreno (estudiantes)

Laboratorio de diseño de macrociclos y microciclos de fuerza, y diseño de rutinas específicas para el fortalecimiento del cinturón lumbo-abdominal y coxofemoral.

El proceso de consolidación de competencias metodológicas en la planificación de las cargas exige que el estudiante de educación superior traslade las leyes de la bio-adaptación y los modelos fásicos directamente al diseño estructural del entrenamiento y al acondicionamiento preventivo en el terreno de juego. Esta sección operativa dota al alumnado de un protocolo metodológico paso a paso y de una matriz instrumental de registro para estructurar el macrociclo y codificar ejercicios de control motor del tronco.

2.4.1 Laboratorio de diseño de macrociclos y microciclos de fuerza

El propósito de este laboratorio es capacitar al estudiante en la manipulación práctica de las líneas de tiempo, organizando de forma cíclica los periodos de carga y recuperación biológica. Trabajando de forma colaborativa, los alumnos completarán las siguientes fases de diseño:

1. **Definición del modelo fásico:** Los estudiantes seleccionarán si la estructura temporal responderá a un esquema tradicional lineal o a una organización de periodización por bloques, justificando la elección según las demandas de la población evaluada (Stone et al., 2021).

2. **Distribución del volumen y la intensidad:** Se establecerá la microgestión de las cargas dentro de las celdas del microciclo, asegurando que la alternancia de los estímulos de fuerza máxima o potencia respete las densidades de descanso y evite la fatiga crónica (Stone et al., 2021; Thomas et al., 2018).

3. **Control de la replicabilidad:** Cada macrociclo diseñado por los estudiantes deberá ser auditado utilizando los criterios del formato CERT, asegurando la transparencia y descripción completa de los programas (Slade et al., 2016).

2.4.2 Diseño de rutinas para el fortalecimiento del cinturón lumbo-abdominal y coxofemoral

Para el desarrollo de la estabilidad central, los estudiantes utilizarán una estructura de programación basada en las intervenciones clínicas y físicas validadas para el control motor y el fortalecimiento muscular del tronco (Owen et al., 2020). Los modelos de entrenamiento basados en estabilización, control motor y resistencia muscular localizada lideran de forma contundente los índices de probabilidad científica (SUCRA = 80%) para optimizar la función física y asegurar la integridad estructural de la región lumbo-abdominal frente a las cargas de impacto (Owen et al., 2020).

Los estudiantes diseñarán un circuito dinámico enfocado en la activación de la musculatura profunda del tronco y los estabilizadores coxofemorales (Owen et al., 2020). A continuación, se presenta la matriz formal para la recolección de datos y la dosificación en las celdas de campo:

Tabla 3. Programa de Estabilización y Control Motor para el Fortalecimiento Lumbo-Abdominal y Coxofemoral.

Medio / Enfoque	**Ejercicio Específico (Drill)**	**Volumen (S × T)**	**Pausa / Densidad**	**Criterio de Control Técnico y Postural**
Control Motor Axial	Activación profunda en cuadrupedia (*Bird-Dog*)	3X12 repeticiones	45 segundos	Mantener la pelvis paralela al suelo sin rotación lumbar (Owen et al., 2020).
Estabilización Lateral	Puente lateral isométrico (*Side Plank*)	4X30 segundos	60 segundos	Asegurar la alineación coxo-femoral y escapular en el plano frontal.
Fuerza Resistencia	Flexión de tronco controlada método Pilates	3X15 repeticiones	60 segundos	Evitar la activación dominante del psoas ilíaco durante la fase concéntrica (Owen et al., 2020).
Control Lumbo-Pélvico	Extensión de cadera en puente supino (*Glute Bridge*)	3X12 repeticiones	45 segundos	Enfatizar la contracción concéntrica del glúteo mayor evitando la hiperextensión.
Estabilización Global	Plancha frontal con apoyos asimétricos	4X20 segundos	60 segundos	Monitorear la estabilidad lumbopélvica y evitar la anteversión de la pelvis.

Note. S X T = Series por tiempo o repeticiones; 1RM = Una repetición máxima; s = segundos. Los parámetros mecánicos de este circuito, la selección de los ejercicios de estabilización del tronco y los enfoques de control motor axial se estructuraron a partir del meta-análisis en red sobre efectividad del ejercicio físico para el segmento central de Owen et al. (2020).

Los datos recopilados en este cuadro permitirán a los alumnos auditar la ejecución técnica de sus compañeros, registrando la fatiga mecánica aparente y consolidando un estándar de prescripción seguro y coherente con las ciencias del movimiento humano desarrolladas en la educación superior.

2.5 Bloque de Evaluación del Capítulo:

Caso de estudio sobre corrección técnico-pedagógica de un plan mal estructurado en etapas formativas y matriz de evaluación de circuitos. La evaluación del aprendizaje en la formación de profesionales del deporte debe trascender la simple reproducción memorística de contenidos, promoviendo escenarios de evaluación formativa donde el estudiante demuestre su capacidad de diagnosticar y corregir problemas metodológicos basados en la evidencia científica. Este bloque conclusivo estructura las herramientas para certificar el logro de las competencias de planificación y periodización del capítulo.

2.5.1 Caso de estudio: Diagnóstico y corrección técnico-pedagógica de un plan mal estructurado en etapas formativas

El estudiante deberá analizar críticamente el siguiente escenario profesional simulado en el terreno de juego, aplicando los principios biológicos de la carga desarrollados en la unidad didáctica:

Escenario Problemático: Un entrenador a cargo de un equipo formativo de voleibol con atletas de entre 13 y 15 años de edad cronológica ha diseñado una estructura de entrenamiento basada en circuitos de fuerza potencia que se repite cuatro veces por semana (lunes, martes, jueves y viernes). Las sesiones incluyen ejercicios complejos de levantamiento de pesas libres, seguidos inmediatamente por series máximas de saltos pliométricos continuos (*drop jumps*) desde cajones de 40 centímetros, con pausas de recuperación cortas (30 segundos entre series). Tras tres semanas de aplicación, el reporte técnico del preparador físico registra una caída severa en la altura del salto vertical de los deportistas, un aumento significativo en el tiempo de contacto con el suelo durante las recepciones y quejas recurrentes de dolor en la zona lumbar baja. El entrenador argumenta que el dolor y el descenso del rendimiento son respuestas metabólicas normales necesarias para lograr el crecimiento muscular y la adaptación biológica al estrés.

2.6 Preguntas analíticas de resolución para el estudiante:

1. De acuerdo con los principios biológicos de continuidad, individualización y sobrecarga progresiva, identifique y fundamente cuáles son los errores de dosificación mecánica

presentes en la programación del entrenador (Roberts et al., 2023; Stone et al., 2021).

2. Basándose en la evidencia científica sobre la fatiga neuromuscular aguda provocada por entrenamientos que demandan esfuerzos máximos (sentadillas pesadas y pliometría), justifique por qué la densidad de descanso y la frecuencia semanal aplicadas en el caso están induciendo un estado de sobreentrenamiento y degradación funcional del cuádriceps en lugar de una supercompensación orgánica (Thomas et al., 2018).

3. Utilizando los modelos de control motor axial y prescripción segura de ejercicio para la musculatura profunda del tronco, diseñe una estrategia de reestructuración metodológica que sustituya el circuito lesivo por una rutina orientada a la estabilización lumbopélvica y coxofemoral para mitigar el dolor lumbar de los atletas (Owen et al., 2020).

2.6.1 Matriz de evaluación de circuitos y propuestas de planificación

Para la calificación cualitativa y cuantitativa del caso de estudio y de las propuestas de periodización estructuradas por los estudiantes, el docente aplicará la siguiente rúbrica analítica, la cual se presenta en formato de celdas y columnas para su incorporación directa en los cuadros de registro:

Tabla 4. Rúbrica de Calificación Formativa para la Corrección de Planes y Diseño de Circuitos.

Criterio de Calificación	Competente Destacado (4 pts)	Competente Regular (2 pts)	No Competente (1 pt)
Diagnóstico de la Maduración	Identifica las inconsistencias entre la carga mecánica y el estatus de maduración biológica de la población (Ramirez-Campillo et al., 2022).	Describe la fatiga general de los atletas, pero justifica sus correcciones basándose únicamente en el criterio de la edad cronológica.	Ignora los riesgos de la sobrecarga en etapas formativas o clasifica el dolor lumbar como una respuesta normal.
Rigor en la Reestructuración	Propone una distribución fásica del macrociclo y microciclo que respeta las leyes de bio-adaptación (Stone et al., 2021).	Modifica la selección de los ejercicios del circuito, pero mantiene una densidad de pausa insuficiente para la recuperación celular.	Mantiene la misma estructura lineal errónea o altera las variables de carga de forma aleatoria e improvisada.
Fundamentación Estabilizadora	Diseña rutinas de control motor del tronco con niveles de probabilidad científica óptimos para la función física (Owen et al., 2020).	Incluye ejercicios generales de flexión abdominal, pero no justifica su viabilidad técnica ni su transferencia postural.	Prescribe movimientos hiper-flexivos lesivos que incrementan la inestabilidad en el cinturón lumbo-abdominal.

Nota. pts = puntos. Puntuación máxima acumulable: 12 puntos. Este instrumento de verificación se diseñó integrando los criterios pedagógicos de la educación superior con las evidencias metodológicas

de control de carga, periodización y estabilización central de Owen et al. (2020), Stone et al. (2021) y Ramirez-Campillo et al. (2022).

2.7 Resumen del capítulo

La temporalidad y la organización fásica de los estímulos mecánicos constituyen el núcleo de la preparación física científica. Este segundo bloque te ha provisto de los marcos conceptuales para estructurar macrociclos y microciclos de trabajo, rompiendo con el paradigma lesivo de la prescripción basada en el calendario cronológico. Sintetizamos los pilares de tu aprendizaje en los siguientes puntos clave:

- **La Ley de Bio-adaptación y Modelos de Carga:** El sustrato fisiológico de la periodización es el Síndrome General de Adaptación. La manipulación fásica de los periodos de condición física y recuperación tiene como fin evitar el sobreesfuerzo no funcional o el agotamiento celular. Has analizado la diferencia entre periodización (microgestión de las líneas de tiempo cíclicas) y programación (gestión de ejercicios, series e intensidades). Estás capacitado para discernir cuándo aplicar un modelo de periodización tradicional (lineal) frente a un esquema moderno de periodización por bloques (monofactoriales o polifactoriales), optimizando la acumulación de cargas según los objetivos específicos del atleta.

- **Criterios Madurativos y Particularidades por Edad:** Has aprendido que la edad cronológica es un indicador plano e insuficiente para dosificar el ejercicio. En etapas formativas (rango de 13 a 15 años), la prescripción debe guiarse por la

maduración biológica, identificando hitos como el Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC) para adaptar el volumen e intensidad de los saltos pliométricos. En el extremo opuesto del ciclo vital, comprendes la fisiopatología de la sarcopenia en adultos mayores: una pérdida degenerativa de masa y función vinculada a la denervación de alfa-motoneuronas y la atrofia de fibras contráctiles. El uso de pesas a estas edades actúa como la principal contramedida biológica para frenar la fragilidad muscular.

- **Herramientas de Diseño y Control de Estabilidad:** La sistematización de contenidos te exige programar periodos de recuperación celular de entre 48 y 72 horas para disipar la fatiga neuromuscular aguda. A través de la Tabla 3, has asimilado el diseño de circuitos específicos de control motor axial y estabilización lumbo-abdominal (*Pilates*, *Bird-Dog*, *Side Plank*), cuya efectividad funcional está científicamente respaldada. Finalmente, la aplicación de la plantilla internacional CERT te otorga el rigor metodológico para auditar y corregir programaciones mal estructuradas utilizando los criterios de la Tabla 4.

CAPÍTULO III

3 SUPLEMENTACIÓN ERGOGÉNICA Y NUTRICIÓN APLICADA A LA DIRECCIÓN FUERZA

3.1 Orientación del Aprendizaje

Resultado de aprendizaje y problematización de las ayudas ergogénicas frente a las modas comerciales sin sustento científico. El desarrollo de competencias críticas en la prescripción del ejercicio y el soporte metabólico dentro de la educación superior exige que el estudiante domine las bases nutricionales y bioquímicas que condicionan la síntesis proteica y el rendimiento neuromuscular, distanciándose por completo de las tendencias comerciales empíricas. El resultado de aprendizaje diseñado para esta unidad didáctica compromete al discente a fundamentar, seleccionar y dosificar estrategias de suplementación nutricional y ayudas ergogénicas basadas estrictamente en la evidencia científica para optimizar la dirección fuerza y acelerar los procesos de recuperación biológica celular. Mediante este enfoque, el futuro profesional adquiere la capacidad de auditar la composición de los nutrientes y diseñar planes de soporte ergogénico coherentes con las exigencias del metabolismo esquelético humano.

En el contexto de la docencia universitaria, resulta indispensable problematizar la proliferación masiva de suplementos y modas comerciales en el mercado del acondicionamiento físico. Con frecuencia, atletas y entrenadores incorporan sustancias a sus rutinas basándose en estrategias publicitarias o en reportes anecdóticos que carecen de validación experimental en laboratorios de control

metabólico. Esta falta de rigor técnico no solo representa un desperdicio de recursos económicos para el deportista, sino que puede comprometer la homeostasis orgánica, induciendo estrés oxidativo o reduciendo la eficiencia de las vías de señalización anabólica naturales del músculo esquelético. La enseñanza de las ciencias del deporte debe capacitar al alumnado para confrontar los discursos de mercadotecnia mediante el análisis de revisiones sistemáticas y posicionamientos institucionales de referencia global.

Para solucionar esta problemática en el aula, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe orientar al estudiante a validar cada ayuda ergogénica analizando sus mecanismos celulares de acción. El estudio del metabolismo muscular demuestra que compuestos específicos como la creatina, la taurina, la carnosina y la beta-alanina ejercen un rol crítico en la protección celular, la amortiguación del pH intracelular y la optimización de los puentes cruzados de actina y miosina (Wu, 2020).

Asimismo, la literatura científica valida el impacto de micronutrientes esenciales como la vitamina D sobre la función mitocondrial, el estado anabólico muscular y la reducción del estrés oxidativo, lo que contrasta con las fórmulas comerciales multi-ingredientes que saturan el mercado sin demostrar efectos sinérgicos reales (Dzik y Kaczor, 2019).

3.2 Núcleo Teórico y Conceptual

Bioquímica de las ayudas ergogénicas en el desarrollo de la fuerza; Suplementación nutricional y su impacto en la síntesis proteica; Mecanismos de recuperación celular post-esfuerzo: hidratación, balance nitrogenado y sustratos metabólicos.

3.2.1 Bioquímica de las ayudas ergogénicas en el desarrollo de la fuerza

La prescripción nutricional y el soporte ergogénico aplicados a la dirección fuerza encuentran su justificación científica en su capacidad para intervenir de forma selectiva en las rutas de la bioenergética celular. Cada compuesto validado por la literatura internacional opera como un modulador de los sistemas de transferencia de energía esquelética. Así, la administración protocolizada de creatina monohidratada actúa como el sustrato esencial para optimizar la eficiencia del Sistema Anaeróbico Aláctico, incrementando los depósitos de fosfocreatina intramuscular disponibles para la resíntesis inmediata de ATP durante esfuerzos de máxima velocidad y torque estructural. De manera complementaria, la incorporación de precursores de la carnosina (como la beta-alanina) ofrece un soporte directo frente a las limitaciones del Sistema Anaeróbico Láctico, ejerciendo una acción amortiguadora o buffering que neutraliza los H+ acumulados por la glucólisis, preservando la homeostasis osmótica celular y extendiendo de forma segura el tiempo bajo tensión mecánica del deportista.

La prescripción y el análisis de las ayudas ergogénicas en la educación superior exigen la comprensión de los mecanismos bioquímicos intracelulares que median la generación de tensión en el sarcómero y mitigan la fatiga periférica. La International Society of Sports Nutrition (ISSN) establece que la cafeína anhidra se consolida como uno de los agentes ergogénicos con mayor respaldo científico para optimizar el rendimiento neuromuscular (Guest et al., 2021). Su acción biológica primaria se fundamenta en su rol como antagonista de los receptores de

adenosina en el sistema nervioso central, lo que disminuye la percepción subjetiva del esfuerzo, optimiza la transmisión del potencial de acción axónico y eleva el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral (Guest et al., 2021).

A nivel celular, la cafeína mejora la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico y optimiza la actividad de la enzima sodio-potasio ATPasa, lo que se traduce en incrementos significativos de la fuerza máxima absoluta, la potencia mecánica y la resistencia muscular localizada tanto en movimientos multiarticulares complejos como en ejercicios de aislamiento segmentario, administrada en dosis estandarizadas de 3 a 6 mg por kilogramo de masa corporal (Guest et al., 2021).

De forma paralela al soporte neural, el metabolismo contráctil depende de compuestos nitrogenados específicos sintetizados u obtenidos a través de la dieta, como la creatina, la taurina y la carnosina (Wu, 2020). La acumulación intramuscular de creatina (derivada de los aminoácidos arginina, glicina y metionina) optimiza la resíntesis inmediata de trifosfato de adenosina (ATP) mediante la vía de la fosfocreatina, actuando como el sustrato energético primario durante contracciones musculares isotónicas o isométricas de máxima intensidad (Wu, 2020).

Por su parte, la carnosina (un dipeptide compuesto por beta-alanil-L-histidina) opera como un amortiguador físico o *buffer* intracelular indispensable para neutralizar la acumulación de iones de hidrógeno (H^+) derivados de la glucólisis anaeróbica, retrasando la inhibición enzimática provocada por la acidosis y prolongando el tiempo bajo

tensión mecánica del tejido esquelético (Theofilidis et al., 2018; Wu, 2020).

3.2.2 Suplementación nutricional y su impacto en la síntesis proteica

La remodelación estructural del músculo posterior a una sesión de sobrecarga mecánica requiere un entorno endocrino y nutricional que favorezca el anabolismo celular. Para que ocurra un aumento real en el tamaño de la sección transversal del músculo (hipertrofia), el estímulo mecánico debe acoplarse con la disponibilidad de sustratos aminoacídicos capaces de sostener la biogénesis ribosomal y activar de forma persistente el complejo enzimático *mTORC1* (Roberts et al., 2023). En este proceso, micronutrientes esenciales como la vitamina D juegan un rol regulador determinante sobre el estado anabólico y el metabolismo energético del músculo esquelético (Dzik y Kaczor, 2019).

La unión de la vitamina D a sus receptores específicos (*VDR*) dentro de las células musculares modula la expresión de genes asociados con la proliferación de células satélite y la síntesis de proteínas estructurales, optimizando la función mitocondrial y atenuando el daño celular provocado por el estrés oxidativo tisular (Dzik y Kaczor, 2019). Una deficiencia en estos niveles moleculares deteriora la capacidad de absorción y regeneración miofibrilar, comprometiendo la ganancia de fuerza a largo plazo (Dzik y Kaczor, 2019).

3.2.3 Mecanismos de recuperación celular post-esfuerzo

La restauración de la homeostasis orgánica tras sesiones extenuantes de carga se rige por la velocidad de aclaramiento metabólico y la protección

frente a los procesos inflamatorios locales (Theofilidis et al., 2018; Thomas et al., 2018). El uso de polifenoles naturales derivados de la suplementación crónica o aguda con extractos de granada (*Punica granatum*) ha emergido como una estrategia científica eficiente para acelerar la recuperación post-ejercicio (Ammar et al., 2018). Los hallazgos demuestran que la administración de extractos de granada ricos en polifenoles (con concentraciones superiores a 1.69 g/L y consumidos con una anticipación mayor a una hora respecto al esfuerzo) ejerce potentes efectos antioxidantes y antiinflamatorios sistémicos (Ammar et al., 2018). Esta intervención atenúa los marcadores del daño muscular inducido por el ejercicio, mejora las respuestas cardiovasculares dinámicas y acelera de forma significativa la recuperación de la fuerza máxima y de la resistencia en adultos saludables sometidos a esfuerzos intensivos (Ammar et al., 2018).

Finalmente, el mantenimiento del balance nitrogenado y la integridad celular se vincula con aminoácidos moduladores del estrés tisular como la L-glutamina (Raizel y Tirapegui, 2018). La administración oral crónica de L-glutamina, ya sea en su forma libre o como el dipéptido L-alanil-L-glutamina, actúa como un potente activador de la respuesta de las proteínas de choque térmico de 70 kDa (*HSP70*) a través de la vía biosintética de la hexosamina (Raizel y Tirapegui, 2018). La elevación intracelular de *HSP70* ejerce un efecto protector que inhibe las vías inflamatorias mediadas por el factor nuclear kappa B (*NF-kB*), regulando la respuesta inflamatoria temprana ante las microlesiones estructurales del tejido muscular esquelético y promoviendo la posterior regeneración de las miofibrillas lesionadas (Raizel y Tirapegui, 2018).

Aunque sus efectos específicos sobre la recuperación exclusiva tras sesiones aisladas de entrenamiento resistido continúan bajo debate, la evidencia confirma que su uso mitiga el daño tisular y la inflamación sistémica inducidos por ejercicios exhaustivos de alta intensidad, consolidando los pilares bioquímicos que justifican la suplementación científica en el ámbito de la preparación física y la salud en la educación superior (Raizel y Tirapegui, 2018).

3.3 Caja de Herramientas Didácticas (Docente)

Debate crítico sobre suplementos de moda versus ayudas con respaldo, y técnicas para la estructuración de infografías metabólicas en la educación superior.

La mediación pedagógica en el aula universitaria contemporánea debe romper con la memorización pasiva de dosis y fórmulas, propiciando un entorno donde los estudiantes de ciencias de la actividad física cuestionen de forma analítica el mercado de la nutrición deportiva. La estrategia didáctica central de esta sección se fundamenta en el debate crítico estructurado, utilizando como objeto de estudio la comparación directa entre los suplementos de moda y las ayudas ergogénicas que cuentan con un respaldo metabólico sólido en la literatura científica.

Para dinamizar esta actividad en la clase, el docente planteará preguntas de inicio que pongan en conflicto los saberes empíricos de los estudiantes frente a la fisiología celular: *¿Por qué un aminoácido como la L-glutamina, ampliamente publicitado en redes comerciales para la hipertrofia muscular, carece de evidencia concluyente cuando se aísla su efecto en entrenamientos puramente resistidos?* o *¿Cuáles son los*

indicadores bioquímicos y neurales que diferencian a un verdadero agente ergogénico, como la cafeína anhidra, de una fórmula estimulante genérica saturada de ingredientes secundarios?

A través de estos cuestionamientos, el profesor guiará al alumnado en el uso de posicionamientos institucionales de referencia internacional, como el consenso de la International Society of Sports Nutrition (ISSN), obligándolos a evaluar variables operativas precisas. El docente asignará roles contrapuestos en el aula: un grupo de estudiantes asumirá la defensa de un plan nutricional basado en compuestos validados por sus mecanismos bioquímicos (tales como la creatina, la taurina y la carnosina), mientras que el otro grupo analizará de forma crítica las deficiencias metodológicas y los vacíos de evidencia de los productos de moda que carecen de ensayos controlados (Wu, 2020).

Esta confrontación teórica obliga al discente a argumentar a partir de marcadores biológicos concretos —como la resíntesis de fosfocreatina, el tamponamiento del pH intracelular y la optimización en el disparo de los potenciales de acción neurales—, desarticulando el discurso comercial mediante el uso del método científico (Guest et al., 2021; Wu, 2020).

Como complemento práctico de esta caja de herramientas, el docente implementará la técnica de estructuración de infografías metabólicas. El objetivo es que los estudiantes traduzcan la complejidad de las cascadas moleculares de recuperación y anabolismo en esquemas visuales de alta fidelidad técnica aplicables a la docencia o al entrenamiento de campo. Para la sistematización de este contenido visual, el profesor exigirá que

cada infografía elaborada cumpla con tres ejes analíticos obligatorios basados en la evidencia de la base de datos:

1. **Vía de Señalización y Estímulo Micronutricional:** El esquema gráfico debe mapear de forma explícita el rol regulador de micronutrientes como la vitamina D sobre los receptores *VDR* del músculo esquelético, ilustrando cómo interactúa con la proliferación de células satélite y la síntesis de proteínas estructurales (Dzik y Kaczor, 2019).

2. **Protección Celular y Respuestas Antiinflamatorias:** Los alumnos deberán graficar de manera secuencial los mecanismos de aclaramiento del estrés oxidativo y la inflamación local provocados por cargas extenuantes (Thomas et al., 2018). Aquí se debe ilustrar visualmente cómo compuestos específicos, como los polifenoles de la granada o la estimulación de las proteínas de choque térmico (*HSP70*) mediada por la L-glutamina, actúan inhibiendo las vías inflamatorias destructivas del factor nuclear *NF-kB*, acelerando la regeneración de las miofibrillas de la fibra esquelética (Ammar et al., 2018; Raizel y Tirapegui, 2018).

3. **Replicabilidad y Calidad del Reporte:** Para asegurar que el diseño no se quede en una propuesta abstracta, el docente exigirá que la infografía incorpore una sección operativa donde se detallen las dosis exactas, los tiempos de ingesta respecto al esfuerzo (como el consumo de cafeína de 3 a 6 mg/kg o la administración de polifenoles con más de una hora de anticipación) y las pautas de control del volumen total, utilizando

como criterio de validación técnica los ítems del formato estandarizado CERT (Guest et al., 2021; Slade et al., 2016).

3.4 Guía de Aplicación en el Terreno (Estudiantes)

Taller de auditoría de suplementos comerciales, y diseño de fichas de control de hidratación y soporte ergogénico para entrenamientos resistidos.

La asimilación de los contenidos de bioquímica nutricional en la educación superior exige que el estudiante de grado aprenda a intervenir de forma operativa en el campo de juego, auditando la composición de los productos comerciales y dosificando las ayudas ergogénicas con base en las necesidades metabólicas reales del deportista. Esta sección práctica capacita al alumnado en la gestión controlada de variables nutricionales y en el uso de herramientas de registro e instrumentación de campo.

3.4.1 Taller de auditoría de suplementos comerciales

El propósito de este taller es entrenar al estudiante en la deconstrucción analítica de los productos nutricionales que saturan el mercado. Trabajando de forma colaborativa en el laboratorio o en la pista de entrenamiento, los alumnos recolectarán etiquetas de suplementos multi-ingredientes comerciales (comúnmente denominados "pre-entrenamientos" o "recuperadores") y ejecutarán el siguiente procedimiento de control de calidad:

1. **Desglose de Ingredientes:** El estudiante identificará y listará cada uno de los principios activos declarados en la etiqueta nutricional.

2. **Contraste de Evidencia:** Utilizando los posicionamientos de la International Society of Sports Nutrition (ISSN), el alumno clasificará cada ingrediente según su nivel de respaldo científico (Categoría A: Fuerte respaldo; Categoría B: Evidencia mixta o limitada; Categoría C: Sin sustento real o prohibidos) (Guest et al., 2021; Wu, 2020).

3. **Cálculo de Densidad y Eficiencia:** Los estudiantes calcularán si la dosis por porción del producto comercial cumple con los rangos mínimos requeridos por la fisiología muscular para generar un efecto ergogénico real (por ejemplo, verificar si contiene entre 3 y 6 mg/kg de cafeína anhidra o si la concentración de polifenoles antioxidantes es fisiológicamente significativa) (Ammar et al., 2018; Guest et al., 2021).

3.4.2 Ficha de control de hidratación y soporte ergogénico para entrenamientos resistidos

Para sistematizar la dosificación y monitorizar las respuestas biológicas durante las sesiones de sobrecarga mecánica, los estudiantes implementarán una estructura instrumental de registro. La literatura especializada demuestra que la organización temporal (*timing*) de la ingesta de fluidos y de compuestos nitrogenados o polifenólicos condiciona de forma directa la velocidad de aclaramiento del estrés oxidativo y la retención de la fuerza potencia post-esfuerzo (Ammar et al., 2018; Guest et al., 2021; Raizel y Tirapegui, 2018).

Los alumnos aplicarán este protocolo durante una sesión estructurada de cargas pesadas o saltos pliométricos, completando rigurosamente las

celdas de la siguiente matriz de campo para su posterior análisis estadístico:

Tabla 5. Matriz de Registro de Ayudas Ergogénicas, Hidratación e Indicadores de Recuperación Celular.

Fase del Estímulo	**Estrategia Nutricional / Compuesto**	**Dosificación / Parámetros de Control**	**Vía de Acción Metabólica Esperada**	**Indicador de Monitoreo en el Terreno**
Pre-Entrenamiento (1-2 h antes)	Cafeína anhidra purificada	3 a 6 mg/kg de masa corporal	Antagonismo de receptores de adenosina y liberación de calcio (Guest et al., 2021).	Registro del incremento de la velocidad concéntrica.
Pre-Entrenamiento ≥ 1 h antes)	Extractos de granada ricos en polifenoles	> 1.69 g/L de fluido	Atenuación del daño oxidativo e inflamación local (Ammar et al., 2018).	Control de la estabilidad cardiovascular basal.
Durante la Carga (Intra-sesión)	Hidratación pautada basada en la tasa de sudoración	150 a 250 mLcada 15 min de esfuerzo	Preservación del volumen plasmático y termorregulación (Garber et al., 2011).	Monitorear cambios en el peso corporal post-esfuerzo.
Post-Entrenamiento (Inmediato)	L-glutamina libre o dipéptido (*L-alanyl-L-glutamine*)	0.2 a 0.3 g/kg de masa corporal	Estimulación de proteínas de choque térmico y control NF-kB (Raizel y Tirapegui, 2018).	Análisis visual de la tasa de fatiga residual (Thomas et al., 2018).

Soporte Crónico (Días de carga)	Creatina monohidrata da y taurina dietética	0.1 g/kg (creatina) + dieta balanceada	Optimización de la vía PCr y homeostasis osmótica celular (Wu, 2020).	Evaluación de la fuerza máxima acumulada en microciclos.

Nota. mg/kg = miligramos por kilogramo; g/kg = gramos por kilogramo; g/L = gramos por litro; mL = mililitros; min = minutos; h = horas; PCr = fosfocreatina; NF-kB = factor nuclear kappa B. Los rangos de dosificación, la temporalidad de la ingesta y las vías de aclaramiento biológico se estructuraron a partir de las revisiones de Ammar et al. (2018), Guest et al. (2021), Raizel y Tirapegui (2018), Thomas et al. (2018) y Wu (2020).

3.5 Bloque de Evaluación del Capítulo

Casos prácticos de interpretación de perfiles bioquímicos y dosificación nutricional en la dirección fuerza. La evaluación del aprendizaje dentro de los programas universitarios de ciencias del deporte debe certificar de manera formativa la capacidad del estudiante para resolver problemas complejos y tomar decisiones de prescripción basadas en datos objetivos de laboratorio y campo. Este bloque conclusivo presenta los instrumentos evaluativos para verificar el logro del resultado de aprendizaje del capítulo.

3.5.1 Casos prácticos de interpretación y dosificación nutricional

El estudiante deberá analizar y resolver el siguiente escenario problemático simulado en el terreno profesional, aplicando los

conceptos de bioquímica y suplementación desarrollados en la unidad didáctica:

Caso de Estudio Operativo: Un deportista de baloncesto de nivel universitario que entrena la dirección fuerza y potencia mediante bloques pliométricos y rutinas resistidas intensas (32 estudios y 818 jugadores analizados en contextos similares de PJT demuestran un alto requerimiento de fuerza y velocidad) (Ramirez-Campillo et al., 2022). El atleta presenta un estancamiento en sus niveles de fuerza máxima absoluta, quejas recurrentes de fatiga neuromuscular prolongada que excede las 72 horas (Thomas et al., 2018) y reporta consumir diariamente un "combo de suplementos pre-entrenamiento" comercial adquirido en redes sociales que contiene dosis desconocidas de estimulantes secundarios y solo 0.5 g de L-glutamina por porción. Sus análisis de laboratorio revelan niveles deficientes de vitamina D en el torrente sanguíneo, un estado inflamatorio local elevado y una deshidratación moderada crónica intra-sesión.

Preguntas de resolución y argumentación científica para el estudiante

1. Basándose en los mecanismos moleculares de la síntesis proteica esquelética, explique cómo la deficiencia de vitamina D y el uso de un suplemento comercial subdosificado comprometen la activación de los receptores *VDR* y limitan el proceso de hipertrofia y ganancia de fuerza del atleta (Dzik y Kaczor, 2019; Roberts et al., 2023).

2. Proponga una reestructuración completa del soporte ergogénico del deportista utilizando la Tabla 5 de este manual. Especifique las dosis exactas en miligramos o gramos por kilogramo de masa corporal de cafeína anhidra y polifenoles de granada, justificando los tiempos correctos de ingesta para atenuar la fatiga periférica y optimizar las curvas de fuerza-tiempo (Ammar et al., 2018; Guest et al., 2021).

3. Fundamente, a partir de la bioquímica celular descrita por Wu (2020) y Raizel y Tirapegui (2018), el rol protector de la L-glutamina y la creatina sobre la respuesta de las proteínas de choque térmico (*HSP70*) y el mantenimiento del balance nitrogenado para revertir los periodos de recuperación inadecuados del deportista.

3.5.2 Matriz de evaluación formativa para casos bioquímicos y nutricionales

Para la asignación de calificaciones, el docente incorporará en sus cuadros de registro la siguiente rúbrica analítica estructurada en filas y celdas correspondientes al estándar de la educación superior:

Tabla 6. Rúbrica Analítica para la Evaluación de Resoluciones Nutricionales y Soporte Ergogénico.

Criterio de Evaluación	Competente Destacado (4 pts)	Competente Regular (2 pts)	No Competente (1 pt)

Auditoría y Diagnóstico	Identifica con precisión las deficiencias moleculares (vitamina D) y las subdosificaciones comerciales frente a las guías de la ISSN (Dzik y Kaczor, 2019; Guest et al., 2021).	Describe la fatiga general del atleta, pero no logra diagnosticar las causas bioquímicas o la ineficiencia de los ingredientes del producto comercial.	Omite el análisis de los componentes químicos o clasifica el estancamiento como una falta de esfuerzo voluntario.
Precisión de Dosificación	Calcula de forma exacta las dosis y los tiempos de ingesta de la cafeína y los polifenoles basándose en el peso corporal (Ammar et al., 2018; Guest et al., 2021).	Prescribe los suplementos correctos, pero utiliza dosis genéricas o estandarizadas que ignoran la individualización biológica del sujeto.	Recomienda productos comerciales sin sustento científico o inventa cantidades perjudiciales para la homeostasis orgánica.
Fundamentación de Mecanismos	Sustenta la recuperación celular explicando las vías biológicas (*mTORC1*, *HSP70*, inhibición de *NF-kB*) (Raizel y Tirapegui, 2018; Roberts et al., 2023).	Menciona términos biológicos generales de recuperación, pero no logra interconectar la acción celular del compuesto con la desaparición de la fatiga.	Ofrece explicaciones empíricas o alucinadas sobre el metabolismo muscular sin ningún soporte de literatura científica.

Nota. pts = puntos; ISSN = International Society of Sports Nutrition. Puntuación máxima total: 12 puntos. Matriz de verificación diseñada integrando los requerimientos de evaluación formativa en educación superior y las evidencias bioquímicas de control de carga y

suplementación de Ammar et al. (2018), Dzik y Kaczor (2019), Guest et al. (2021) y Raizel y Tirapegui (2018).

3.6 Resumen del capítulo

Estimado estudiante, este tercer capítulo ha deconstruido la bioquímica nutricional y metabólica que sostiene la producción de ATP y media la reparación de las microlesiones estructurales sufridas por las miofibrillas durante el entrenamiento de la fuerza. El objetivo de este resumen es consolidar tu criterio científico para auditar el mercado comercial y dosificar ayudas ergogénicas basadas en la evidencia:

- **Bioquímica e Intracelularidad de las Ayudas Ergogénicas:** Has analizado los mecanismos moleculares de los compuestos con mayor respaldo científico (Categoría A) según los posicionamientos de la ISSN. Aprendiste que la cafeína anhidra opera como antagonista de los receptores de adenosina en el sistema nervioso central, elevando el reclutamiento de unidades motoras y mejorando la liberación de calcio del retículo sarcoplásmico en dosis de 3 a 6 mg/kg. Comprendes el rol de la creatina en la resíntesis rápida de fosfocreatina (vía PCr) para esfuerzos máximos, y la acción amortiguadora de la carnosina (beta-alanina) como *buffer* del pH intracelular frente a la acidosis glucolítica.

- **Regulación Anabólica y Mecanismos de Recuperación Celular:** El balance nitrogenado y la remodelación tisular dependen de entornos nutricionales precisos. Analizaste cómo la vitamina D se une a los receptores *VDR* del músculo esquelético

para modular la proliferación de células satélite y mitigar el estrés oxidativo mitocondrial. Asimismo, estudiaste el potencial antioxidante y antiinflamatorio de los polifenoles de granada para acelerar la recuperación de la fuerza, y el rol citoprotector de la L-glutamina (libre o dipéptido), la cual estimula la expresión de proteínas de choque térmico (*HSP70*) para inhibir las vías inflamatorias destructivas de la cascada *NF-κB*.

- **Auditoría y Prescripción en el Terreno:** La Tabla 5 (*Matriz de Registro de Ayudas Ergogénicas e Hidratación*) se convierte en tu herramienta operativa fundamental para programar el *timing* exacto y las dosis individualizadas de fluidos y suplementos intra y post-sesión. A través de las pautas del docente, has adquirido la destreza para confeccionar infografías metabólicas complejas y resolver casos clínicos mediante la Tabla 6, aislando los ingredientes subdosificados de los productos comerciales de moda que carecen de validación experimental.

CAPÍTULO IV

4 ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN POBLACIONES ESPECIALES Y CONDICIONES METABÓLICAS CRÓNICAS

4.1 Orientación del Aprendizaje

Resultado de aprendizaje y problematización de la prescripción de ejercicio contra la inactividad en patologías cardiovasculares y metabólicas. La formación integral de los profesionales de las ciencias de la salud y el deporte en la educación superior exige el desarrollo de competencias clínicas orientadas a la prescripción del ejercicio como una herramienta no farmacológica terapéutica fundamental. El resultado de aprendizaje que articula metodológicamente este cuarto capítulo compromete al discente a fundamentar, evaluar y dosificar programas de entrenamiento de la fuerza adaptados de forma segura a sujetos con patologías cardiovasculares, disfunciones respiratorias crónicas y trastornos del metabolismo glucolítico y lipídico.

A través de esta competencia, el estudiante de grado se capacita para interpretar guías clínicas internacionales de referencia y diseñar circuitos de acondicionamiento físico basados en la tolerancia hemodinámica y la integridad musculoesquelética periférica del paciente, asegurando una intervención con bases científicas sólidas en el ámbito profesional.

Para dar sentido a este resultado de aprendizaje, es indispensable problematizar las prácticas tradicionales de prescripción en entornos

médicos y deportivos. Históricamente, el diagnóstico de afecciones metabólicas crónicas —como la diabetes mellitus, la hipertensión arterial, la dislipidemia o la insuficiencia cardíaca congestiva— venía acompañado de una recomendación de reposo absoluto o del confinamiento exclusivo a caminatas y actividades aeróbicas de muy baja intensidad, prohibiendo de forma sistemática el uso de sobrecargas o ejercicios resistidos por miedo a accidentes vasculares. La literatura biomédica contemporánea califica este enfoque pasivo como un error metodológico crítico, demostrando que el verdadero factor de riesgo destructivo no es la aplicación controlada de fuerza, sino el círculo vicioso de la inactividad física y el sedentarismo crónico.

Las patologías cardiovasculares y metabólicas se vinculan estrechamente con la inflamación sistémica de bajo grado, el tejido adiposo disfuncional y el desarrollo de sarcopenia o dinapenia acelerada (Chait y den Hartigh, 2020; Mancia et al., 2023). En condiciones como la hipertensión arterial, la pérdida de distensibilidad de las paredes arteriales y la disfunción endotelial elevan de forma crónica la resistencia vascular periférica, un fenómeno que se agrava con el desuso del músculo esquelético (Mancia et al., 2023).

Asimismo, trastornos como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares se asocian de manera bidireccional con un mayor riesgo de infarto y falla miocárdica debido a la resistencia a la insulina en los tejidos diana y a la dislipidemia aterogénica, factores que promueven la disfunción de las mitocondrias esqueléticas y aceleran la degradación de las proteínas contráctiles (Cosentino et al., 2020; Mach et al., 2020). Cuando se prohíbe el entrenamiento de la fuerza, el

paciente experimenta un declive severo en la masa muscular, lo que reduce la cantidad de receptores de glucosa (*GLUT4*) disponibles y agrava de forma directa la patología metabólica de base (Bilski et al., 2022; Cosentino et al., 2020).

Para solucionar esta problemática en el aula y en el terreno práctico, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe orientar al alumno a justificar la inclusión de la sobrecarga progresiva como un medio para revertir la disfunción orgánica periférica. En enfermedades respiratorias obstructivas como el EPOC, así como en la insuficiencia cardíaca crónica, el factor determinante que limita la tolerancia al esfuerzo y destruye la calidad de vida del paciente no es únicamente la limitación central ventilatoria o el gasto cardíaco eyectivo, sino la marcada disfunción estructural del músculo esquelético en las extremidades corporales (Belardinelli et al., 1999; Maltais et al., 2014). Esta alteración se caracteriza por la atrofia fibrilar, el cambio metabólico hacia un perfil puramente glucolítico ineficiente y la pérdida prematura de la fuerza muscular (Maltais et al., 2014).

Al confrontar a los estudiantes con estos escenarios, el manual les enseña a utilizar la evaluación funcional y las pautas clínicas validadas como herramientas de diagnóstico inicial (Balady et al., 2010). De este modo, los futuros entrenadores aprenden a diseñar rutinas de fuerza donde la microgestión de la carga actúe de forma directa sobre la reversión de la resistencia anabólica, la optimización endotelial y la restauración funcional del tejido muscular, consolidando un esquema de intervención seguro y de alto nivel científico alineado con las exigencias de la educación superior.

4.2 Núcleo Teórico y Conceptual

Fisiopatología de las enfermedades cardiovasculares y metabólicas (hipertensión arterial, diabetes tipo II y dislipidemias); Respuestas hemodinámicas y adaptaciones periféricas al entrenamiento de la fuerza; Directrices de seguridad y criterios de dosificación de la carga en poblaciones clínicas basados en guías internacionales (ESH y ESC).

4.2.1 Fisiopatología de las enfermedades cardiovasculares y metabólicas

La intervención mediante el entrenamiento de la fuerza en poblaciones clínicas requiere que el estudiante universitario domine las alteraciones moleculares y estructurales que definen el entorno patológico del paciente. La hipertensión arterial se caracteriza por un incremento crónico de la resistencia vascular periférica, gatillado por fenómenos de disfunción endotelial, remodelación adaptativa destructiva de las grandes arterias y una pérdida severa de la distensibilidad del árbol vascular (Mancia et al., 2023). Esta elevación de la poscarga fuerza al ventrículo izquierdo a un estado de hipertrofia concéntrica patológica que, de no controlarse, evoluciona hacia la insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada o reducida (Belardinelli et al., 1999; Mancia et al., 2023).

Por su parte, la diabetes mellitus tipo II y la prediabetes se configuran como trastornos metabólicos complejos definidos por la resistencia periférica a la insulina en los tejidos diana, el estrés oxidativo mitocondrial y la disfunción micro y macrovascular (Cosentino et al., 2020). Este escenario se encuentra estrechamente interconectado con la

dislipidemia aterogénica, un desajuste lipídico caracterizado por la elevación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y los triglicéridos séricos, junto con la reducción de las lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Mach et al., 2020).

A nivel molecular, la acumulación ectópica de lípidos en el músculo esquelético y el tejido adiposo disfuncional desencadena una cascada inflamatoria crónica de bajo grado mediada por citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-\alpha) y la interleucina-6 (IL-6), las cuales bloquean la fosforilación del sustrato del receptor de insulina-1 (*IRS-1*), inhibiendo la translocación de las vesículas transportadoras de glucosa *GLUT4* hacia la membrana celular y acelerando la pérdida de la masa y la función contráctil por vías de degradación proteica o sarcopenia metabólica (Bilski et al., 2022; Chait y den Hartigh, 2020).

4.2.2 Respuestas hemodinámicas y adaptaciones periféricas al entrenamiento de la fuerza

El diseño seguro de las cargas resistidas demanda la deconstrucción de los fenómenos mecánicos y cardiovasculares que ocurren durante el esfuerzo contráctil. A diferencia del ejercicio aeróbico continuo, que induce una sobrecarga de volumen cardíaco, la contracción muscular contra una resistencia moderada o alta provoca una oclusión vascular temporal en los vientres musculares activos, elevando de forma aguda la presión arterial sistólica y diastólica debido al aumento de la resistencia periférica y a la activación del reflejo presor del ejercicio. Sin embargo, la investigación clínica demuestra que, a mediano y largo

plazo, el entrenamiento de la fuerza estructurado induce adaptaciones periféricas que revierten la fisiopatología de base.

Entre estas adaptaciones destacan la angiogénesis capilar en el tejido esquelético, la optimización de la función endotelial mediante el aumento de la disponibilidad de óxido nítrico sintasa y una reducción neta de la presión arterial basal en reposo (Mancia et al., 2023). A nivel metabólico, el aumento del tamaño de la sección transversal de la fibra muscular incrementa de forma directa el área disponible para la aclaración de glucosa plasmática y optimiza la sensibilidad a la insulina por vías independientes de la señalización hormonal, reduciendo de manera simultánea los marcadores inflamatorios y el riesgo cardiovascular global (Cosentino et al., 2020; Roberts et al., 2023).

En el ámbito del entrenamiento adaptado a poblaciones clínicas que padecen trastornos cardiometabólicos o respiratorios, la prescripción de circuitos intermitentes de fuerza con intensidades moderadas (40%-60% 1RM) activa una respuesta metabólica de Sistemas Mixtos, donde el Sistema Aeróbico u oxidativo asume un rol protector determinante. Mientras que la contracción voluntaria localizada estimula de forma aguda las vías anaeróbicas y promueve la translocación de las vesículas GLUT4 para la aclaración de glucosa plasmática, los periodos de recuperación estructurados entre estaciones demandan un aporte oxidativo continuo. Este flujo aeróbico es indispensable para sostener la resíntesis mitocondrial de los sustratos energéticos, regular la liberación de citocinas proinflamatorias y acelerar la restauración endotelial peri-esfuerzo, reduciendo de manera sinérgica la resistencia vascular

periférica y blindando la estabilidad cardiovascular del paciente de forma segura y controlada.

4.2.3 Directrices de seguridad y criterios de dosificación de la carga en poblaciones clínicas

Para salvaguardar la integridad hemodinámica del paciente, la dosificación de la intensidad y el volumen debe responder a los consensos establecidos por las sociedades científicas internacionales. La Sociedad Europea de Hipertensión (ESH) y la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) validan la incorporación del entrenamiento de la fuerza como una recomendación de primer orden dentro de las modificaciones del estilo de vida, supeditada a un estricto tamizaje y estratificación del riesgo cardiovascular del individuo (Cosentino et al., 2020; Mancia et al., 2023). Los criterios de prescripción exigen que la intensidad se sitúe inicialmente en rangos moderados (entre el 40% y el 60% de una repetición máxima o 1RM para pacientes principiantes o desentrenados, progresando de forma controlada hasta el 70%-80% de 1RM en sujetos estables) (Garber et al., 2011).

El volumen recomendado se organiza en circuitos que integren de 8 a 10 ejercicios multiarticulares que involucren las grandes masas musculares, realizando de 1 a 3 series de 10 a 15 repeticiones por ejercicio, con una frecuencia semanal de 2 a 3 días no consecutivos (Garber et al., 2011).

Como pauta metodológica obligatoria de seguridad, se debe monitorizar de forma constante la respuesta presora y evitar de manera absoluta la maniobra de Valsalva prolongada durante la fase concéntrica del

movimiento, ya que esta respiración forzada induce picos hipertensivos agudos intratorácicos perjudiciales.

Asimismo, la inclusión de ayudas ergogénicas seguras y con fuerte respaldo, como la cafeína (3 a 6 mg/kg), debe ser evaluada individualmente en pacientes hipertensos o cardiópatas debido a sus efectos agudos sobre la frecuencia cardíaca y la presión arterial, priorizando en su lugar el control estricto de la hidratación intrasesión para preservar el gasto cardíaco y garantizar un entorno de práctica seguro en la educación superior (Balady et al., 2010; Guest et al., 2021).

4.3 Caja de Herramientas Didácticas (Docente)

Estudio de casos clínicos simulados para la estratificación del riesgo y talleres de diseño de circuitos de fuerza adaptados. La mediación docente en las aulas de educación superior debe transformarse en un espacio de razonamiento clínico y toma de decisiones basadas en la evidencia, capacitando a los futuros profesionales de las ciencias del deporte para interactuar de forma segura con poblaciones que padecen afecciones cardiometabólicas crónicas. Para lograr este nivel de transferencia, la estrategia didáctica central de esta sección se fundamenta en el Estudio de Casos Clínicos Simulados. El docente presentará en el aula perfiles patológicos complejos basados en la realidad epidemiológica actual, obligando a los estudiantes a realizar un proceso riguroso de estratificación del riesgo y a justificar la viabilidad de la carga de entrenamiento utilizando como base los consensos internacionales (Balady et al., 2010; Cosentino et al., 2020; Mancia et al., 2023).

Para guiar la conducción de las sesiones de clase, el profesor formulará preguntas esenciales de inicio que rompan con los dogmas de la prescripción empírica: *¿Bajo qué indicadores de presión arterial sistólica y diastólica en reposo las guías de la ESH exigen la suspensión o aplazamiento inmediato de una sesión de fuerza resistida en el terreno?* (Mancia et al., 2023) o *¿De qué manera los cambios bioquímicos en el perfil lipídico del paciente modulan la inflamación endotelial y condicionan la tolerancia miocárdica durante un esfuerzo contráctil intermitente?* (Chait y den Hartigh, 2020; Mach et al., 2020).

A partir de estas interrogantes, el docente organizará mesas de trabajo cooperativo donde los alumnos deban auditar casos simulados, identificando los factores de riesgo cardiovascular y determinando si el sujeto requiere una prueba de esfuerzo cardiopulmonar supervisada antes de iniciar el programa de entrenamiento de fuerza (Balady et al., 2010).

Como segunda herramienta operativa, el docente implementará el Taller de Diseño de Circuitos de Fuerza Adaptados. El propósito de esta actividad es que los estudiantes traduzcan las directrices teóricas de las guías clínicas en programaciones de campo altamente individualizadas. El profesor suministrará un esquema metodológico para la sistematización de las rutinas, exigiendo que cada propuesta elaborada por los alumnos sea evaluada y descrita con absoluta transparencia técnica. Para ello, se utilizarán los 16 ítems del formato de consenso CERT, asegurando que variables críticas como las pautas de supervisión, la progresión del volumen, el control de la respiración (evitando la maniobra de Valsalva) y la densidad de las pausas queden

explícitamente registradas y validadas de forma científica (Slade et al., 2016).

4.4 Guía de Aplicación en el Terreno (Estudiantes)

Fichas de control hemodinámico y dosificación de cargas para circuitos de fuerza en pacientes con hipertensión arterial, diabetes tipo II y dislipidemia.

La consolidación de las competencias profesionales en el ámbito de la actividad física terapéutica exige que el estudiante de educación superior traslade las guías clínicas e internacionales directamente a la práctica de campo de forma segura. Esta sección operativa dota al alumnado de un protocolo metodológico paso a paso y de una matriz instrumental de registro para estructurar circuitos de fuerza adaptados, garantizando la seguridad hemodinámica y metabólica del paciente.

4.4.1 Protocolo de control hemodinámico y metabólico en el terreno

Para la ejecución segura de las sesiones con poblaciones clínicas, los estudiantes trabajarán en equipos multidisciplinares de evaluación y completarán rigurosamente el siguiente procedimiento operativo antes, durante y después del estímulo físico:

1. **Tamizaje de seguridad basal (Pre-esfuerzo):** Los estudiantes medirán la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) en reposo mediante un esfigmomanómetro calibrado. De acuerdo con las directrices de la ESH, si el paciente presenta valores basales de PAS $\ge$ 160 mmHg o PAD $\ge$ 100 mmHg, la sesión de ejercicio de fuerza debe suspenderse o aplazarse inmediatamente

(Mancia et al., 2023). En pacientes con diabetes tipo II, se registrará la glucemia capilar para prevenir cuadros de hipoglucemia severa (Cosentino et al., 2020).

2. **Monitorización intrasesión (Durante la carga):** Durante la ejecución de los ejercicios contráctiles, los alumnos controlarán visualmente la ejecución técnica, asegurando que el paciente mantenga un patrón de respiración continua y evite la maniobra de Valsalva prolongada para mitigar picos hipertensivos agudos (Mancia et al., 2023). Se registrará la percepción subjetiva del esfuerzo utilizando la escala de Borg modificada (0-10).

3. **Evaluación de la recuperación (Post-esfuerzo):** Al concluir el circuito, los estudiantes monitorizarán el tiempo de retorno a los valores basales de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, registrando la tolerancia global al esfuerzo físico aplicado (Balady et al., 2010).

4.4.2 Ficha de programación y dosificación para circuitos de fuerza clínica

Para estructurar la sesión de entrenamiento resistido, los estudiantes utilizarán una matriz basada en los rangos de seguridad metabólica e intensidad moderada recomendados por los consensos europeos de cardiología y ejercicio preventivo (Cosentino et al., 2020; Garber et al., 2011; Mach et al., 2020). Los alumnos completarán las celdas y columnas editables del siguiente cuadro para prescribir un circuito intermitente orientado a mejorar la sensibilidad a la insulina y reducir la

resistencia vascular periférica (Cosentino et al., 2020; Mancia et al., 2023):

Tabla 7. Matriz de Prescripción, Dosificación Mecánica y Control Hemodinámico en Circuitos Clínicos de Fuerza.

Grupo Patológico	**Ejercicio Multiarticular Seleccionado**	**Intensidad y Volumen (S × R)**	**Densidad de Pausa (Recuperación)**	**Criterio de Control Técnico y Postural Obligatorio**
Hipertensión Arterial	Prensa de piernas inclinada (*Leg Press*)	2X12 (40%-50% 1RM)	120 segundos entre series	Prohibir la maniobra de Valsalva; enfatizar la espiración en la fase concéntrica (Mancia et al., 2023).
Diabetes Tipo II	Sentadilla en cajón (*Box Squat*) con peso corporal	3X15 repeticiones	90 segundos entre series	Optimizar el volumen contráctil de las grandes masas para estimular receptores GLUT4 (Cosentino et al., 2020).
Dislipidemia	Remo sentado con polea baja o banda elástica	3X12 repeticiones	90 segundos entre series	Mantener la alineación escapular y el control excéntrico para regular citocinas (Chait y den

				Hartigh, 2020).
Riesgo Cardiovascular	Press de banca plano con mancuernas ligeras	2X10 (50% 1RM)	120 segundos entre series	Evitar cargas máximas o isometrías prolongadas que eleven la poscarga ventricular (Balady et al., 2010).
Coactivación Central	Extensión de cadera en puente supino (*Glute Bridge*)	3X12 repeticiones	60 segundos entre series	Asegurar una transición suave entre contracciones para preservar la estabilidad hemodinámica.

Nota. S $\times$ R = Series por repeticiones; 1RM = Una repetición máxima; mmHg = milímetros de mercurio; s = segundos; min = minutos. La selección de ejercicios multiarticulares, los rangos de intensidad moderada y las pautas de control respiratorio para evitar picos de presión intratorácica se estructuraron a partir de las recomendaciones clínicas de Balady et al. (2010), Cosentino et al. (2020), Garber et al. (2011) y Mancia et al. (2023).

4.5 Bloque de Evaluación del Capítulo

Casos prácticos de dosificación en pacientes con comorbilidades e instrumentos de validación metodológica.

La evaluación del aprendizaje en la formación de profesionales del deporte debe certificar de forma formativa la capacidad del estudiante

para resolver problemas complejos y tomar decisiones de prescripción basadas en datos objetivos de laboratorio y campo. Este bloque conclusivo presenta los instrumentos evaluativos para verificar el logro del resultado de aprendizaje del capítulo.

4.5.1 Caso práctico de dosificación en un paciente con comorbilidades cardiometabólicas

El estudiante deberá analizar y resolver el siguiente escenario profesional simulado, aplicando los criterios de fisiopatología y dosificación clínica desarrollados en la unidad didáctica:

Caso de Estudio Clínico: Un paciente de 55 años con un perfil de comorbilidad diagnosticado que incluye hipertensión arterial estadio 1, diabetes mellitus tipo II descontrolada y dislipidemia aterogénica asiste al gimnasio universitario. Su reporte médico inicial revela un aclaramiento ineficiente de glucosa plasmática, niveles elevados de triglicéridos séricos y una pérdida marcada de la masa muscular periférica (sarcopenia metabólica) (Chait y den Hartigh, 2020; Cosentino et al., 2020). En el terreno, el estudiante-evaluador registra una presión arterial en reposo de 155/95 mmHg. Un entrenador empírico del centro le prescribe un circuito de alta intensidad que incluye series isométricas máximas de empuje y flexiones de tronco repetidas con cargas altas, justificando que el esfuerzo extremo es necesario para acelerar la quema de lípidos y revertir la resistencia a la insulina.

Preguntas de resolución y argumentación científica para el estudiante:

1. Basándose en las directrices de la Sociedad Europea de Hipertensión (ESH), determine si el paciente se encuentra en un rango de seguridad hemodinámica para iniciar la sesión y justifique por qué el uso de isometrías máximas y la maniobra de Valsalva representan un riesgo cardiovascular crítico en este escenario (Mancia et al., 2023).

2. Utilizando la estructura de celdas de la Tabla 7, rediseñe el circuito de fuerza del paciente. Especifique los ejercicios multiarticulares correctos, las series, las repeticiones y la intensidad en porcentaje de 1RM que garanticen la estimulación de los receptores *GLUT4* y mejoren la función endotelial de forma segura (Cosentino et al., 2020; Garber et al., 2011).

3. Fundamente, a partir de la literatura clínica (Bilski et al., 2022; Chait y den Hartigh, 2020), cómo el entrenamiento de fuerza moderada actúa reduciendo la inflamación crónica de bajo grado mediada por citocinas proinflamatorias ($TNF-\alpha$ e $IL-6$) y favorece el anabolismo muscular en pacientes con dislipidemia y diabetes tipo II.

4.5.2 Matriz de evaluación formativa para propuestas de prescripción clínica

Para la asignación de calificaciones, el docente incorporará en sus cuadros de registro la siguiente rúbrica analítica estructurada en filas y celdas correspondientes al estándar de la educación superior:

Tabla 8. Rúbrica Analítica para la Calificación de Casos Clínicos y Programaciones de Fuerza Adaptada.

Criterio de Evaluación	Competente Destacado (4 pts)	Competente Regular (2 pts)	No Competente (1 pt)
Estratificación del Riesgo	Identifica con precisión los límites presores basales y los riesgos cardiovasculares asociados a la oclusión vascular según las guías ESH/ESC (Cosentino et al., 2020; Mancia et al., 2023).	Describe la condición patológica general del paciente, pero no logra conectar los valores de presión arterial con los criterios de suspensión inmediata de la sesión.	Omite el tamizaje de seguridad basal o prescribe ejercicios de alta intensidad ignorando las comorbilidades del paciente.
Precisión de Prescripción	Diseña un circuito adaptado especificando volumen, pausas largas e intensidad moderada (40%-60% 1RM) basado en consensos clínicos (Cosentino et al., 2020; Garber et al., 2011).	Prescribe ejercicios multiarticulares adecuados, pero utiliza intensidades elevadas o densidades de descanso cortas que comprometen la estabilidad hemodinámica.	Mantiene la rutina lesiva original o inventa parámetros de carga de forma aleatoria sin ningún sustento metodológico.

Sustento Fisiopatológico	Argumenta las adaptaciones periféricas (*GLUT4*, óxido nítrico, reducción de citocinas) a partir de la evidencia biomédica (Bilski et al., 2022; Chait y den Hartigh, 2020).	Menciona beneficios generales del ejercicio sobre la salud, pero no logra interconectar la acción mecánica del músculo con la mejora de la sensibilidad a la insulina.	Ofrece explicaciones empíricas o alucinadas sobre el metabolismo lipídico y la quema de grasa sin soporte científico.

Nota. pts = puntos; ESH = European Society of Hypertension; ESC = European Society of Cardiology. Puntuación máxima total: 12 puntos. Matriz de verificación diseñada integrando los requerimientos de evaluación formativa en educación superior y las evidencias clínicas de control de carga de Balady et al. (2010), Chait y den Hartigh (2020), Cosentino et al. (2020) y Mancia et al. (2023).

4.6 Bloque de Evaluación del Capítulo

Casos de estudio clínico para la evaluación de la tolerancia al esfuerzo y rúbrica formativa. La evaluación sistemática dentro de las ciencias de la actividad física y el deporte en la educación superior debe certificar de manera formativa la capacidad del estudiante para resolver problemas prácticos y tomar decisiones de dosificación analítica basadas en datos objetivos de laboratorio y campo. Este bloque conclusivo presenta los instrumentos evaluativos para verificar el logro del resultado de aprendizaje del capítulo.

4.6.1 Casos prácticos de interpretación y dosificación clínico-deportiva

El estudiante deberá analizar y resolver el siguiente escenario problemático simulado en el terreno profesional, aplicando los conceptos de fisiopatología y directrices de dosificación segura desarrollados en la unidad didáctica:

Caso de Estudio Operativo: Un paciente de 56 años con un diagnóstico clínico de diabetes mellitus tipo II, hipertensión arterial controlada y obesidad sarcopénica (un trastorno multifactorial complejo que altera la masa y función contráctil) (Bilski et al., 2022) acude a un centro de acondicionamiento físico universitario. Su reporte médico inicial revela una dislipidemia aterogénica concomitante con niveles elevados de LDL y triglicéridos séricos (Mach et al., 2020). Al medir sus variables hemodinámicas basales en reposo antes de la sesión, el estudiante a cargo registra una presión arterial sistólica (PAS) de 175 mmHg y una presión arterial diastólica (PAD) de 105 mmHg (Mancia et al., 2023). El entrenador del centro sugiere omitir el control de la respiración e iniciar un circuito intensivo de fuerza con cargas equivalentes al 85% de 1RM para "acelerar el gasto calórico", sin realizar un tamizaje previo ni monitorizar la tolerancia hemodinámica o respiratoria del sujeto.

Preguntas de resolución y argumentación científica para el estudiante:

1. Evaluando los valores de presión arterial basales del paciente (175/105 mmHg), determine si es seguro iniciar la sesión de fuerza y fundamente, bajo las directrices estrictas de la Sociedad

Europea de Hipertensión (ESH), cuáles son los límites de corte hemodinámicos que exigen la suspensión o el aplazamiento inmediato de la carga mecánica en el terreno (Mancia et al., 2023).

2. Justifique, basándose en la fisiopatología molecular descrita por Chait y den Hartigh (2020) y Cosentino et al. (2020), por qué la propuesta empírica del entrenador de aplicar cargas del 85% de 1RM sin control respiratorio (permitiendo la maniobra de Valsalva) incrementa el riesgo de un evento cardiovascular adverso y contrasta con los rangos moderados validados por las guías internacionales (Garber et al., 2011).

3. Utilizando la Tabla 7 de este manual, rediseñe un circuito de fuerza adaptado para este paciente. Seleccione tres ejercicios multiarticulares adecuados, especifique el volumen de series y repeticiones, y fundamente cómo esta estimulación muscular localizada revierte la resistencia anabólica y optimiza la captación de glucosa plasmática (Belardinelli et al., 1999; Mach et al., 2020).

4.6.2 Matriz de evaluación formativa para casos clínicos y circuitos adaptados

Para la asignación cualitativa y cuantitativa de las calificaciones, el docente incorporará en sus cuadros de registro la siguiente rúbrica analítica estructurada en filas y celdas editables correspondientes al estándar de la educación superior:

Tabla 9. Rúbrica Analítica para la Evaluación de Resoluciones Clínicas y Programación de Circuitos de Fuerza.

Criterio de Evaluación	Competente Destacado (4 pts)	Competente Regular (2 pts)	No Competente (1 pt)
Tamizaje y Seguridad Hemodinámica	Evalúa con precisión los valores de corte de la PA basándose en las directrices de la ESH y fundamenta la suspensión o el inicio seguro de la sesión (Mancia et al., 2023).	Identifica que el paciente presenta valores elevados de PA, pero no asocia los rangos de riesgo con los límites metodológicos establecidos en las guías clínicas.	Omite el control hemodinámico peri-esfuerzo o clasifica los picos hipertensivos agudos como respuestas normales e inofensivas.
Diseño del Circuito Clínico	Dosifica las variables de volumen, intensidad moderada y densidad respetando las guías internacionales de prescripción (Cosentino et al., 2020; Garber et al., 2011).	Prescribe ejercicios multiarticulares adecuados, pero utiliza intensidades excesivas ($\ge$ 80% 1RM) o densidades de pausa insuficientes para la recuperación.	Estructura planes lineales lesivos, ignora la patología metabólica de base o inventa parámetros de carga sin ningún sustento metodológico.
Fundamentación Fisiopatológica	Sustenta los beneficios del entrenamiento de la fuerza explicando la translocación de GLUT4 y la reversión de la atrofia (Bilski et	Menciona respuestas biológicas generales (como la mejora de la circulación), pero no logra interconectar la estimulación	Ofrece explicaciones empíricas o alucinadas sobre la curación de las patologías crónicas sin soporte de la literatura científica.

	al., 2022; Mach et al., 2020).	periférica con la mejora metabólica.

Nota. pts = puntos; PA = Presión arterial; 1RM = Una repetición máxima; ESH = European Society of Hypertension. Puntuación máxima total: 12 puntos. Matriz de verificación diseñada integrando los requerimientos de evaluación formativa en educación superior y las evidencias clínicas de control de carga en poblaciones especiales de Belardinelli et al. (1999), Cosentino et al. (2020), Garber et al. (2011) y Mancia et al. (2023).

4.7 Resumen del capítulo

Estimado estudiante, este último capítulo ha transformado tu perspectiva profesional al consolidar al entrenamiento de la fuerza como una intervención terapéutica no farmacológica indispensable frente a las patologías cardiometabólicas crónicas y respiratorias obstructivas, desmitificando el veto histórico del uso de sobrecargas en el ámbito clínico. Los conceptos centrales que debes internalizar son:

- **Fisiopatología de las Enfermedades Crónicas:** Comprendes que la hipertensión arterial eleva la poscarga cardíaca por el aumento de la resistencia vascular periférica y la disfunción endotelial. Analizaste cómo la diabetes tipo II, la prediabetes y las dislipidemias generan una inflamación sistémica de bajo grado ($TNF-\alpha$, $IL-6$) que altera el tejido adiposo e inhibe el receptor *IRS-1*, provocando fallas en la translocación de los transportadores *GLUT4* y acelerando la obesidad sarcopénica. Asimismo, identificaste que en patologías como el EPOC o la

insuficiencia cardíaca congestiva, la verdadera limitación del paciente radica en la disfunción y atrofia muscular periférica de las extremidades.

- **Respuestas Hemodinámicas y Adaptaciones Periféricas:** Aprendiste a diferenciar la respuesta aguda del ejercicio resistido (oclusión vascular temporal y aumento de la PA debido al reflejo presor) de las adaptaciones crónicas benéficas (angiogénesis capilar, optimización del óxido nítrico endotelial, incremento del área de aclaración de glucosa por vías independientes de la insulina y reducción sostenida de la presión arterial basal en reposo).

- **Protocolos de Dosificación Segura y Monitoreo:** Basándote en las directrices internacionales de la ESH y la ESC, has asimilado la obligatoriedad de realizar un tamizaje y control hemodinámico peri-esfuerzo. Sabes que valores basales $\ge$ 180/110 mmHg exigen suspender la sesión y que la maniobra de Valsalva está estrictamente prohibida. Utilizando la Tabla 7, estás plenamente capacitado para prescribir circuitos de fuerza adaptados (intensidades moderadas del 40% al 60% de 1RM, volumen de 1 a 3 series de 10 a 15 repeticiones) e instrumentar la evaluación del razonamiento clínico a través de los casos prácticos y la rúbrica formativa de la Tabla 8.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Alfa-motoneurona:** Neurona motora de gran tamaño localizada en la asta anterior de la médula espinal que inerva directamente a las fibras musculares esqueléticas. Su pérdida progresiva y la consecuente falta de reinervación colateral constituyen la base celular primaria del desarrollo de la sarcopenia en adultos mayores.

- **Amortiguación intracelular (*Buffering*):** Capacidad fisicoquímica del tejido muscular para neutralizar la acumulación excesiva de iones de hidrógeno (H^+) derivados de la glucólisis anaeróbica durante esfuerzos intensivos. Este mecanismo fisiológico evita la caída drástica del pH y retrasa la inhibición enzimática que provoca la fatiga periférica.

- **Anabolismo muscular:** Conjunto de procesos metabólicos celulares orientados a la síntesis de nuevas proteínas estructurales y contráctiles dentro de la fibra esquelética. Se activa predominantemente mediante la estimulación mecánica de la carga resistida y la disponibilidad de sustratos aminoacídicos, requiriendo un balance nitrogenado positivo.

- **Angiogénesis capilar:** Adaptación periférica crónica inducida por el ejercicio físico regular que consiste en la formación de nuevos vasos sanguíneos capilares a partir de los ya existentes en el tejido esquelético. Su optimización eleva el área de intercambio de gases, mejora el flujo sanguíneo local y favorece la aclaración de subproductos metabólicos.

- **Antagonista de adenosina:** Mecanismo bioquímico por el cual un compuesto (como la cafeína anhidra) se une a los receptores específicos de adenosina en el sistema nervioso central, bloqueando sus efectos inhibidores. Esta acción mitiga la percepción subjetiva del esfuerzo y optimiza las tasas de activación neural periférica.

- **Carnosina:** Dipéptido compuesto por la unión de beta-alanil-L-histidina que se concentra de forma natural en el músculo esquelético. Opera como el principal amortiguador metabólico intracelular, regulando el pH y prolongando el tiempo bajo tensión mecánica durante contracciones repetitivas de alta intensidad.

- **Células satélites:** Células madre miogénicas localizadas entre la lámina basal y el sarcolema de la fibra muscular. Su proliferación, diferenciación y fusión hacia las miofibrillas dañadas son indispensables para mediar los procesos de regeneración tisular e hipertrofia inducida por sobrecarga.

- **Ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA):** Fenómeno biomecánico y fisiológico caracterizado por una contracción muscular excéntrica rápida (estiramiento) seguida inmediatamente por una acción concéntrica (acortamiento). Este ciclo optimiza la acumulación y restitución de energía elástica y potencia la activación refleja a través del huso muscular.

- **Contracción excéntrica:** Acción muscular en la que un vientre muscular genera tensión activa mientras experimenta un proceso de alargamiento mecánico inducido por una fuerza externa. Es la

modalidad contráctil que genera los mayores niveles de estrés en el sarcómero, desencadenando la remodelación tisular profunda.

- **Dinapenia:** Pérdida progresiva y sistémica de la fuerza y la potencia muscular esquelética asociada directamente con el avance de la edad cronológica o el desuso neuromuscular. Se diferencia conceptualmente de la sarcopenia en que no está condicionada exclusivamente por la reducción cuantitativa de la masa muscular.

- **Dislipidemia aterogénica:** Trastorno del metabolismo lipídico caracterizado por la elevación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos séricos, en combinación con una reducción de las lipoproteínas de alta densidad (HDL). Actúa como un factor proinflamatorio celular que daña el endotelio vascular.

- **Disfunción endotelial:** Alteración patológica de las paredes internas de los vasos sanguíneos que disminuye la biodisponibilidad de óxido nítrico sintasa y promueve la rigidez vascular. Este desajuste eleva de forma crónica la resistencia vascular periférica y constituye el pilar inicial de la hipertensión arterial.

- **Edad cronológica:** Métrica del tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo expresada en años de calendario. La literatura contemporánea la descarta como el único indicador fiable para planificar las cargas de entrenamiento debido a que ignora la variabilidad del estatus madurativo interno.

- **Electromiografía superficial (*sEMG*):** Tecnología biomédica no invasiva utilizada para registrar y cuantificar las señales eléctricas y los potenciales de acción bioeléctricos que viajan a través del sarcolema durante la contracción muscular voluntaria. Permite evaluar el orden de reclutamiento y la fatiga neural.

- **Estratificación del riesgo:** Proceso metodológico de tamizaje clínico que consiste en evaluar los antecedentes, factores epidemiológicos, signos y síntomas de un paciente para clasificar su nivel de vulnerabilidad cardiovascular antes de someterlo a esfuerzos físicos estructurados.

- **Factor nuclear kappa B (*NF-κB*):** Complejo proteico celular que actúa como un factor de transcripción regulador de las respuestas inflamatorias e inmunitarias. Su activación excesiva post-esfuerzo prolonga los estados inflamatorios destructivos locales, retrasando la reparación de las miofibrillas musculares.

- **Formato CERT (*Consensus on Exercise Reporting Template*):** Plantilla de consenso internacional compuesta por 16 ítems estandarizados utilizada para auditar, estructurar y reportar programas de ejercicio físico con total rigor científico, asegurando la transparencia y la replicabilidad exacta de las cargas en el campo.

- **Homeostasis celular:** Estado de equilibrio dinámico e interno que mantienen las células y los tejidos orgánicos para garantizar sus funciones vitales óptimas. La aplicación de cargas mecánicas

interrumpe temporalmente este balance, forzando al organismo a iniciar cascadas adaptativas de compensación.

- **Maduración biológica:** Proceso fisiológico de desarrollo y consolidación progresiva de los sistemas orgánicos (óseo, hormonal, neuromuscular) hacia el estado adulto. Varía significativamente entre individuos de la misma edad cronológica y dicta la capacidad real de tolerancia ante los estímulos de fuerza potencia.

- **Maniobra de Valsalva:** Técnica respiratoria que consiste en realizar un intento de espiración forzada manteniendo la glotis completamente cerrada, lo que incrementa sustancialmente la presión intratorácica e intraabdominal. Está contraindicada de forma prolongada en pacientes clínicos debido a que provoca picos hipertensivos agudos.

- **Maduración puberal:** Fase crítica del desarrollo biológico humano caracterizada por profundas modificaciones endocrinas y antropométricas que reconfiguran el aparato musculoesquelético y condicionan la magnitud de las ganancias de potencia en etapas formativas.

- **Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC):** Hito madurativo que delimita el periodo de máxima aceleración en el crecimiento longitudinal óseo y de estatura durante la adolescencia. Actúa como el principal indicador bio-metodológico para organizar el volumen e impacto de las rutinas pliométricas en jóvenes.

- **Periodización por bloques:** Modelo de organización de las cargas de entrenamiento caracterizado por la concentración de estímulos altamente especializados dirigidos a un número mínimo de capacidades diana (monofactoriales o polifactoriales) a lo largo de bloques temporales bien definidos.

- **Pliometría de saltos (*PJT*):** Metodología de entrenamiento físico fundamentada en la ejecución de saltos repetitivos de alto impacto mecánico (como *drop jumps* o *rabbit hops*) diseñados específicamente para estimular el ciclo de estiramiento-acortamiento y optimizar la potencia elástica muscular.

- **Poscarga cardíaca:** Fuerza o resistencia mecánica que debe vencer el miocardio del ventrículo izquierdo para abrir la válvula aórtica y eyectar la sangre hacia el sistema arterial circulatorio. Se encuentra crónicamente elevada en pacientes con hipertensión arterial sistémica.

- **Proteínas de choque térmico (*HSP70*):** Familia de chaperonas moleculares de 70 kDa cuya expresión intracelular se incrementa ante situaciones de estrés térmico, oxidativo o mecánico. Su función primaria es proteger las estructuras celulares contra lesiones, inhibiendo vías proinflamatorias y mediando la regeneración celular.

- **Receptores de Vitamina D (*VDR*):** Receptores específicos localizados en el núcleo y citoplasma de las células del músculo esquelético. Al unirse a la vitamina D, modulan la expresión

genética vinculada con el estado anabólico muscular, la biogénesis mitocondrial y la atenuación del daño por estrés oxidativo.

- **Reflejo presor del ejercicio:** Respuesta neurovegetativa mediada por mecanorreceptores y quimiorreceptores intramusculares que eleva de forma refleja la actividad simpática, la frecuencia cardíaca y la presión arterial durante la contracción muscular voluntaria, respondiendo al grado de oclusión vascular local.

- **Resistencia anabólica:** Alteración fisiopatológica caracterizada por una disminución notable en la respuesta adaptativa y en la síntesis de proteínas musculares ante estímulos típicamente anabólicos como la ingesta de aminoácidos o el ejercicio mecánico resistido; es un rasgo común en la sarcopenia avanzada.

- **Sarcopenia:** Síndrome biológico y degenerativo caracterizado por la pérdida progresiva y generalizada de la masa, fuerza y funcionalidad del músculo esquelético asociada al envejecimiento. Sus bases fisiológicas residen en la atrofia por denervación neural y la alteración proteica celular.

- **Síndrome General de Adaptación:** Modelo biológico que describe las respuestas fásicas del organismo ante un estresor físico o mecánico (alarma/fatiga, resistencia/supercompensación y agotamiento). Constituye el pilar biológico que justifica la necesidad de programar densidades de pausa e intervalos de descanso.

- **Translocación de GLUT4:** Proceso molecular mediante el cual las vesículas intracelulares que contienen los transportadores de glucosa tipo 4 se movilizan e integran en la membrana de la célula muscular. Se activa por vía de la insulina o de forma independiente mediante la contracción muscular mecánica.

- **Umbral ventilatorio:** Indicador fisiológico del control metabólico que delimita la transición donde el organismo comienza a incrementar de forma desproporcionada la ventilación respecto al consumo de oxígeno, reflejando la acumulación de fatiga y la necesidad de regular las cargas de esfuerzo.

ANEXOS

ANEXO A: COMPLEMENTOS DIDÁCTICOS PARA EL CAPÍTULO I (FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS Y MECÁNICOS)

1. Reflexión Crítica para el Docente y el Estudiante

El análisis de la biomecánica y la fatiga neuromuscular no debe limitarse al laboratorio de investigación. El verdadero desafío pedagógico radica en que el evaluador desarrolle un "ojo clínico y cinemático" en el terreno de juego. Se debe reflexionar sobre cómo la pérdida sutil de la velocidad concéntrica o la alteración imperceptible en la simetría de un salto vertical actúan como alertas tempranas de fatiga neural mucho antes de que el deportista experimente dolor o agotamiento consciente. La monitorización tecnológica debe democratizarse en las aulas para salvar la brecha entre la teoría molecular y la ejecución motriz.

2. Instrumentos y Plantillas de Campo

A. Nivel: Educación Secundaria (Colegio)

- **Objetivo:** Desarrollar la capacidad de observación visual y análisis cualitativo en estudiantes de secundaria mediante una ficha de autoevaluación técnica y percepción mecánica del salto sin necesidad de sensores avanzados.

Tabla 10. Ficha Escolar de Autoevaluación Cualitativa del Salto Vertical y Percepción del Esfuerzo por Vías Energéticas.

Fase del Salto / Estímulo	Criterio de Observación Técnica	Registro de Ejecució	Escala de Borg	Identificación Básica del	Acción Correctora Sugerida

		n (Sí / No)	Modificada (0 al 10)	Sistema Energético	
Despegue Exclusivo	¿Ambas rodillas se mantuvieron alineadas sin irse hacia adentro (valgo)?		Inicial (Rep. 1 a 3):	**Sistema Inmediato (Aláctico):** Esfuerzos explosivos y cortos de potencia.	Si las rodillas van hacia adentro, reducir de inmediato la altura del salto.
Fase de Vuelo Sostenida	¿El tronco se mantuvo erguido y los brazos ayudaron a impulsarse de forma fluida?		Mitad de Serie (Rep. 4 a 6):	**Transición de Energía:** El muelle elástico muscular comienza a fatigarse.	Si el tronco se dobla hacia adelante, descansar 30 segundos más entre repeticiones.
Caída e Impacto Repetido	¿El contacto fue suave, amortiguando con la punta de los pies y flexionando rodillas?		Final de Sesión (Post-serie):	**Sistema Acumulativo (Láctico):** Presencia de acidez por saltos continuos.	Si la caída es ruidosa o rígida, suspender la serie por fatiga elástica.

Nota. Escala del 0 al 10: donde 0 es "reposo absoluto" y 10 es "esfuerzo máximo". Herramienta simplificada adaptada para entornos escolares a partir de los principios de análisis cinemático cualitativo y control de fatiga neuromuscular de Thomas et al. (2018) y Ramirez-Campillo et al. (2022).

B. Nivel: Educación Superior (Universitarios)

- **Objetivo:** Capacitar al estudiante de pregrado en la recolección y tabulación de datos cinemáticos utilizando aplicaciones móviles de análisis biomecánico por video (vía estimación cinemática) para calcular la pérdida de velocidad.

Tabla 11. Registro Universitario de Pérdida de Velocidad y de Potencia por Depleción del Sistema Anaeróbico Aláctico.

Sujeto Evaluado	**Método de Entrenamiento Aplicado**	**Serie / Repetición**	**Altura del Salto Calculada (cm)**	**Velocidad Media Propulsiva (m/s)**	**Porcentaje de Pérdida de Velocidad (%)**	**Criterio de Decisión Metodológica y Bioenergética**
Alumno A	**Intervalado Aláctico**	Serie 1 / Rep. 1			-	Valor de referencia en estado óptimo de fosfocreatina (PC*r*).
Alumno A	(Esfuerzo explosivo ≤ 8 s)	Serie 1 / Rep. 5				Si la pérdida es ≥ 15%, suspender la serie por depleción de fosfágenos (Thomas et al., 2018).

Alumno A	Pausa completa de 3 min	Serie 2 / Rep. 1	Monitorear si la pausa permitió la resíntesis completa de PC*r*.
Alumno A	(Relación de densidad 1:20)	Serie 2 / Rep. 5	Si la altura cae > 20%, duplicar el tiempo de pausa para limpiar fatiga local (Thomas et al., 2018).

Nota. cm = centímetros; m/s = metros por segundo; s = segundos; min = minutos; Rep. = repetición. Ficha estructurada para laboratorios de biomecánica universitaria utilizando la base teórica de fatiga neuromuscular aguda de Thomas et al. (2018) y los modelos de salto de Pramono et al. (2023).

C. Nivel: Práctica Avanzada (Profesionales / Preparadores Físicos)

- **Objetivo:** Proporcionar una matriz avanzada de interpretación cruzada de datos para preparadores físicos que utilicen plataformas de fuerza de alta tecnología y sensores electromiográficos simultáneos.

Tabla 12. Matriz Profesional de Cruzamiento de Datos: Plataformas de Fuerza e Índices del Metabolismo Glucolítico (sEMG).

Variable Tecnológica	Unidad de Medida	Método y Dirección Bioenergética	Comportamiento en Presencia de Acidosis Láctica	Ajuste Inmediato de la Programación en el Terreno
RFD (Tasa de Desarrollo de Fuerza)	N/s	**Método de Intervalos de Duración Corta:** Estímulos de alta producción de lactato.	Caída abrupta en los primeros 50 ms por acumulación de iones de hidrógeno (H+).	Reducir el volumen total de series de potencia en un 30% para proteger el sarcómero (Merrigan et al., 2021).
Asimetría Bilateral Dinámica	Porcentaje (%)	**Intervalado Láctico Dinámico:** Trabajo anaeróbico con pausas incompletas.	Incremento de la brecha entre extremidades debido a fatiga muscular heterogénea.	Derivar a ejercicios de fuerza unilaterales de aislamiento para regular tensiones (Taborri et al., 2020).
Frecuencia Media (sEMG)	Hertz (Hz)	**Amortiguación Intracelular (*Buffering*):** Tolerancia a la acidosis celular.	Desplazamiento severo del espectro de potencia hacia frecuencias bajas.	Indica fatiga neural y celular; aumentar la pausa a ≥ 3 min para remoción metabólica (Theofilidis et al., 2018).

Nota. ms = milisegundos; N/s = Newtons por segundo; min = minutos. Herramienta instrumental de alta especificidad para el rendimiento deportivo basada en Merrigan et al. (2021), Taborri et al. (2020) y Theofilidis et al. (2018).

ANEXO B: COMPLEMENTOS DIDÁCTICOS PARA EL CAPÍTULO II (PLANIFICACIÓN Y CONSIDERACIONES ETARIAS)

1. Reflexión Crítica para el Docente y el Estudiante

La periodización es la ciencia de administrar el tiempo biológico del organismo. La comunidad académica debe reflexionar sobre el peligro de la especialización temprana y el uso de planes rígidos de adultos en poblaciones infantojuveniles. Un diseño metodológico ético y científico debe anteponer la maduración ósea, neural y bionergética a los resultados competitivos inmediatos. De igual forma, en el adulto mayor, planificar la fuerza no es una opción orientada al rendimiento estético, sino una intervención de supervivencia funcional para preservar la autonomía motriz y mitigar la pérdida de mitocondrias musculares frente a la degradación de la unidad motora.

2. Instrumentos y Plantillas de Campo de Enfoque Bioenergético

A. Nivel: Educación Secundaria (Colegio)

- **Objetivo:** Implementar una ficha de control antropométrico y de recuperación bioenergética básica para que los estudiantes de colegio monitoricen su capacidad coordinativa sin someterse a estrés láctico severo.

Tabla 13. Ficha Escolar de Control de Crecimiento, Ritmo Motor y Recuperación Cardiorrespiratoria.

Bimestre Escolar	**Estatura en Reposo (cm)**	**Peso Corporal (kg)**	**Prueba de Coordinación (Saltos en Cuerda en 30 s) DOCX**	**Frecuencia Cardíaca Post-Esfuerzo (lpm)**	**Tiempo de Retorno al Reposo (min)**	**Observación del Profesor / Estado Bioenergético**
1.º Bimestre						Evaluar si el sistema aeróbico disipa el esfuerzo de forma eficiente.
2.º Bimestre						Adaptar los juegos de velocidad si hay desajustes por estirones de crecimiento.
3.º Bimestre						Asegurar una base aeróbica y coordinativa periférica estable.

Nota. cm = centímetros; kg = kilogramos; s = segundos; min = minutos; lpm = latidos por minuto. Plantilla escolar para la detección de la maduración y la eficiencia de recuperación aeróbica, siguiendo las pautas generales de desarrollo motor de Ramirez-Campillo et al. (2022).

B. Nivel: Educación Superior (Universitarios)

- **Objetivo:** Dotar a los estudiantes de la carrera de Ciencias del Deporte de una lista de verificación metodológica para auditar la dosificación de las pausas respecto a los sistemas metabólicos programados en un macrociclo.

Tabla 14. Lista de Verificación Académica para la Auditoría Bioenergética y Estructural de Macrociclos de Carga.

Dimensión Analítica del Plan	**Ítems de Validación Científica y Bioenergética**	**Cumple (✓)**	**En Proceso (±)**	**Observaciones Técnicas / Sustento Bibliográfico**
Estatus Madurativo y Energía	¿El plan detalla la adaptación de las cargas pliométricas calculando el PVC y limitando la acumulación de lactato en jóvenes?			Obligatorio en etapas formativas para dosificar de forma segura el impacto neuromuscular (Ramirez-Campillo et al., 2022).
Sistemas Energéticos y Bloques	¿Se evidencia el uso del **Método Intermitente Metabólico** alternando de forma limpia las cargas de fosfágenos y las fases de descanso?			Basado en la organización secuencial y monofactorial de la periodización por bloques (Stone et al., 2021).
Densidad de Pausa Estructurada	¿Los microciclos de descarga programan periodos de 48 a 72 horas para permitir			Indispensable para permitir la reparación miofibrilar y evitar estados de

	la remoción de la acidez láctica y la resíntesis celular?	agotamiento crónico (Thomas et al., 2018).

Nota. Esta lista de verificación constituye una herramienta de co-evaluación para proyectos de nivel universitario, fundamentada en los principios de periodización de Stone et al. (2021) y maduración biológica de Ramirez-Campillo et al. (2022).

C. Nivel: Práctica Avanzada (Profesionales / Directores Técnicos y Evaluadores)

- **Objetivo:** Proveer un protocolo clínico-deportivo para evaluar los niveles de fragilidad, la depleción de la función contráctil y el estado de resistencia anabólica en adultos mayores.

Tabla 15. Protocolo de Diagnóstico de Sarcopenia y Capacidad de Recuperación Bioenergética en Adultos Mayores.

Prueba Funcional de Campo	**Métrica de Evaluación**	**Umbral de Alerta / Fragilidad**	**Mecanismo Fisiológico y Bioenergético Subyacente**	**Estrategia de Prescripción Inmediata**
Fuerza de Prensión Manual	Dinamometría (kg)	Menor al percentil 20 para su sexo y edad	Pérdida de fibras rápidas tipo II y disfunción del retículo sarcoplásmico (Wilkinson et al., 2018).	Iniciar entrenamiento con sobrecarga pesada guiada para activar la vía mTORC1 (Garber et al., 2011; Roberts et al., 2023).

Prueba de Levantarse de la Silla	Tiempo en 5 repeticiones (s)	$>$ 15 segundos	Atrofia severa por denervación y caída en la resíntesis de fosfocreatina (Larsson et al., 2019).	Ejercicios multiarticulares con énfasis en la fase excéntrica y pausas completas alácticas.
Velocidad de la Marcha	Metros por segundo (m/s)	$<$ 0.8 m/s en 4 metros	Pérdida de potencia y declive en la eficiencia de la cadena respiratoria mitocondrial (Larsson et al., 2019).	Introducir movimientos de potencia a máxima velocidad intencional con carga baja y alta demanda de oxígeno.

Nota. kg = kilogramos; s = segundos; m/s = metros por segundo. Protocolo profesional estructurado a partir de los criterios de degradación celular de Larsson et al. (2019) y Wilkinson et al. (2018).

ANEXO C: COMPLEMENTOS DIDÁCTICOS PARA EL CAPÍTULO III (SUPLEMENTACIÓN ERGOGÉNICA Y NUTRICIÓN)

1. Reflexión Crítica para el Docente y el Estudiante

El soporte nutricional y la suplementación deben ser entendidos bajo el principio de la necesidad molecular, no del consumo masivo. Prescribir una ayuda ergogénica requiere comprender de forma obligatoria su farmacocinética, sus interacciones celulares y su capacidad real para restaurar o potenciar una vía bioenergética específica, combatiendo la desinformación con ensayos clínicos controlados y posicionamientos institucionales de referencia internacional.

2. Instrumentos y Plantillas de Campo de Enfoque Bioenergético

A. Nivel: Educación Secundaria (Colegio)

- **Objetivo:** Enseñar a los estudiantes de secundaria a identificar ingredientes que alteran el metabolismo energético basal (estimulantes y azúcares) mediante la auditoría escolar de etiquetas comerciales.

Tabla 16. Ficha Escolar de Control de Azúcares y Estimulantes Ocultos que Interfieren en la Homeostasis Energética.

Nombre del Producto Comercial	**Cantidad de Cafeína Declarada (mg) DOCX**	**Azúcar Total por Envase (g) DOCX**	**¿Contiene Colorantes o Aditivos Desconocidos? DOCX**	**Impacto Potencial en el Sistema Nervioso y Metabólico**	**Alternativa Saludable Sugerida**
Bebida Energizante Comercial				Puede provocar picos de glucosa e hiperactividad seguidos de fatiga severa.	Agua mineral natural o jugos de fruta sin aditivos.
Bebida Isotónica Industrial				Aporte excesivo de azúcares simples si el esfuerzo fue menor a 60 minutos.	Agua natural con una pizca de sal marina y limón si la sesión fue intensa.

Nota. mg = miligramos; g = gramos. Herramienta de educación nutricional escolar adaptada a partir del posicionamiento de la ISSN sobre cafeína y rendimiento (Guest et al., 2021).

B. Nivel: Educación Superior (Universitarios)

- **Objetivo:** Desarrollar habilidades de investigación autónoma para que los universitarios evalúen críticamente la relación entre las ayudas ergogénicas de Categoría A y el sistema bioquímico exacto que potencian.

Tabla 17. Matriz Universitaria de Clasificación Científica de Suplementos y su Soporte en la Bioenergética Muscular.

Nombre del Compuesto	**Nivel de Evidencia (ISSN) DOCX**	**Ensayos Controlados (Cantidad) DOCX**	**Sistema Energético Específico sobre el que Actúa**	**Vía Mecánica e Intracelular Comprobada**	**Veredicto Técnico del Estudiante**
Creatina Monohidrato	Categoría A		**Sistema Anaeróbico Aláctico:** Vía inmediata de fosfágenos.	Optimiza la resíntesis rápida de ATP mediante la donación del grupo fosfato de la PC*r* (Wu, 2020).	Totalmente recomendada para disciplinas de fuerza potencia absoluta.
L-Glutamina libre / dipéptido	Evidencia Mixta		**Recuperación Celular / Sistemas Mixtos:**	Activación de las proteínas de choque térmico (HSP70)	Recomendada para atenuar el daño inflamatorio sistémico,

Reparación tisular.	para inhibir la cascada inflamatoria del NF-*k*B (Raizel y Tirapegui, 2018).	no para ganancia de fuerza aislada.

Nota. Matriz diseñada para el desarrollo del pensamiento crítico en pregrado, fundamentada en los hallazgos moleculares de Raizel y Tirapegui (2018) y Wu (2020).

C. Nivel: Práctica Avanzada (Profesionales / Nutricionistas Deportivos y Preparadores Físicos)

- **Objetivo:** Proveer a los especialistas una matriz operativa de toma de decisiones bioquímicas para diseñar protocolos cruzados de restauración celular basados en la vía energética degradada.

Tabla 18. Matriz de Decisiones Profesionales para el Diseño de Protocolos de Recuperación basados en la Ruta Bioenergética.

Tipo de Fatiga / Marcador	**Sistema Energético Comprometido**	**Compuesto con Evidencia Científica (Dosis)**	**Timing Óptimo de Ingesta**	**Mecanismo Celular de Restauración de la Homeostasis**	**Indicador Clínico de Éxito Funcional**
Caída de la potencia máxima	Depleción de reservas en el **Sistema Anaeróbico Aláctico**.	Creatina monohidratada (0.1 g/kg).	Post-entrenamiento inmediato junto con carbohidra	Aumento nulo de la velocidad de resíntesis de fosfocreatina	Mantenimiento estable del gradiente de fuerza en series consecutiva

			tos simples.	intramuscular (Wu, 2020).	s (Wu, 2020).
Acidosis celular latente e inhibición muscular	Saturación y acumulación de H+ en el **Sistema Anaeróbico Láctico**.	Beta-alanina / Carnosina (3.2 a 6.4 g /día).	Fraccionado en varias dosis mínimas a lo largo de la jornada crónica.	Opera como un *buffer* o amortiguador fisicoquímico regulando el pH citoplasmático (Theofilidis et al., 2018; Wu, 2020).	Incremento significativo del tiempo bajo tensión mecánica sin fatiga (Wu, 2020).
Marcadores elevados de daño celular oxidativo	Estrés mitocondrial posterior a esfuerzos intensos en **Sistemas Mixtos**.	Polifenoles de extracto de granada (> 1.69 g/L).	Consumo crónico o agudo con anticipación ≥ 1 h antes del esfuerzo.	Bloqueo radical de los procesos de peroxidación lipídica en las membranas celulares (Ammar et al., 2018).	Aceleración de la fuerza máxima recuperada a las 24-48 h (Ammar et al., 2018).

Nota. g/kg = gramos por kilogramo; g/L = gramos por litro; g/día = gramos por día; h = hora. Matriz avanzada dirigida a la práctica profesional de alto rendimiento basada en Ammar et al. (2018), Theofilidis et al. (2018) y Wu (2020).

ANEXO D: COMPLEMENTOS DIDÁCTICOS PARA EL CAPÍTULO IV (POBLACIONES ESPECIALES Y CONDICIONES CLÍNICAS)

1. Reflexión Crítica para el Docente y el Estudiante

El ejercicio de la fuerza en poblaciones clínicas representa el eslabón definitivo en la humanización de las ciencias del deporte. El músculo esquelético es un órgano endocrino que, al ser estimulado de forma controlada mediante un estímulo de sistemas mixtos (aeróbico-anaeróbico), tiene el poder de restaurar la salud endotelial, revertir la resistencia a la insulina y devolver la dignidad motriz a un individuo frágil. La fuerza es medicina, y su dosificación clínica debe tratada con el mismo rigor que la prescripción farmacológica más compleja.

2. Instrumentos y Plantillas de Campo

A. Nivel: Educación Secundaria (Colegio)

- **Objetivo:** concienciar a los estudiantes de secundaria sobre las consecuencias del sedentarismo en los sistemas metabólicos corporales de su entorno familiar cercano.

Tabla 19. Ficha Escolar de Diagnóstico del Sedentarismo Familiar y Compromiso Metabólico Oxidativo.

Familiar Evaluado (Parentesco)	Horas de Inactividad al Día (Silla) DOCX	¿Realiza 30 min de Ejercicio Mínimo	Síntomas de Alerta Metabólica Declarados (Fatiga prematura /	Vía de Energía Atrofiada por el Sedentarismo	Propuesta de Movimiento Familiar Colectivo (Estímulo

		? DOCX	**Cansancio) DOCX**		**Aeróbico Primario)**
Papá Mamá	/			**Baja Capacidad Oxidativa:** Disminución de la función mitocondrial basal.	Caminata familiar continua de 20 minutos por las tardes para activar el sistema aeróbico.
Abuelo Abuela	/			**Resistencia Anabólica Severa:** Atrofia de fibras musculares por desuso (Wilkinson et al., 2018).	Ejercicios de movilidad articular y fuerza suave sentados en una silla con pausas amplias.

Nota. min = minutos. Herramienta de vinculación escolar orientada a combatir la inactividad física familiar partiendo de los presupuestos epidemiológicos de Mancia et al. (2023).

B. Nivel: Educación Superior (Universitarios)

- **Objetivo:** Entrenar al estudiante universitario en la interpretación cruzada de datos metabólicos (umbrales ergoespirométricos) y su acoplamiento con la intensidad del entrenamiento resistido clínico.

Tabla 20. Ficha Universitaria de Interpretación de Ergoespirometrías, Umbrales Ventilatorios y Zonas Bioenergéticas.

Paciente Evaluado	**V˙O2 Pico Registrado (mL/kg/min) DOCX**	**Primer Umbral Ventilatorio (VT1 - FC) DOCX**	**Segundo Umbral Ventilatorio (VT2 - FC) DOCX**	**Comportamiento del Sistema Energético Dominante**	**Rango de FC Segura para la Programación del Circuito Clínico de Fuerza**
Caso Clínico 1 (Hipertenso)				**Zona Aeróbica Pura (Bajo VT1):** Aporte oxidativo estable sin elevación del reflejo presor.	Mantener estrictamente la FC por debajo del VT1 durante la ejecución de las series (Balady et al., 2010).
Caso Clínico 2 (Diabético)				**Zona de Transición Mixta (VT1-VT2):** Activación glucolítica localizada para movilizar receptores GLUT4.	Pautar pausas pasivas extendidas de 120 s para limpiar el lactato y proteger el miocardio (Belardinelli et al., 1999; Cosentino et al., 2020).

Nota. $mL/kg/min$ = mililitros por kilogramo por minuto; FC = frecuencia cardíaca; s = segundos; min = minutos. Ficha analítica

universitaria basada en las guías de ergoespirometría de Balady et al. (2010) y los parámetros funcionales de Belardinelli et al. (1999).

C. Nivel: Práctica Avanzada (Profesionales / Kinesiólogos y Médicos del Deporte)

- **Objetivo:** Certificar que el profesional en el campo cumple de forma rigurosa con los protocolos de seguridad hemodinámica y criterios de suspensión obligatoria durante la dirección de circuitos de fuerza adaptados.

Tabla 21. Rúbrica de Desempeño Profesional para la Dirección de Circuitos Clínicos de Fuerza y su Enfoque en Sistemas Mixtos.

Dimensión de la Competencia	Nivel Avanzado / Seguro (4 pts)	Nivel Intermedio / Alerta (2 pts)	Nivel Deficiente / Riesgoso (1 pt)
Monitoreo Hemodinámico Peri-esfuerzo	Evalúa la PA basal y aplica de forma estricta los criterios de suspensión si los valores son ≥160/100 mmHg, monitorizando la glucemia en diabéticos (Cosentino et al., 2020; Mancia et al., 2023).	Mide la presión arterial de forma aislada, pero no sabe correlacionar los picos hipertensivos agudos con el grado de fatiga del paciente.	Inicia la sesión de fuerza sin evaluar la presión arterial basándose en criterios intuitivos o empíricos (Balady et al., 2010).
Control del Patrón Respiratorio y Apnea	Supervisa e instruye un patrón respiratorio fluido durante la contracción, bloqueando	Permite apnea voluntaria corta durante las repeticiones finales, corrigiendo la	Fomenta el bloqueo respiratorio prolongado para vencer la carga resistida, incrementando

	activamente cualquier intento de maniobra de Valsalva prolongada (Mancia et al., 2023).	técnica solo si el paciente evidencia signos de mareo.	drásticamente la poscarga ventricular.
Estimulación de Sistemas Mixtos	Dosifica intensidades estrictamente moderadas (40%-60% 1RM) para maximizar la translocación de GLUT4 por vía anaeróbica y la recuperación aeróbica (Cosentino et al., 2020; Garber et al., 2011).	Modifica la carga pero utiliza volúmenes excesivos o densidades de pausa cortas que inducen estrés oxidativo miocárdico destructivo.	Prescribe cargas máximas(≥85% 1RM) de forma improvisada, comprometiendo la integridad vascular y arterial del paciente clínico.

Nota. pts = puntos; PA = Presión arterial; FC = Frecuencia cardíaca; 1RM = Una repetición máxima. Rúbrica de desempeño clínico profesional estructurada bajo las directrices internacionales de la AHA (Balady et al., 2010), la ESC (Cosentino et al., 2020), el ACSM (Garber et al., 2011) y la ESH (Mancia et al., 2023).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ammar, A., Bailey, S. J., Chtourou, H., Trabelsi, K., Sherif, A. W., & Hammouda, O. (2018). Effects of pomegranate supplementation on exercise performance and post-exercise recovery in healthy adults: A systematic review. *British Journal of Nutrition*, *120*(11), 1201–1216. https://doi.org/10.1017/S0007114518002696

Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., Forman, D., Franklin, B., Guazzi, M., Gulati, M., Keteyian, S. J., Lavie, C. J., Macko, R., Mancini, D., & Milani, R. V. (2010). Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *122*(2), 191–225. https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181e52e69

Belardinelli, R., Georgiou, D., Cianci, G., & Purcaro, A. (1999). Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure: Effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation*, *99*(9), 1173–1182. https://doi.org/10.1161/01.CIR.99.9.1173

Bilski, J., Pierzchalski, P., Szczepanik, M., Bonior, J., & Rajca, Z. (2022). Multifactorial mechanism of sarcopenia and sarcopenic obesity: Role of physical exercise, microbiota and myokines. *Cells*, *11*(1), Artículo 160. https://doi.org/10.3390/cells11010160

Chait, A., & den Hartigh, L. J. (2020). Adipose tissue distribution, inflammation and its metabolic consequences, including diabetes

and cardiovascular disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *7*, Artículo 22. https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00022

Cosentino, F., Grant, P. J., Aboyans, V., Bailey, C. J., Ceriello, A., Delgado, V., Federici, M., Filippatos, G., Grobbee, D. E., Hansen, T. B., Huikuri, H. V., Johansson, I., Jüni, P., Lettino, M., Marx, N., Mellbin, L. G., Östgren, C. J., Rocca, B., Roffi, M., … Wanner, C. (2020). 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD. *European Heart Journal*, *41*(2), 255–323. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz486

Dzik, K. P., & Kaczor, J. J. (2019). Mechanisms of vitamin D on skeletal muscle function: Oxidative stress, energy metabolism and anabolic state. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(4), 825–839. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04104-x

Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(7), 1334–1359. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R.,

Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). International society of sports nutrition position stand: Caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *18*(1), Artículo 1. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4

Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salviati, L., Lee, Y. I., Thompson, W., Kirkland, J. L., & Sandri, M. (2019). Sarcopenia: Aging-related loss of muscle mass and function. *Physiological Reviews*, *99*(1), 427–511. https://doi.org/10.1152/physrev.00061.2017

Mach, F., Baigent, C., Catapano, A. L., Koskinas, K. C., Casula, M., Badimon, L., Chapman, M. J., De Backer, G. G., Delgado, V., Ference, B. A., Graham, I. M., Halliday, A., Landmesser, U., Mihaylova, B., Muller-Wieland, D., Pirillo, A., Riccardi, G., Taskinen, M. R., Tokgozoglu, L., … Wiklund, O. (2020). 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: Lipid modification to reduce cardiovascular risk. *European Heart Journal*, *41*(1), 111–188. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz455

Maltais, F., Decramer, M., Casaburi, R., Barreiro, E., Burelle, Y., Debigare, R., Dekhuijzen, P. N., Franssen, F., Gayan-Ramirez, G., Gea, J., Gosker, H. R., Gosselink, R., Hayot, M., Hussain, S. N., Janssens, W., Polkey, M. I., Roca, J., Saey, D., Schols, A. M., … Whittom, F. (2014). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease.

American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, *189*(9), e15–e62. https://doi.org/10.1164/rccm.201402-0373ST

Mancia, G., Kreutz, R., Brunström, M., Burnier, M., Grassi, G., Januszewicz, A., Muiesan, M. L., Tsioufis, K., Agabiti-Rosei, E., Algharably, E. A. H., Azizi, M., Benetos, A., Cauli, L., Coca, A., Desormais, I., Dorobantu, M., Doumas, M., Fernández-Alfonso, M. S., Halimi, J. M., … Stergiou, G. (2023). 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*, *41*(12), 1874–2071. https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003480

Merrigan, J. J., Stone, J. D., Martin, J. R., Hornsby, W. G., Galster, S. M., & Hagen, J. A. (2021). Applying force plate technology to inform human performance programming in tactical populations. *Applied Sciences*, *11*(14), Artículo 6538. https://doi.org/10.3390/app11146538

Nuzzo, J. L. (2023). Narrative review of sex differences in muscle strength, endurance, activation, size, fiber type, and strength training participation rates, preferences, motivations, injuries, and neuromuscular adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *37*(2), 494–536. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004329

Owen, P. J., Miller, C. T., Mundell, N. L., Verswijveren, S. J. J. M., Tagliaferri, S. D., Brisby, H., Bowe, S. J., & Belavy, D. L. (2020). Which specific modes of exercise training are most effective for

treating low back pain? Network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(21), 1279–1287. https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100886

Pramono, H., Rahayu, T., & Yudhistira, D. (2023). The effect of plyometrics exercise through agility ladder drill on improving physical abilities of 13–15-year-old volleyball players. *Physical Education Theory and Methodology*, *23*(2), 199–206. https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.2.07

Raizel, R., & Tirapegui, J. (2018). Role of glutamine, as free or dipeptide form, on muscle recovery from resistance training: A review study. *Nutrire*, *43*(1), Artículo 28. https://doi.org/10.1186/s41110-018-0087-9

Ralston, G. W., Kilgore, L., Wyatt, F. B., Buchan, D., & Baker, J. S. (2018). Weekly training frequency effects on strength gain: A meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, *4*(1), Artículo 36. https://doi.org/10.1186/s40798-018-0149-9

Ramirez-Campillo, R., García-Hermoso, A., Moran, J., Chaabene, H., Negra, Y., & Scanlan, A. T. (2022). The effects of plyometric jump training on physical fitness attributes in basketball players: A meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, *11*(6), 656–671. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.12.005

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

Slade, S. C., Dionne, C. E., Underwood, M., & Buchbinder, R. (2016). Consensus on Exercise Reporting Template (CERT): Explanation and elaboration statement. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(23), 1428–1437. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096651

Stone, M. H., Hornsby, W. G., Haff, G. G., Fry, A. C., Suarez, D. G., Liu, J., Gonzalez-Rave, J. M., & Pierce, K. C. (2021). Periodization and block periodization in sports: Emphasis on strength-power training—A provocative and challenging narrative. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(8), 2351–2371. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004050

Taborri, J., Keogh, J., Kos, A., Santuz, A., Umek, A., Urbanczyk, C., van der Kruk, E., & Rossi, S. (2020). Sport biomechanics applications using inertial, force, and EMG sensors: A literature overview. *Journal of Healthcare Engineering*, *2020*, Artículo 2041549. https://doi.org/10.1155/2020/2041549

Theofilidis, G., Bogdanis, G. C., Koutedakis, Y., & Karatzaferi, C. (2018). Monitoring exercise-induced muscle fatigue and adaptations: Making sense of popular or emerging indices and biomarkers. *Sports*, *6*(4), Artículo 153. https://doi.org/10.3390/sports6040153

Thomas, K., Brownstein, C. G., Dent, J., Parker, P., Goodall, S., & Howatson, G. (2018). Neuromuscular fatigue and recovery after heavy resistance, jump, and sprint training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *50*(12), 2526–2535. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001733

Wilkinson, D. J., Piasecki, M., & Atherton, P. J. (2018). The age-related loss of skeletal muscle mass and function: Measurement and physiology of muscle fibre atrophy and muscle fibre loss in humans. *Ageing Research Reviews*, *47*, 123–132. https://doi.org/10.1016/j.arr.2018.07.005

Wu, G. (2020). Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health. *Amino Acids*, *52*(3), 329–360. https://doi.org/10.1007/s00726-020-02823-6

Fundamentos del entrenamiento deportivo: Ciencia, planificación y didáctica, se publicó en el mes de noviembre de 2026.

ISBN: 978-9907-852-41-7

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

BIOGRAFÍA DEL AUTOR

Héctor Iván Rivas Cun:
Es Doctor en Ciencias Pedagógicas y Magíster en Cultura Física, es Licenciado y Profesor en Educación Física por la Universidad de Guayaquil. Se desempeña como docente de Entrenamiento Deportivo y Fisiología del Ejercicio, además de investigador, integrando conocimientos científicos, pedagógicos y didácticos para fortalecer la formación y el rendimiento deportivo.

FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO: CIENCIA, PLANIFICACIÓN Y DIDÁCTICA

Estimado lector, este texto formativo para la educación superior aborda el entrenamiento de la fuerza y la prescripción del ejercicio físico desde una perspectiva rigurosa e integradora, articulando la fundamentación biológica, la periodización metodológica, la bioquímica ergogénica y el manejo clínico en poblaciones especiales. La obra rompe con los paradigmas empíricos del acondicionamiento físico al proporcionar matrices operativas, directrices basadas en evidencia y herramientas didácticas estandarizadas que transforman los hallazgos de laboratorio en competencias prácticas de aplicación en el terreno.

A lo largo de sus capítulos, el texto analiza de manera progresiva las adaptaciones neuromusculares y el monitoreo tecnológico de la carga mediante herramientas biomédicas como la electromiografía y las plataformas de fuerza. Asimismo, fundamenta la periodización del entrenamiento bajo criterios de maduración biológica y cambios histológicos asociados a la edad, superando la prescripción basada únicamente en años cronológicos e incorporando el diseño de macrociclos auditados y protocolos de control motor lumbo-abdominal. En el ámbito nutricional, desglosa los mecanismos celulares de ayudas ergogénicas validadas institucionalmente, aportando talleres de auditoría de suplementos e hidratación peri-esfuerzo. Finalmente, sistematiza la dosificación del ejercicio en patologías cardiometabólicas crónicas bajo estándares de seguridad internacionales, consolidándose como una guía técnico-científica indispensable para estudiantes y profesionales comprometidos con una prescripción del esfuerzo físico individualizada, segura y basada en la evidencia.

GRUPO BLR

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

ISBN: 978-9907-852-41-7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA 1969