



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA



Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport

**CONTROL Y CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA DE
ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA CON UNA
MARCHADORA DE NIVEL OLÍMPICO:
ESTUDIO DE CASO**

TESIS DOCTORAL

Programa de Doctorado en Actividad Física y Deporte 3161

Presentada por:

D. Oscar Alfredo Montenegro Arjona

Directores:

Dr. D^a María Cristina Blasco Lafarga

Dr. D^a Ana Cordellat Marzal

Valencia, noviembre, 2023

Esta tesis ha sido depositada en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia, por D. Oscar Alfredo Montenegro Arjona con pasaporte número BA321627.

Valencia, 7 de noviembre de 2023

Nota aclaratoria 1. El documento incluye el uso de abreviaturas indistintamente en el idioma Español e Inglés, en dependencia del uso más aceptado de la abreviatura en el ámbito académico.

Nota aclaratoria 2. El documento se ha realizado atendiendo a la normativa consignada en el manual de publicaciones de la American Psychological Association (APA, 2020) 7ª edición.

Nota aclaratoria 3. El documento incluye gráficas presentadas en el idioma inglés para preservar la información en el idioma más aceptado en la literatura científica.

Parte del trabajo realizado en esta tesis ha sido publicado en:

Montenegro, O. A., Montenegro, J., Blasco-Lafarga, C., & Cordellat, A. (2023).

Commentary: The Polarization-Index: a simple calculation to distinguish polarized from non-polarized training intensity distributions. *Frontiers in Physiology*, 14, Article 1179769. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1179769>

(Apéndice A)

Parte del trabajo realizado en esta tesis ha sido objeto de la siguiente comunicación en Jornadas Regionales de Entrenamiento Polarizado en el Municipio de Tocancipá, Provincia de Cundinamarca, Colombia.

Montenegro, O. A. (2023, Junio 27). *Entrenamiento polarizado* [Conferencia]. Instituto Municipal de Recreación y Deportes de Tocancipá. Tocancipá, Cundinamarca, Colombia.

(Apéndice B)

Dedico este trabajo a Dios y le agradezco por brindar tanta bondad hacia mí y mi familia.

A mi mami, Blanca Sofía Arjona Cañon, por su infinito amor, apoyo incondicional y por estar siempre presente en mi vida.

A mi papito, Juan Salvador Montenegro Aldana, por creer siempre en mí y porque con su ejemplo me enseñó que con perseverancia se alcanzan los objetivos.

A mi hermano Jairo Montenegro Arjona por su tiempo, paciencia y grandes enseñanzas que siempre me han ayudado a ser mejor profesional.

A mi hermano Juan Carlos Montenegro Arjona, por su apoyo incondicional y por motivarme a superar los obstáculos que se presentan en la vida.

Agradecimientos

A las profesoras María Cristina Blasco Lafarga y Ana Cordellat Marzal por brindarme su apoyo de una manera sincera en el momento que más lo necesitaba. Apreciadas profesoras les estaré eternamente agradecido por el gesto de bondad que tuvieron conmigo en su momento. Gracias por su supervisión, tiempo, paciencia y por haberme acogido de la mejor manera.

A la deportista y su entrenador por haber aceptado la invitación a ser parte del estudio y compartir muy cordialmente su trabajo realizado en los últimos años.

Al Matemático Jairo Montenegro Arjona y a la Estadística Ana María Beltrán Cortés por su apoyo y asesoría en el análisis estadístico, demostrando así una verdadera integración de diferentes áreas del conocimiento en el ámbito moderno de la ciencia.

A la Universidad Surcolombiana, a la Facultad de Educación y al Programa de Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deportes por haberme brindado el tiempo necesario para realizar la presente tesis y el apoyo recibido en todos mis procesos de desarrollo profesional y académico.

La Doctora D^a María Cristina Blasco Lafarga en calidad de directora y la Doctora D^a Ana Cordellat Marzal en calidad de codirectora de la tesis doctoral presentada por D. Oscar Alfredo Montenegro Arjona, con título:

Control y cuantificación de la carga de entrenamiento de la resistencia con una marchadora de nivel olímpico: estudio de caso.

Por la presente emiten su opinión favorable para el depósito e inicio del trámite y posterior defensa de la mencionada Tesis Doctoral. Igualmente certifican que este trabajo ha sido realizado íntegramente por Don Oscar Alfredo Montenegro Arjona bajo su supervisión. Dicho trabajo es original y está concluido. En nuestro criterio reúne todos los méritos necesarios para optar al grado de Doctor por la Universidad de Valencia.

Datos del doctorando:

D. Oscar Alfredo Montenegro Arjona

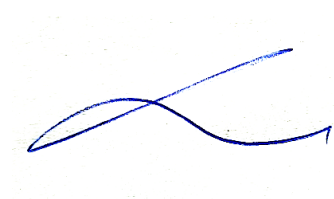
Pasaporte número BA321627

Graduado en Licenciatura en Educación Física

Tesis depositada en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

(Departamento de Educación Física Deportiva)

Valencia, 7 de noviembre de 2023



Fdo.: María Cristina Blasco Lafarga



Fdo.: Ana Cordellat Marzal

Índice

Índice general.....	xv
Índice de figuras.....	xvii
Índice de tablas.....	xxi
Índice de abreviaturas.....	xxiii
Resumen.....	xxv

Índice general

Introducción	1
La marcha.....	5
Estructura del movimiento de la marcha.....	6
Factores determinantes del rendimiento en la marcha	8
El ejercicio incremental para evaluación del rendimiento	9
Control de la carga de entrenamiento.....	20
La carga interna.....	22
Carga externa y evaluación mixta de la carga.....	28
Evaluación mixta de la carga: variables o respuestas calculadas.....	31
Planificación de la carga de entrenamiento.....	40
Distribución de la intensidad en el entrenamiento de resistencia.....	42
Modelos de distribución de la intensidad.....	45
Modelos de distribución más empleados en la marcha	56
Planteamiento del problema.....	57
Objetivos	61
Objetivo general	61
Objetivos específicos.....	61
Hipótesis.....	62
Metodología	65
Diseño de la investigación y selección de la muestra	65
Justificación del nivel de rendimiento: antecedentes deportivos	66

Recolección de los datos del estudio	67
Metodología para el cálculo de las zonas de entrenamiento y sus intensidades	69
Variables e instrumentos de medida del estudio	72
Tratamiento de los datos y análisis estadístico.....	79
Resultados y Discusión	85
Estructuras de la planificación del entrenamiento.....	85
Distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad	91
Características generales de la carga de entrenamiento	106
Principales indicadores de cuantificación de la carga encontrados en las temporadas	113
Influencia de las estructuras de la planificación y del modelo de distribución de la intensidad sobre indicadores de cuantificación de la carga.....	119
Cambios en los indicadores de control de la carga en función de la TID aplicada y el tipo de mesociclo.....	153
Análisis sobre el índice polarizado propuesto por Treff et al. (2019).....	177
Conclusiones	187
Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación	189
Referencias	193
Apéndices	239

Índice de figuras

Figura 1 Fase de apoyo simple y fase de apoyo doble en la marcha	6
Figura 2 Fase de apoyo simple en el apoyo anterior	7
Figura 3 Fase de apoyo simple en el apoyo posterior	7
Figura 4 Fase de doble apoyo	8
Figura 5 Factores relacionados con el rendimiento en las carreras de resistencia	9
Figura 6 Curva de lactato en función de la carga de trabajo	12
Figura 7 Dos métodos para describir el incremento en el lactato	17
Figura 8 Factores que afectan la economía de carrera	20
Figura 9 Control de la carga de entrenamiento (TL).....	22
Figura 10 Zancada: ciclo de movimiento de doble paso (tres apoyos).....	29
Figura 11 Modelo conceptual para el desarrollo de sistemas de seguimiento en atletas.....	38
Figura 12 Modelo hipotético de características seleccionadas de los umbrales.....	43
Figura 13 Esquema típico de tres zonas de intensidad del ejercicio físico.....	44
Figura 14 Distribución de la intensidad del entrenamiento basado en el modelo entre umbrales	49
Figura 15 Distribución de la intensidad del entrenamiento basado en el modelo polarizado	51
Figura 16 Límites y condiciones del índice polarizado.....	54
Figura 17 Imagen de una sesión de entrenamiento registrada en Garmin Connct®	68
Figura 18 Distribución de la intensidad del entrenamiento en cada temporada.....	92
Figura 19 Distribución de la intensidad del entrenamiento en los macrociclos.....	93
Figura 20 Distribución de la intensidad en función del tipo de mesociclo	97
Figura 21 Volumen por zonas de intensidad en microciclos de las dos temporadas.....	102
Figura 22 Volumen de entrenamiento en proporción por zonas de intensidad	103

Figura 23 <i>Análisis del VOLU en mesociclos de carga, potencia y competencia entre temporadas</i>	120
Figura 24 <i>Comparativa en el VOLU para los mesociclos de carga</i>	122
Figura 25 <i>TRIMP_{B&C} en mesociclos de carga</i>	123
Figura 26 <i>TRIMP_{MOR} en mesociclos de carga</i>	124
Figura 27 <i>Cambios en la FC_T en los mesociclos de carga en función de la TID</i>	125
Figura 28 <i>TMI en mesociclos de carga</i>	126
Figura 29 <i>ATL en mesociclos de carga</i>	127
Figura 30 <i>Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z1 en mesociclos de carga</i>	129
Figura 31 <i>Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z2 en mesociclos de carga</i>	130
Figura 32 <i>Series de tiempo interrumpidas para TL_{RPE} en mesociclos de carga</i>	131
Figura 33 <i>Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de carga</i>	132
Figura 34 <i>Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z1 en mesociclos de potencia</i>	135
Figura 35 <i>Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z2 en mesociclos de potencia</i>	136
Figura 36 <i>Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de potencia</i>	137
Figura 37 <i>FC_T en mesociclos competencia</i>	140
Figura 38 <i>RFC en mesociclos competencia</i>	140
Figura 39 <i>Volumen Z1 en mesociclos competencia</i>	141
Figura 40 <i>Volumen Z2 en mesociclos competencia</i>	142
Figura 41 <i>Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga</i>	148
Figura 42 <i>VOLU en mesociclos de competencia seleccionados</i>	149
Figura 43 <i>Comparaciones múltiples del TRIMP_{B&C} en la temporada 1</i>	156
Figura 44 <i>Comparaciones múltiples del TRIMP_{MOR} en la temporada 1</i>	156
Figura 45 <i>Comparaciones múltiples del S-RPE en la temporada 1</i>	157

Figura 46 <i>Comparaciones múltiples del VOLU en la temporada 1</i>	158
Figura 47 <i>Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z1 en mesociclos de la temporada 1</i>	160
Figura 48 <i>Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z2 en mesociclos de la temporada 1</i>	161
Figura 49 <i>Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de la temporada 1</i>	163
Figura 50 <i>Comparaciones múltiples de la TMI en la temporada 2</i>	167
Figura 51 <i>Comparaciones múltiples de la TS en la temporada 2</i>	168
Figura 52 <i>Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de la temporada 2</i>	169
Figura 53 <i>Diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID</i>	175
Figura 54 <i>Errores en los límites y condiciones del índice polarizado</i>	179
Figura 55 <i>Dominio de la función del índice polarizado</i>	182

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Escala modificada de esfuerzo percibido CR-10</i>	24
Tabla 2 <i>Índice de esfuerzo percibido de sesión (S-RPE)</i>	26
Tabla 3 <i>Parámetros de los modelos de distribución de la intensidad en la resistencia</i>	46
Tabla 4 <i>Inicio y finalización de los macrociclos en las dos temporadas</i>	69
Tabla 5 <i>Variables dependientes de control de la carga interna</i>	75
Tabla 6 <i>Variables dependientes de control de la carga externa y de naturaleza mixta</i>	79
Tabla 7 <i>Distribución de mesociclos y microciclos en las temporadas de entrenamiento</i>	87
Tabla 8 <i>Índice polarizado de los mesociclos en las temporadas 1 y 2</i>	95
Tabla 9 <i>Clasificación de los microciclos de la temporada 1 con el índice polarizado</i>	98
Tabla 10 <i>Clasificación de los microciclos de la temporada 2 con el índice polarizado</i>	100
Tabla 11 <i>Distribución de la intensidad bajo el modelo PET en deportes de resistencia</i>	105
Tabla 12 <i>Ejemplo de un microciclo de desarrollo en un mesociclo de carga</i>	112
Tabla 13 <i>Ejemplo de un microciclo de desarrollo en un mesociclo de potencia</i>	112
Tabla 14 <i>Velocidad de competencia por temporada y volumen de carga por macrociclos</i> ..	114
Tabla 15 <i>Indicadores de carga en mesociclos por cada temporada</i>	115
Tabla 16 <i>Indicadores de carga en microciclos por cada temporada</i>	117
Tabla 17 <i>Comparación de mesociclos de carga entre temporadas</i>	121
Tabla 18 <i>Indicadores de carga autocorrelacionados en mesociclos de carga</i>	128
Tabla 19 <i>Comparación de mesociclos de potencia entre temporadas</i>	134
Tabla 20 <i>Indicadores de carga autocorrelacionados en mesociclos de potencia</i>	134
Tabla 21 <i>Comparación de los mesociclos de competencia entre temporadas</i>	139
Tabla 22 <i>Fases de entrenamiento en cada temporada y macrociclo</i>	144
Tabla 23 <i>Comparación de los mesociclos de carga entre temporadas considerando solo los que cumplen criterios TID</i>	145

Tabla 24 <i>Comparación de los mesociclos de potencia entre temporadas considerando solo los que cumplen criterios TID.....</i>	146
Tabla 25 <i>Comparación de los mesociclos de competencia entre temporadas considerando solo los que cumplen criterios TID</i>	147
Tabla 26 <i>Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en los indicadores de la temporada piramidal.....</i>	154
Tabla 27 <i>Indicadores autocorrelacionados en la temporada 1</i>	159
Tabla 28 <i>Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en la temporada polarizada.....</i>	166
Tabla 29 <i>Indicadores autocorrelacionados en la temporada 2</i>	168
Tabla 30 <i>Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en la TID piramidal</i>	174
Tabla 31 <i>Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en la TID polarizada... </i>	176

Índice de abreviaturas

ACWR	Índice de Carga Aguda-Crónica (del inglés <i>Acute Chronic Workload Ratio</i>).
ATL	Carga Aguda del Entrenamiento (del inglés <i>Acute Training Load</i>).
bLa	Lactato Sanguíneo (del inglés <i>Blood Lactate</i>).
CTL	Carga Crónica del Entrenamiento (del inglés <i>Chronic Training Load</i>).
FC	Frecuencia Cardíaca.
FC _B	Frecuencia Cardíaca Basal.
FC _{máx}	Frecuencia Cardíaca Máxima.
FC _T	Frecuencia Cardíaca de Trabajo.
HIIT	Modelo de Distribución de Intervalos de Alta Intensidad (del inglés <i>High Intensity Interval Training</i>).
HVT	Modelo de Distribución de la Intensidad Alto Volumen (del inglés <i>High Volume Training</i>).
LN	Logaritmo Neperiano.
LT _{Aer}	Umbral Aeróbico (del inglés <i>Lactate Aerobic Threshold</i>).
LT _{An}	Umbral Anaeróbico (del inglés <i>Lactate Anaerobic Threshold</i>).
MLSS	Máximo Estado Estable del Lactato (del inglés <i>Maximal Lactate Steady State</i>).
PET	Modelo de Distribución de la Intensidad Polarizado (del inglés <i>Polarized Endurance Training</i>).
PI	Índice Polarizado (del inglés <i>Polarized Index</i>).
PIV	Modelo de Distribución de la Intensidad Pirámide Invertida.
PTU	Modelo de Distribución de la Intensidad Pirámide Truncada.
PYR	Modelo de Distribución de la Intensidad Piramidal (del inglés <i>Pyramidal</i>).
RE	Economía de Carrera (del inglés <i>Running Economy</i>).
RFC	Proporción de la Reserva de la Frecuencia Cardíaca.

RPE	Escala de Esfuerzo Percibido (del inglés <i>Rate Perceived Effort</i>).
S-RPE	Escala de Esfuerzo Percibido de Sesión (del inglés <i>Session Rate Perceived Effort</i>).
ThET	Modelo de Distribución de la Intensidad entre umbrales (del inglés <i>Threshold Endurance Training</i>).
TID	Distribución de la Intensidad del Entrenamiento (del inglés <i>Training Intensity Distribution</i>).
TL	Carga de Entrenamiento (del inglés <i>Training Load</i>).
TLR	Respuesta a la Carga de Entrenamiento (del inglés <i>Training Load Response</i>).
TL _{RPE}	Carga de Entrenamiento Percibida (del inglés <i>Training Load Rate Perceived Effort</i>).
TMI	Índice de Monotonía del Entrenamiento (del inglés <i>Training Monotony Index</i>).
TRIMP	Dinámica de la carga (del inglés <i>Training Impulse</i>).
TRIMP _{B&C}	Dinámica de la carga según Banister y Calvert (1980).
TRIMP _{MOR}	Dinámica de la carga según Morton et al. (1990).
TS	Estrés de la carga (del inglés <i>Training Stress</i>).
VOLU	Volumen de entrenamiento en la sesión (del inglés <i>Volume</i>).
$\dot{V}O_2$	Consumo de Oxígeno.
$\dot{V}O_{2\text{máx.}}$	Consumo Máximo de Oxígeno.
Z1	Proporción de Volumen de Trabajo en la Zona 1 (en minutos o valores).
Z2	Proporción de Volumen de Trabajo en la Zona 2 (en minutos o valores).
Z3	Proporción de Volumen de Trabajo en la Zona 3 (en minutos o valores).
%FC _T	Porcentaje de Frecuencia Cardíaca de Trabajo.
% FC _{máx}	Porcentaje de Trabajo de la Frecuencia Cardíaca Máxima.

Resumen

Una atracción particular se ha incrementado hacia diferentes modelos de distribución de la intensidad en deportes de resistencia desde la aparición del índice polarizado (del inglés *Polarized Index, PI*), que se basa en el porcentaje, el tiempo o la distancia de entrenamiento en tres zonas de intensidad donde, el PI tiene como objetivo distinguir entre un modelo de distribución polarizado (del inglés *Polarized Endurance Training, PET*) y no polarizado. Hasta el momento, no existe un acuerdo con respecto a la distribución óptima del volumen y la intensidad del entrenamiento entre los deportistas de élite. La literatura del entrenamiento, basada en resultados de investigaciones con deportistas recreativos, puede ser engañosa cuando se relaciona con los hallazgos de deportistas élite o altamente entrenados; mientras que, estudios de entrenamiento descriptivos permiten la investigación con atletas de resistencia de élite en un ambiente de rendimiento. Algunos autores reportan que el modelo PET mejora el rendimiento aeróbico y es superior en comparación al modelo de distribución entre umbrales (del inglés *Threshold Endurance Training, ThET*). Por otro lado, algunos estudios no encuentran diferencias entre el modelo de distribución PET y otros modelos. Por ejemplo, algunos autores hallaron que el modelo PET no es superior frente al modelo *piramidal* (del inglés *Pyramidal, PYR*). Sin embargo, otros autores encontraron adaptaciones similares en el metabolismo de las grasas y el rendimiento neuromuscular con dos programas de diferente distribución de intensidad (i.e., ThET vs. PET). Se debería confiar más en los estudios de observación e intervención realizados en grupos de atletas de élite de resistencia altamente seleccionados que en los estudios realizados con pocas semanas de intervención y con deportistas *aficionados o recreativos*, donde el periodo de investigación ha sido muy corto. Sin embargo, casi no hay investigaciones disponibles que indaguen sobre el impacto de diferentes modelos de la periodización del entrenamiento a largo plazo para atletas de resistencia y específicamente en la prueba atlética de la marcha. El propósito del estudio fue

analizar la repercusión en el cambio de modelo de distribución de la intensidad de la carga a lo largo de dos temporadas en una marchadora de nivel Olímpico (20 km), con especial atención al uso de las estructuras de planificación del entrenamiento y a los principales indicadores de cuantificación de la carga. El diseño de investigación fue ex-postfacto con recolección longitudinal de los datos y contraste de hipótesis en un estudio de caso con una marchadora de nivel Olímpico. Los indicadores de cuantificación de la carga fueron los referidos a la carga interna (frecuencia cardíaca basal [FC_B], frecuencia cardíaca máxima [$FC_{m\acute{a}x}$], frecuencia cardíaca de trabajo (FC_T), proporción de reserva de la frecuencia cardíaca [RFC], consumo máximo de oxígeno, lactato sanguíneo y tasa de esfuerzo percibido de sesión [S-RPE]), externa y de naturaleza mixta (volumen de trabajo en la sesión [VOLUME], volumen de trabajo por zonas de intensidad [Volumen Z1, Volumen Z2 y Volumen Z3], distribución de la intensidad del entrenamiento [TID], control de la dinámica de la carga [TRIMP_{B&C} y TRIMP_{MOR}], carga de entrenamiento percibida [TL_{RPE}], índice de monotonía en el entrenamiento [TMI], estrés de la carga [TS], carga aguda del entrenamiento [ATL], carga crónica del entrenamiento [CTL] e índice de carga aguda-crónica [ACWR]). Las características de la deportista seleccionada fueron: 36 años, estatura 160 cm, masa corporal de 46 kg, índice de masa corporal de 17.9 kg/m², porcentaje de grasa de 11%, $FC_{m\acute{a}x}$: 193 p/min y $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$: 55 mL · min⁻¹. Durante las temporadas de entrenamiento 2018-2019 y 2020-2021 se describió la tipología, frecuencia de uso y la distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad en función de diferentes estructuras cíclicas de la planificación del entrenamiento, se determinaron los principales indicadores de cuantificación de la carga empleados y se analizó la influencia que tienen distintas estructuras de planificación sobre los indicadores de cuantificación de la carga dentro del mismo modelo de distribución de la intensidad y entre estructuras de planificación semejantes, pero de modelos de distribución diferentes. Las estructuras cíclicas de la planificación utilizadas fueron las tradicionales como

son los microciclos, mesociclos, fases y macrociclos del entrenamiento, los dos años de entrenamiento se distribuyeron en cuatro macrociclos, 33 mesociclos, 109 microciclos y 812 sesiones de entrenamiento. La distribución de la intensidad entre temporadas se presentó como una distribución PYR en la T1 y una distribución PET en la T2. Los principales indicadores de cuantificación de la carga empleados en las diversas estructuras de la planificación que son sensibles a los cambios en la distribución de la intensidad, son: S-RPE, VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, ATL, CTL, TMI y TS. La influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función de los mesociclos de carga (i.e., FC_T , VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$, TL_{RPE} , ATL, CTL y TMI), potencia (i.e., Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL) y competencia (i.e., FC_T , RFC, Volumen Z1 y Volumen Z2). La influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga considerando los criterios de TID en los mesociclos de carga (i.e., Volumen Z1, Volumen Z2, ATL y CTL), potencia (i.e., Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL) y competencia (i.e., VOLU). La influencia del tipo de mesociclo ejerce un impacto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la TID bajo el modelo PYR, como son: S-RPE, VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$, y CTL; y en la TID bajo el modelo PET, como son: CTL, TMI y TS. La influencia del tipo de mesociclo que cumple con los criterios de la TID ejerce un impacto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga agrupados en la TID bajo el modelo PYR, como son: S-RPE, VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL; y en la TID bajo el modelo PET, como son: CTL, TMI y TS.

Palabras clave: alto rendimiento, entrenamiento de alta intensidad, entrenamiento entre umbrales, entrenamiento de resistencia, entrenamiento polarizado

CAPÍTULO 1

Introducción

Introducción

La investigación titulada: *Control y Cuantificación de la Carga de Entrenamiento de la Resistencia con una Marchadora de Nivel Olímpico: Estudio de Caso* surge de la necesidad de comprender y estudiar el fenómeno del control de la carga en los deportes cíclicos y en especial en la prueba de marcha en el atletismo con una deportista altamente entrenada.

En relación a las pruebas de marcha, desde hace 18 años he trabajado muy de cerca con un entrenador, seleccionador nacional del equipo de marcha femenino en la prueba de 20 km, que sus deportistas han representado a Colombia en diferentes eventos internacionales, incluidos la Copa Mundo de Marcha (2016), Juegos Olímpicos de Rio (2016) y Juegos Olímpicos de Tokio (2020).

Desde el final del año 2019, hablábamos con el entrenador acerca del rendimiento de una deportista en particular y sobre el resultado en los Juegos Panamericanos de Lima (2019), donde la deportista sufrió una lesión de desgarro del músculo isquiotibial de la pierna izquierda una semana antes de la competencia principal en esos juegos.

El entrenador conceptualizaba que en la temporada de entrenamiento anterior (2018-2019), la deportista había estado entrenando muy bien. Se identificó que una concentración de entrenamiento realizada a nivel del mar, de tres semanas de duración antes de la competencia, permitió realizar un volumen considerable de trabajo a ritmo específico; es decir, a ritmo en el umbral anaeróbico o ligeramente por debajo de este, en *Zona 2 (Z2)* de intensidad. Los

entrenamientos acentuados en esta zona de intensidad generaron mucha carga mecánica en la deportista y permitieron que los trabajos se realizaran un poco más rápido de lo acostumbrado, lo cual pudo haber contribuido a la aparición de la lesión.

De acuerdo con la situación anterior, en los meses siguientes se buscó en la literatura científica qué estudios habían sobre el tema de control de la carga en el entrenamiento de la resistencia para poder establecer un posible cambio en la forma de aplicar y controlar las cargas de trabajo que el seleccionador nacional del equipo de marcha femenino aplicaba en ese momento. Se encontró que se habían identificado algunos modelos de distribución de la intensidad (del inglés *Training Intensity Distribution, TID*), basados en la cuantificación del entrenamiento por zonas en la resistencia (Seiler, 2010; Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl & Sperlich, 2014, 2015; Tønnessen et al., 2014). A las zonas de intensidad del modelo se les puede denominar: zona de baja intensidad (Z1), zona de mediana intensidad (Z2) y zona de alta intensidad (Z3) (Carnes & Mahoney, 2019; Stöggl, 2018).

En este sentido, los patrones de distribución de la intensidad del entrenamiento que se han identificado con mayor frecuencia, son: *piramidal* (del inglés *Pyramidal, PYR*), *entre umbrales o umbral de lactato* (del inglés *Threshold Endurance Training, ThET*), *polarizado* (del inglés *Polarized Endurance Training, PET*) e *intervalos de alta intensidad* (del inglés *High Intensity Interval Training, HIIT*) (Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2019).

Sobre la base de la información encontrada y el análisis de las características de los modelos de la TID en el entrenamiento de la resistencia, a inicio del año 2020, el seleccionador nacional de marcha tomó la decisión de entrenar bajo el concepto de entrenamiento PET, modelo de distribución de la intensidad diferente, con respecto a como había entrenado en la temporada anterior (2018-2019); a la cual, el seleccionador consideraba

que había trabajado siguiendo las directrices del modelo de distribución de la intensidad ThET.

No obstante, los estudios que abordan el tema de la TID en el desarrollo de la resistencia, con el modelo PET, se han realizado con corredores de nivel de rendimiento recreativo (Carnes & Mahoney, 2019; Festa et al., 2020; Muñoz et al., 2014b, Muñoz & Varela-Sanz, 2018; Zinner et al., 2018), con corredores de ultradistancia (Pérez et al., 2019, 2020), con ciclistas de ruta (Neal et al., 2013; Rivera-Kofler et al., 2020), con ciclo montañistas (Hebisz et al., 2021a, 2021b, 2022; Schneeweiss et al., 2022), con esquiadores de campo a través (Kim et al., 2021; Myakinchenko et al., 2021; Stöggl & Sperlich, 2014), con nadadores (Pla et al., 2018) o con patinadores de velocidad (Orie et al., 2014, 2021; Yu et al., 2012).

Así mismo, las investigaciones que han controlado la carga de entrenamiento en el desarrollo de la resistencia, bajo los modelos de TID, se han realizado en un periodo muy corto, como de ocho semanas (Auersperger et al., 2020; Festa et al., 2020), 10 semanas (Muñoz et al., 2014b) o 12 semanas (Carnes & Mahoney, 2019; Sylta et al., 2016; Zapata-Lamana et al., 2018) y no se han centrado en periodos más largos de entrenamiento.

Hasta donde sabemos y de acuerdo con la indagación realizada, no se encontraron estudios que identificaran algún modelo de control en la TID en el deporte de la marcha (del inglés *Race Walking*, *RW*). De igual manera, la distribución de la intensidad del entrenamiento con el modelo PET no se ha aplicado en las pruebas de marcha, por lo cual se presenta un vacío en el conocimiento.

Dado que se ha sugerido que la TID de la carga de entrenamiento está relacionada con la mejora del rendimiento y reducción en el riesgo de lesiones, el control de la carga se ha convertido en un aspecto esencial en el seguimiento de los deportistas (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014; Vermeire et al., 2019). Así mismo, la prueba de 20 km marcha se realiza a una

intensidad de trabajo que no supera el umbral anaeróbico de lactato, en el ámbito de la Z2 (Drake et al., 2003). Debido a esto, surge la duda sobre qué características del entrenamiento poseen estos modelos de TID y qué aplicabilidad tienen los modelos existentes en diferentes fases de la temporada de entrenamiento en el contexto de las pruebas de marcha en el atletismo con una deportista altamente entrenada.

La marcha

La marcha inició su historia como deporte olímpico cuando hizo su aparición en 1908 (Marlow, 1990) y hasta el momento, se ha hecho cargo de más de 100 años de tradición deportiva (Augustyn et al., 2014). La marcha puede ser descrita como una disciplina de resistencia y técnica en donde el desplazamiento empleado se rige por las reglas que gobiernan este deporte (Vernillo et al., 2012). De acuerdo con el reglamento de competición de la Federación Internacional de Atletismo, la World Athletics (WA, 2021), la marcha se define como:

Una progresión de pasos ejecutados de modo que el atleta se mantenga en contacto con el suelo, a fin de que no se produzca pérdida de contacto visible (a simple vista). La pierna que avanza debe estar recta, (es decir, no doblada por la rodilla) desde el momento del primer contacto con el suelo hasta que se halle en posición vertical. (p. 129, Regla 54.2)

Analizando la definición de la marcha, se puede inferir que la velocidad del patrón de movimiento de la marcha está gobernada por estrictas reglas impuestas por la WA (2021), la cual estipula que el talón del pie que avanza haga contacto con el suelo antes de que el pie trasero abandone el suelo en la fase de doble apoyo (Padulo et al., 2013; Pavei et al., 2019). De acuerdo con lo anterior, la marcha se considera un evento deportivo de alta demanda técnica, donde los deportistas deben optimizar un gran número de variables interrelacionadas entre ellas (Hanley et al., 2011), como la longitud del paso (m), la cadencia (Hz) o la velocidad de desplazamiento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$).

La marcha ha aumentado la popularidad de su estudio porque es uno de los eventos incluidos en el deporte del atletismo (Vernillo et al., 2012), es una disciplina olímpica (Pavei et al., 2019) y se realiza en todos los grandes campeonatos de atletismo (Hanley et al., 2013). Aunque existe poca investigación cinemática en marchadores de élite (Hanley et al., 2013)

está bien documentado en la literatura que la marcha es un tipo de locomoción mecánica intermedia, entre caminar y correr (Hoga et al., 2003, 2006).

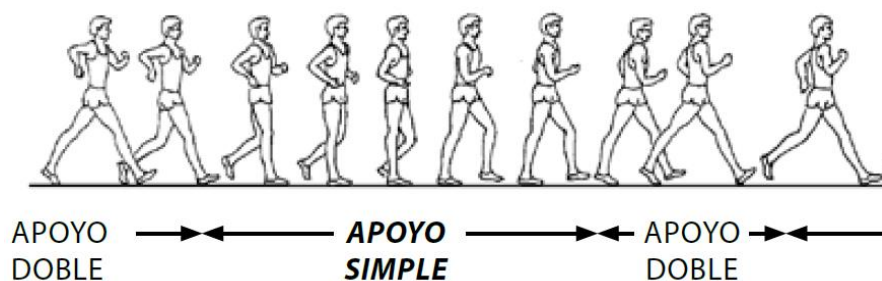
Estructura del movimiento de la marcha

En las pruebas de marcha el objetivo fundamental en todas las distancias, desde los 3,000 m en pista cubierta, hasta los 50 km en la ruta (WA, 2021), es maximizar la velocidad promedio de carrera durante todo el trayecto de esta. Para alcanzar este objetivo, sobre todo en las pruebas más largas, es fundamental optimizar la distribución del esfuerzo.

Para algunos autores como Müller y Ritzdorf (2009), la estructura del movimiento de la marcha comprende una *fase de apoyo simple* y una *fase de apoyo doble* (Figura 1). La fase de apoyo simple se puede dividir en las fases de *apoyo anterior* y *apoyo posterior*.

Figura 1

Fase de apoyo simple y fase de apoyo doble en la marcha



Nota. Adaptado de Müller y Ritzdorf (2009).

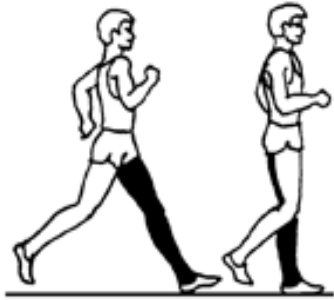
Fase de apoyo simple

En la fase de apoyo simple, al inicio de su fase de apoyo anterior, el pie delantero contacta con el talón sobre la superficie de carrera, haciendo la desaceleración lo más breve posible con un movimiento de barrido hacia atrás, como lo ilustra la Figura 2 (Müller & Ritzdorf, 2009). La rodilla de la pierna anterior debe "permanecer extendida desde el momento del primer contacto con el suelo hasta que se halle en posición vertical" (WA, 2021,

p. 129, Regla 54.2). Posteriormente, la pierna de balanceo sobrepasa la pierna de apoyo con la rodilla y la parte inferior de la pierna se mantiene baja.

Figura 2

Fase de apoyo simple en el apoyo anterior

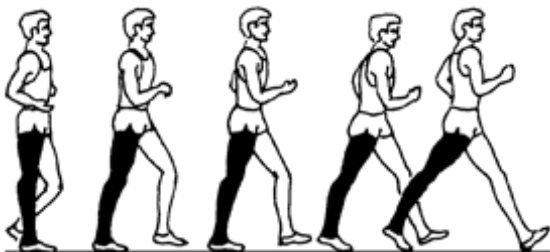


Nota. Adaptado de Müller y Ritzdorf (2009).

La fase de apoyo simple, en su fase posterior, proporciona aceleración (Hanley et al., 2011, 2013; Müller & Ritzdorf, 2009; Pavei et al., 2014) e incluye la preparación para el contacto del pie de la pierna libre. A lo largo de esta fase, la pierna de apoyo se mantiene extendida durante el máximo tiempo posible, como lo expone la Figura 3.

Figura 3

Fase de apoyo simple en el apoyo posterior



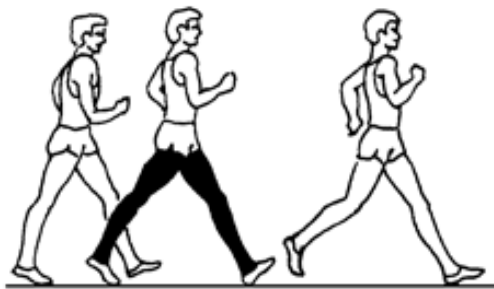
Nota. Adaptado de Müller y Ritzdorf (2009).

Fase de doble apoyo

El objetivo de la fase de doble apoyo es unir las fases de apoyo anterior y posterior. De esta manera, se mantiene el contacto con el suelo en todo momento (Müller & Ritzdorf, 2009). En esta fase, el pie delantero aterriza suavemente sobre el talón mientras que el pie de atrás se encuentra con el talón elevado (Figura 4). Otra característica importante de esta fase es que las dos rodillas se encuentran extendidas y los brazos se balancean de manera alterna.

Figura 4

Fase de doble apoyo



Nota. Adaptado de Müller y Ritzdorf (2009).

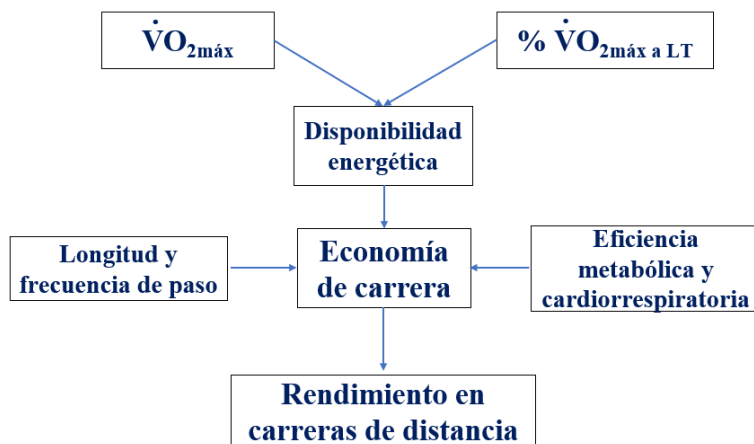
Factores determinantes del rendimiento en la marcha

El rendimiento en carreras de resistencia, especialmente en eventos de distancias largas, depende de la interacción de varios factores fisiológicos (Joyner, 1991), entre los que se incluyen el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$), la capacidad de mantener un alto porcentaje de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ (utilización fraccionada de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) y un bajo costo de energía para ejecutar a una velocidad particular o economía de carrera (Bassett & Howley, 2000; Bentley et al., 2007; Di Prampero et al., 1993; Jones & Carter, 2000). En la Figura 5 se muestra una imagen simplificada de la relación de los factores mencionados con el rendimiento en las

carreras de resistencia, que en las pruebas de marcha serán determinantes por su importante constreñimiento técnico.

Figura 5

Factores relacionados con el rendimiento en las carreras de resistencia



Nota. $\dot{V}O_{2máx}$: consumo máximo de oxígeno. $\dot{V}O_{2máx}$ a LT: porcentaje del consumo máximo de oxígeno al umbral anaeróbico. Adaptado de Bassett y Howley (2000).

El ejercicio incremental para evaluación del rendimiento

La evaluación de un ejercicio incremental es un procedimiento estandarizado para determinar variables fisiológicas sub-máximas y máximas, como el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) y el umbral anaeróbico (del inglés *Lactate Anaerobic Threshold*, LT_{An}) según lo indica Bentley et al. (2007). Actualmente, no hay consenso en el método usado para medir parámetros fisiológicos sub-maximales y maximales relacionados con el rendimiento de la resistencia. Debido a esto, una variedad de test incrementales continuos o discontinuos han sido propuestos para evaluar el $\dot{V}O_2$ (Adami et al., 2013).

Las variables fisiológicas sub-máximas y máximas, medidas en la evaluación de un ejercicio incremental, pueden ser usadas para prescribir el entrenamiento de la resistencia o controlar los efectos del entrenamiento (Chicharro et al., 2000; Lucía et al., 2000). Por

ejemplo, la relación entre $\dot{V}O_2$ y el rendimiento de resistencia puede estar en función entre la duración y la intensidad del ejercicio; que, en una tarea de duración corta y de alta intensidad correlaciona mejor con el rendimiento (Bentley et al., 2001; Cosgrove, et al., 1999).

La transición aeróbica-anaeróbica

Un grupo de investigadores alemanes (Kindermann et al., 1979) fueron quienes introdujeron el concepto de transición aeróbica-anaeróbica como marco para el desempeño y prescripción de entrenamiento en deportes de resistencia (Figura 6). Desde entonces, este marco de concepto trifásico del entrenamiento ha sido adoptado, aplicado y perfeccionado por varios científicos que utilizan el lactato sanguíneo (del inglés *Blood Lactate*, *bLa*) o los marcadores de intercambio de gases para identificar el concepto de transición aeróbica-anaeróbica (McLellan & Skinner, 1981; Midgley et al., 2007; Skinner & McLellan, 1980).

Este modelo consta de dos puntos de ruptura típicos que se pasan durante el ejercicio incremental de intensidades sub-máximas y máximas (Faude et al., 2009). En el rango de baja intensidad, hay un momento en que el nivel de bLa comienza a elevarse por encima de los niveles de base; a este incremento, algunos autores sugirieron denominar *umbral aeróbico* (del inglés *Lactate Aerobic Threshold*, LT_{Aer}), porque marca el límite superior de un metabolismo aeróbico, casi exclusivo, sin energía del metabolismo anaeróbico (Beneke, 2003; Heck et al., 1985). El ejercicio realizado en este rango de baja intensidad permite realizar el ejercicio durante horas (Kindermann et al., 1979; Skinner & McLellan, 1980). En otras palabras, esta es la intensidad del ejercicio por encima de la cual hay una contribución neta de energía asociada con la acumulación de bLa (Svedahl & MacIntosh, 2003).

Esta intensidad puede ser adecuada para mejorar el nivel de acondicionamiento cardiorrespiratorio en deportes recreativos, para sesiones de baja intensidad y sesiones de entrenamiento regenerativo en atletas de alto nivel (Jones, 2006; Lucía et al., 2001; McLellan & Skinner, 1981). Intensidades de ejercicio ligeramente por encima del LT_{Aer} da como

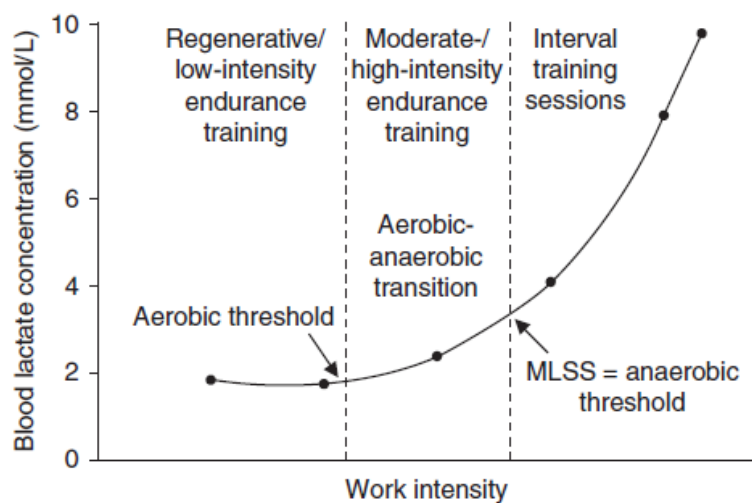
resultado un bLa elevado, pero constante, durante el ejercicio en estado estable el cual se puede mantener durante períodos de tiempo prolongados; cuatro horas aproximadamente en el rango de intensidades del primer aumento de bLa (Meyer et al., 2000) y 45-60 minutos a una intensidad correspondiente al máximo estado estable de lactato (del inglés *Maximal Lactate Steady State*, *MLSS*) de acuerdo con Baron et al. (2008) y Urhausen (1993).

La mayor carga de trabajo constante que todavía produce un equilibrio entre la producción de bLa y la eliminación de este, representa el MLSS; es decir, el borde superior del entrenamiento de resistencia con carga constante (Faude et al., 2009). Sin embargo, algunos autores (Kindermann et al., 1979; Stegmann et al., 1981; Svedahl & MacIntosh, 2003) sugirieron que esta intensidad sea llamada LT_{An} . En este sentido, el rango de intensidad entre LT_{Aer} y LT_{An} se llama transición aeróbica-anaeróbica (Faude et al., 2009; Kindermann et al., 1979; Skinner & McLellan, 1980; Stegmann et al., 1981).

Entre tanto, algunos estudios han demostrado que la producción constante de bLa en la zona del LT_{An} no es igual en todos los individuos y puede variar considerablemente, encontrándose valores desde $2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ hasta 10 (Heck et al., 1985; Urhausen et al., 1993).

Figura 6

Curva de lactato en función de la carga de trabajo



Nota. Dinámica del comportamiento del lactato, que incluye la transición aeróbica-anaeróbica, como marco para derivar diferentes zonas de intensidad de entrenamiento de resistencia. MLSS: máximo estado estable de lactato (del inglés *Maximal Lactate Steady State*). Tomado de Faude et al. (2009).

Dicho esto, es interesante entender que los procesos fisiológicos de producción de energía son más bien de naturaleza transitoria, puesto que las vías energéticas aeróbicas y anaeróbicas siempre contribuyen simultáneamente a la producción de energía durante el ejercicio de baja como de alta intensidad.

Potencia aeróbica máxima o máximo consumo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$)

El $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ se considera el parámetro de referencia para evaluar la aptitud cardiorrespiratoria (Hill et al., 1924) y se define como el $\dot{V}O_2$ más alto registrado en una prueba de ejercicio incremental (Poole & Jones, 2017). Al $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ también se le considera como la potencia aeróbica máxima o la máxima tasa de trabajo, que se relaciona con el pico de velocidad en el desplazamiento durante la carrera (Noakes et al., 1990).

La máxima tasa de trabajo se obtiene midiendo la más alta etapa completada en un predeterminado periodo de tiempo, durante una prueba incremental marchando o corriendo. Este periodo de tiempo comprende de 60 segundos a 4 minutos de duración (Noakes et al., 1990; Padilla et al., 2000). Así mismo, la prueba de ejercicio incremental puede también incluir protocolos continuos o discontinuos, con periodos de recuperación entre cada etapa (Bentley et al., 2007).

Hay poco consenso en el diseño de un apropiado protocolo para la prueba de ejercicio incremental, incluyendo la duración total, longitud de cada etapa o número de etapas necesarias para establecer el $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$, el LT_{Aer} o el LT_{An} (Bentley et al., 2007; Jamnick et al., 2018). Por ejemplo, en estudios realizados con poblaciones entrenadas y no entrenadas, un protocolo de ejercicio con etapas cortas de 60 segundos es una medida típica para evaluar el $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ y luego, en un segundo día, un test submaximal es empleado para evaluar el LT_{An} y otras variables relacionadas (Coyle, 1995; Coyle et al., 1983). Sin embargo, es muy común el uso de un solo test con etapas de duración mayores a 3 minutos para evaluar algunos parámetros fisiológicos submaximales, en conjunto con el $\dot{V}O_2$ en los deportistas (Bentley et al., 1998; Padilla et al., 2000).

No obstante, la duración total recomendada de una prueba de ejercicio incremental para evaluar el $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ es de 8 a 12 minutos (Bentley et al., 2007; Jamnick et al., 2018; Poole & Jones, 2017), es decir, valores situados dentro del rango apropiado de duraciones de 5 a 26 min para una determinación válida de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ (Midgley et al., 2008). La duración de las etapas debe ser de al menos 3 minutos para que se puedan obtener medidas válidas de $\dot{V}O_2$ y respuestas ventilatorias (Bentley et al., 2007).

Aunque se puede utilizar una sola prueba de ejercicio incremental para estimar tanto el $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ como el LT_{An} (Bentley et al., 2007), la duración óptima de la prueba para cada medida es diferente (Bentley et al., 2007; Buchfuhrer et al., 1983); por ejemplo, alargando la

duración de las etapas de la prueba de ejercicio incremental se consigue un menor $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. (Adami et al., 2013). Así mismo, Jamnick et al. (2018) encontraron que la prueba de ejercicio incremental de mayor duración en cada una de las etapas no es óptima para establecer el pico de $\dot{V}O_2$, de la misma manera que lo encontraron otros autores (Bishop et al., 1998a; Poole & Jones, 2017).

El esfuerzo máximo se considera cumplido si la prueba incremental logra tres de los siguientes cinco criterios: 1) una meseta en la absorción de oxígeno con aumento en la velocidad o diferencia en la captación de oxígeno $\leq 150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ($\leq 100 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ de acuerdo con Fletcher et al., 2009) o $\leq 2.1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ según Bragada et al. (2010) y Taylor et al. (1955); 2) relación de intercambio respiratorio más alta o igual a 1.10; 3) concentración de La superior a $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. 4) la frecuencia cardíaca (FC) más alta dentro de $\pm 10 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$ de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}) predicha por la edad, con la constante 220-edad y 5) percepción máxima de esfuerzo con calificación mayor de 18 (escala de 6-20) en la escala de esfuerzo percibido de Borg (Howley et al., 1995; Machado et al., 2012; Meyer et al., 2005; Midgley et al., 2007; Scharhag-Rosenberger et al., 2011).

Sin embargo, si durante una prueba incremental no se presenta una meseta en la absorción de oxígeno con aumento en la velocidad, el término pico de $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) se considera el término más apropiado (Midgley et al., 2007). No obstante, es necesario mencionar que todos los criterios no se cumplen en los deportistas cuando se evalúa el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, debido a que algunos deportistas cumplen algún criterio diferente a los demás. Por ejemplo, en el estudio realizado por Scharhag-Rosenberger et al. (2011), solo un 30% de los sujetos evaluados alcanzaron una meseta en la absorción de oxígeno con aumento en la velocidad o solo el 76% de los sujetos obtuvieron una frecuencia cardíaca dentro de $\pm 10 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$ de la frecuencia cardíaca máxima predicha con la constante 220-edad.

Capacidad aeróbica o utilización de una fracción del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$.

De acuerdo con Faude (2009), más de 25 métodos han sido propuestos para calcular el LT_{An} . Sin embargo, muchos de los métodos aceptados están influenciados por el diseño del protocolo de la prueba de ejercicio incremental (McNaughton et al., 2006). Aunque parece ser que la validez que lo sustenta no ha sido reportada (Jamnick et al., 2018).

La principal controversia en torno al análisis del bLa es si existe un punto de ruptura del LT_{An} , presente en la curva de lactato, o si el lactato aumenta como una función suave. Es importante señalar que la presencia de un punto de ruptura implica una discontinuidad en la primera derivada de la curva de lactato. Esta suposición no implica que la curva de lactato en sí misma no sea continua, como lo destaca Morton (1989).

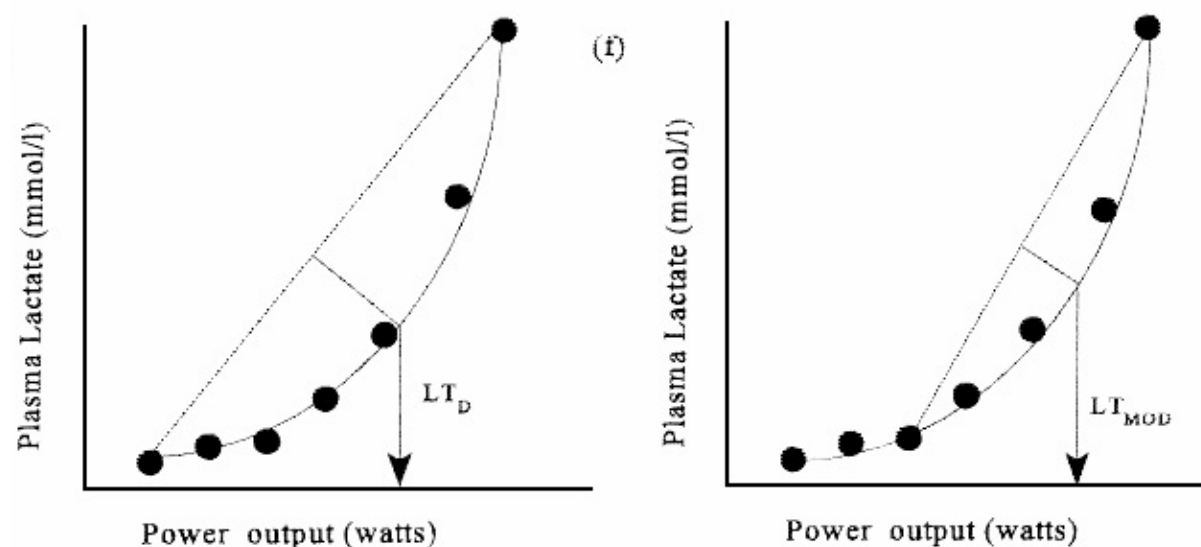
Tradicionalmente, el LT_{An} es determinado de forma subjetiva tras representar gráficamente puntos entre la concentración de bLa frente a la intensidad del trabajo (Bentley et al., 2007). Algunas propuestas como la de Lundberg et al. (1986), ajustan dos partes de una regresión lineal donde la tasa de trabajo estimado correspondiente a la intersección de dos líneas es el LT_{An} . Pero, el uso de una línea que resuma una relación lineal es cuestionable (Bentley et al., 2007). Una solución a este problema ha sido el uso de una transformación logarítmica tanto de la intensidad del trabajo como de la concentración de bLa, en un intento de establecer mejor el LT_{An} (Beaver et al., 1985).

El método de desviación máxima ($D_{m\acute{a}x}$) es un marcador objetivo alternativo para estimar el LT_{An} (Cheng et al. 1992). Este marcador es la intensidad correspondiente al punto que produce la máxima distancia perpendicular desde una línea que une la primera y la última medición de lactato a la curva de lactato estimada (Cheng et al. 1992; Machado et al., 2012). El marcador $D_{m\acute{a}x}$ representa la intensidad del ejercicio donde la pendiente de la línea que une la primera y la última medición de lactato es igual a la pendiente de la curva que representa las variables de trabajo de lactato (Bishop et al., 1998b).

En algunos estudios, el LT_{An} determinado por el método de $D_{m\acute{a}x}$ fue más correlacionado con el rendimiento, que los valores del LT_{An} determinados por otros métodos (Machado et al., 2012; Papadopoulos et al., 2006). Por su parte, Jamnick et al. (2018) han demostrado que pruebas de esfuerzo de ejercicio incremental con etapas de cuatro minutos de duración y aplicando el cálculo del LT_{An} con el método modificado de desviación máxima ($ModD_{m\acute{a}x}$) proporcionó la estimación más válida del MLSS. El $ModD_{m\acute{a}x}$ describe la máxima distancia perpendicular a la línea recta formada por el punto que precede a un primer aumento en la concentración de bLa de $\geq 0.4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ y el punto final de lactato (Bishop et al., 1998b; Jamnick et al., 2018). En la Figura 7 se ilustran los métodos $D_{m\acute{a}x}$ y $ModD_{m\acute{a}x}$ para estimar el LT_{An} .

Figura 7

Dos métodos para describir el incremento en el lactato



Nota. La parte izquierda de la figura muestra la potencia a la cual se identifica el umbral de lactato aplicando el método de desviación máxima (del inglés *Lactate Threshold Deviation*, LT_D). Y la parte derecha muestra la potencia a la cual se identifica el umbral de lactato aplicando el método modificado de desviación máxima (del inglés *Lactate Threshold Modified*, LT_{MOD}). Tomado de Bishop et al. (1998b).

Se debe tener presente que diferentes factores pueden afectar al comportamiento del bLa durante una prueba incremental. Por ejemplo, se sabe que los niveles generales de bLa están influenciados por las reservas de glucógeno reducidas, debido a una baja dieta de carbohidratos previas a un ejercicio exhaustivo previo (McLellan & Gass, 1989; Yoshida, 1984). También, hay otros factores como la composición de la fibra muscular, la actividad enzimática glucolítica y lipolítica, así como la densidad capilar o mitocondrial que influyen en la curva de bLa (Midgley et al., 2007).

Máximo estado estable del lactato (MLSS)

El MLSS representa la más alta intensidad donde la aparición y desaparición del bLa está en equilibrio y donde la demanda de energía es adecuadamente proporcionada por la fosforilación oxidativa (Billat et al., 2003a). También, el MLSS es la más alta concentración de bLa que se puede identificar mientras se mantiene un estado estable durante un período prolongado de ejercicio submáximo a una carga de trabajo constante (Beneke, 2003; Svedahl & MacIntosh, 2003). Así mismo, el MLSS representa la máxima intensidad donde existe un equilibrio entre el transporte de lactato a la sangre y la eliminación de este en la sangre (Heck et al., 1985). Dicho esto, el ejercicio físico realizado por encima del MLSS provoca una aceleración en la aparición del bLa y, por lo tanto, esto se considera como un criterio apropiado de medida del LT_{An} (Beneke, 2003; Svedahl & MacIntosh, 2003).

Una duración de 4 a 15 minutos es suficiente para alcanzar un estado de equilibrio fisiológico (Morgan et al., 1989) si la velocidad es menor de la que resulta de la acumulación de bLa. Dicho esto, para estimar el MLSS es necesario realizar una prueba de carga constante de 30 min, con tomas de lactato a los 10 minutos y a los 30 minutos. Durante este periodo de tiempo, desde el minuto 10 al 30, el incremento en la concentración de bLa está limitada a no más de $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Beneke, 2003).

Si durante la primera prueba de carga constante se observa un estado estable o una disminución en el lactato, posteriormente, en días separados, se realiza otra prueba de carga constante de 30 minutos con una carga de trabajo del 3 al 10% más alta (Beneke, 2003). De igual manera, si la concentración de bLa aumenta $> 1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, la potencia se reduce en un 3% (Hauser et al., 2013). Este proceso debe continuar hasta que se obtenga el MLSS; es decir, hasta que una concentración de bLa en estado estable no pueda ser mantenida (Beneke, 2003).

La economía de carrera

La economía de carrera (del inglés *Running Economy, RE*) es definida como el $\dot{V}O_2$ requerido a una determinada intensidad absoluta de ejercicio (Billat et al., 1999; Jones &

Carter, 2000) o como la habilidad de moverse eficientemente (Bailey & Pate, 1991). Otros autores han denominado a la RE como el $\dot{V}O_2$ en estado estable, en una determinada velocidad de carrera (Conley & Krahenbuhl, 1980; Daniels, 1985; Saunders et al., 2004).

Con base en las anteriores definiciones, se puede inferir que la RE refleja la demanda de energía de correr a una velocidad submáxima constante. Según Barnes y Kilding (2015) la RE representa una compleja interacción de factores fisiológicos y biomecánicos que es definida como la demanda de energía para una velocidad dada de carrera submáxima y se expresa como la submáxima absorción de oxígeno a una velocidad de carrera determinada. Es decir, la relación entre velocidad y el coste energético (en $\dot{V}O_2$).

En síntesis, la RE representa la habilidad para gastar la menor energía a una determinada velocidad, o bien ir más rápido con un determinado coste energético. Debido a este concepto, Gomez-Ezeiza et al. (2018) encontraron que el rendimiento en las pruebas de marcha se asoció positivamente con la economía de esta; lo que implica que, en una marcha más rápida, los caminantes de mayor rendimiento eran más económicos que los de menor rendimiento.

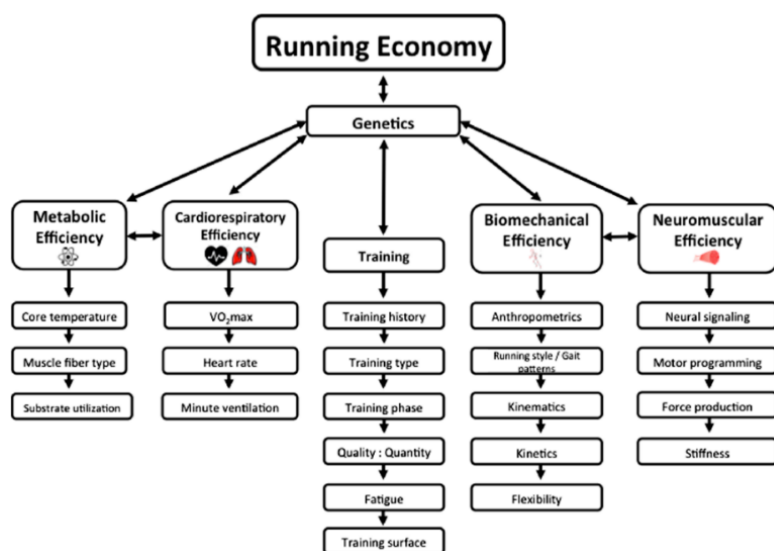
Factores que afectan la economía de carrera. La RE es un factor determinante del rendimiento en los deportes de resistencia y es una medida multifactorial compleja que refleja el funcionamiento combinado de factores biomecánicos, neuromusculares, metabólicos y cardiorrespiratorios durante una carrera submáxima (Daniels, 1985; Barnes & Kilding, 2015; Saunders et al., 2004), algunos de los cuales son hereditarios o se adaptan al entrenamiento.

La eficiencia metabólica se refiere a la utilización de la energía disponible para facilitar un óptimo rendimiento (Daniels, 1985; Saunders et al., 2004), mientras que la eficiencia cardiopulmonar se refiere a la producción de trabajo relacionada con los procesos de transporte y utilización de oxígeno.

Por otro lado, las características neuromusculares y biomecánicas se refieren a la interacción entre los sistemas neural y musculoesquelético y su capacidad para producir rendimiento (Barnes & Kilding, 2015). Adicional a esto, en la Figura 8 se puede entender que los rasgos genéticos heredables, sin duda, son un factor predominante que también afecta la RE.

Figura 8

Factores que afectan la economía de carrera



Nota. Tomado de Barnes y Kilding (2015).

Control de la carga de entrenamiento

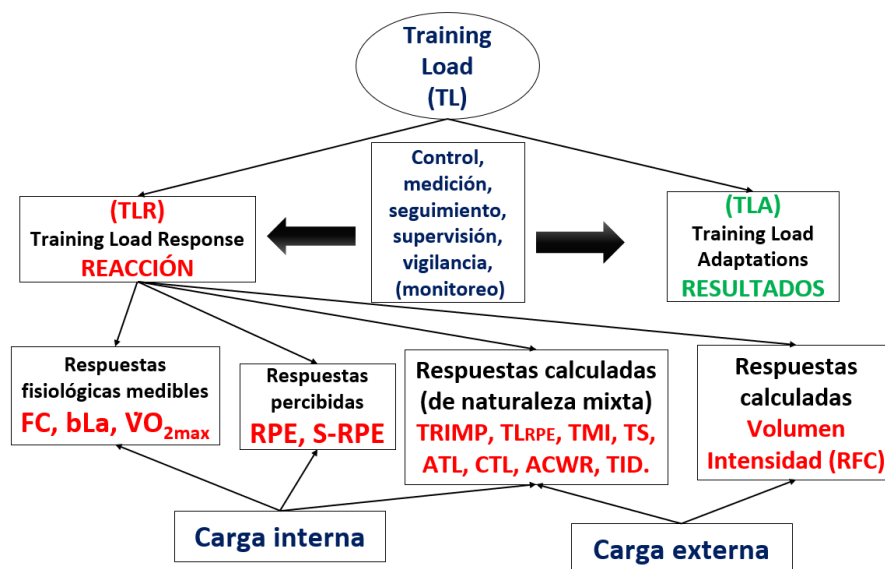
El control, medición, seguimiento o monitoreo de la carga de entrenamiento (del inglés *Training Load, TL*) considera que las unidades de carga pueden ser identificadas como externas o internas (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014; Nobari et al., 2022b; Wallace et al., 2009). La TL externa se define como el trabajo realizado por un atleta, que es medido independientemente de sus características internas (Halson, 2014; Wallace et al., 2009; Sansone et al., 2018) y puede ser incluso evaluada por algunos dispositivos como el sistema de posicionamiento global (e.g.,

velocidad y distancias cubiertas) y sensores inerciales (e.g., saltos, patadas y colisiones) según lo indica Gabbett (2016).

Cualquier carga externa resultará en respuestas fisiológicas y psicológicas en cada individuo a causa de la interacción entre varios factores biológicos y ambientales (Borresen & Lambert, 2009). Estas respuestas individuales son las referidas como TL interna, que representa la respuesta psicofísica del deportista, como, por ejemplo, la frecuencia cardíaca, bLa y la percepción del esfuerzo (Bourdon et al., 2017; Impellizzeri et al., 2019; Sansone et al., 2018; Soligard et al., 2016).

Los científicos del deporte suelen obtener mediciones de una carga de entrenamiento externa; es decir, *trabajo físico* acompañado de una carga interna de entrenamiento con una respuesta fisiológica o de respuesta perceptual (Gabbett, 2016). Esto es lo que Roos et al. (2013) han denominado respuesta a la carga de entrenamiento (del inglés *Training Load Response*, *TLR*) como un resumen de las respuestas internas del organismo a los estímulos externos.

En la Figura 9 se aprecia que la TLR se distingue entre respuestas fisiológicas medibles, respuestas percibidas (Roos et al., 2013) y respuestas calculadas (i.e., de naturaleza mixta), con base en la interconexión de la TLR con los conceptos de carga de entrenamiento interna y externa.

Figura 9*Control de la carga de entrenamiento (TL)*

Nota. FC: frecuencia cardíaca; bLa: lactato sanguíneo; $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$: consumo máximo de oxígeno;

RPE: escala de esfuerzo percibido; S-RPE: escala de esfuerzo percibido de sesión; TRIMP:

dinámica de la carga; TL_{RPE} : carga de entrenamiento percibida; TMI: índice de monotonía del

entrenamiento; TS: estrés de la carga; ATL: carga aguda del entrenamiento; CTL: carga

crónica del entrenamiento; ACWR: índice de carga aguda-crónica; TID: distribución de la

intensidad del entrenamiento; RFC: proporción de la reserva de la frecuencia cardíaca.

Adaptado de Borresen y Lambert (2009), Lambert y Borresen (2010) y Roos et al. (2013).

La carga interna

Porcentaje de la frecuencia de trabajo (%FC_T)

Parece ser que no hay consenso sobre un método referencia para evaluar la carga de entrenamiento (Lambert & Borresen, 2010). La razón de esto es que la correlación entre la carga de entrenamiento y la correspondiente respuesta a la misma es muy individual (Roos et al., 2013). No obstante, desde hace más de seis décadas, la FC es usada con regularidad para

controlar la intensidad del ejercicio, como una manifestación de la TL interna (Karvonen et al., 1957; Karvonen & Vuorimaa, 1988).

El porcentaje de frecuencia cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) se ha utilizado para prescribir la intensidad del ejercicio, pero Karvonen y Vuorimaa (1988) sugirieron el uso del porcentaje de frecuencia cardíaca de trabajo ($\%FC_T$) como un medio más preciso de cuantificar y prescribir la intensidad, como se expone en la Ecuación 1. El método del $\%FC_T$ considera el hecho de que la frecuencia cardíaca basal varía con la edad o el nivel de condición física y la tasa de la frecuencia cardíaca máxima disminuye con la edad (Borresen & Lambert, 2009).

$$\%FC_T = (FC_T - FC_B) / (FC_{\text{máx}} - FC_B) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde: $\%FC_T$: porcentaje de frecuencia cardíaca de trabajo; FC_T : frecuencia cardíaca de trabajo; FC_B : frecuencia cardíaca basal; $FC_{\text{máx}}$: frecuencia cardíaca máxima.

Posteriormente, el control de la intensidad del ejercicio se realizó con la aplicación de la Ecuación 2 que consideró la $FC_{\text{máx}}$, FC_B y el porcentaje de trabajo cardíaco al cual se quiere trabajar, para poder establecer la FC_T con base en lo planteado por Karvonen y Vuorimaa (1988).

$$FC_T = (FC_{\text{máx}} - FC_B) \cdot \%FC_{\text{máx}} + FC_B \quad (2)$$

Donde: FC_T : frecuencia cardíaca de trabajo; $FC_{\text{máx}}$: frecuencia cardíaca máxima; FC_B : frecuencia cardíaca basal; $\%FC_{\text{máx}}$: porcentaje de trabajo al cual se desea trabajar con respecto a la frecuencia cardíaca máxima.

La escala de esfuerzo percibido (RPE)

La escala de esfuerzo percibido (del inglés *Rate Perceived Effort*, *RPE*) es uno de los medios más comunes de evaluar la carga interna (Borg, 1982, 1990). El uso de la RPE se basa en la noción de que un atleta puede controlar su estrés fisiológico durante el ejercicio, así como retrospectivamente proporcionar información sobre su esfuerzo percibido post entrenamiento o competición (Halsen, 2014).

Así, la RPE se ha definido como la sensación consciente de cuán duro, pesado y extenuante es un trabajo físico (Haddad et al., 2017). La RPE fue una escala de 15 grados y puntuaciones de 6 a 20 (Borg, 1982). Luego, en años posteriores, el mismo autor propuso una escala de razón de categoría (del inglés *Category Ratio*, *CR*), que fue desarrollada para satisfacer las demandas de escalamiento de relación y estimaciones de nivel (Borg, 1990). En esta versión más simple de la RPE se utilizan los números de 0 a 10 (CR-10), como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1

Escala modificada de esfuerzo percibido CR-10

Clasificación	Descripción verbal
0	Descanso.
1	Realmente fácil.
2	Fácil.
3	Moderado.
4	Algo duro duro.
5	Duro.
6	
7	Realmente duro.
8	
9	Realmente muy duro.
10	Igual que mi carrera más dura.

Nota. CR-10: escala de razón de categoría con números del 0 al 10 (del inglés *Category Ratio*).

Tomado y adaptado de Borg (1990).

La escala de esfuerzo percibido de sesión (S-RPE)

Foster et al. (1996) utilizaron una escala adaptada a la propuesta planteada originalmente por Borg (1990) y propusieron la escala de esfuerzo percibido de sesión (del inglés *Session Rate Perceived Effort, S-RPE*). El planteamiento de los autores se basa en la idea de que las respuestas fisiológicas derivadas del estrés físico van seguidas de respuestas de percepción proporcional.

De esta manera, la S-RPE integra diversa información que incluye algunas señales provocadas por los músculos y articulaciones que trabajan desde el centro cardiovascular, de las funciones respiratorias y del sistema nervioso central (Borg, 1982). El método de la S-RPE fue desarrollado para eliminar la necesidad de utilizar monitores de ritmo cardíaco u otros métodos para evaluar la intensidad del ejercicio (Halsen, 2014). La S-RPE es un número sencillo que representa la magnitud de la TL para cada sesión de entrenamiento, donde se integra la intensidad y el volumen como una carga total de entrenamiento de la sesión o de la competición (Bara et al., 2013; Haddad et al., 2017).

El objetivo de la evaluación S-RPE es animar al atleta a ver la sesión de entrenamiento de forma global y simplificar la mirada de señales de intensidad del ejercicio durante la sesión de ejercicio (Haddad et al., 2017; Putlur et al., 2004; Sweet et al., 2004). El S-RPE es un enfoque válido para evaluar incluso el ejercicio de muy alta intensidad, pues permite implementar una estimación subjetiva de la carga de entrenamiento durante entrenamientos que incluyen ejercicios de intervalos de muy alta intensidad, la práctica propia en los deportes de equipo y la propia competencia.

El método del S-RPE se fundamenta en que el deportista es capaz de monitorear el estrés fisiológico que su cuerpo experimenta durante el ejercicio, pudiendo de esta manera ajustar la intensidad del entrenamiento utilizando su propia percepción del esfuerzo (Borresen & Lambert, 2008; Haddad et al., 2017). Después de terminar la sesión de entrenamiento se muestra la escala al atleta aproximadamente 30 minutos después de la conclusión del

entrenamiento y ellos deben responder la siguiente pregunta: "¿Cómo fue tu sesión de entrenamiento hoy?" (Tabla 2). Los atletas califican su esfuerzo en una escala de 0 a 10, donde el valor cero significa *descanso o reposo* y el valor 10 significa un *esfuerzo máximo* (Foster et al., 2001; Sweet et al., 2004).

Entre otros, Foster et al. (2001) evaluaron la capacidad del método S-RPE para cuantificar el entrenamiento durante el ejercicio no estable y prolongado en comparación con un estándar basado sobre la FC. Los autores concluyen que el método de S-RPE es un método válido para cuantificar el entrenamiento físico durante una amplia variedad de tipos de ejercicio.

Tabla 2

Índice de esfuerzo percibido de sesión (S-RPE)

"¿Cómo fue tu sesión de entrenamiento hoy?"	
0	Descanso o reposo
1	Muy muy fácil
2	Fácil
3	Moderada
4	Algo dura
5	Dura
6	
7	Muy dura
8	
9	
10	Máxima

Nota. S-RPE: escala de esfuerzo percibido de sesión (del inglés *Session Rate Perceived Effort*). Tomada de Foster et al. (2001) y Sweet et al. (2004).

Así pues, la S-RPE se ha mostrado como un método válido para cuantificar la intensidad de la totalidad de la sesión de entrenamiento en ejercicios en situación de estado estable (Foster et al., 2001; Foster et al., 1995) y en ejercicios intermitentes (Foster et al., 2001; Impellizzeri et al., 2004). Así mismo, la S-RPE correlaciona con algunas variables fisiológicas que miden la intensidad del ejercicio como el $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$, ventilación, tasa

respiratoria, FC y actividad electromiográfica durante una variedad de ejercicios (Lagally et al., 2002). También, Haddad et al. (2011) encontraron correlaciones significativas ($p < .01$) en todas las modalidades de ejercicios practicados en el deporte del taekwondo, considerando a la S-RPE como un método válido para evaluar la TL.

Se constata pues, que los entrenadores y atletas pueden utilizar el método de S-RPE para cuantificar el entrenamiento de resistencia y aeróbico (Sweet et al., 2004), así como también prescribir ejercicio a una intensidad equivalente al LT_{An} (Zamunér et al., 2011), por su equivalencia a los puntos de corte correspondientes a los umbrales de intensidad LT_{Aer} y LT_{An} . Esta correspondencia se determinó sobre estudios preliminares de laboratorio y sobre análisis de datos de estudio experimental (Seiler & Kjerland, 2006), dando lugar a los siguientes puntos de corte para las zonas de entrenamiento con base en S-RPE: baja, ≤ 4 Zona 1 (Z1); moderada, por encima de 4 y por debajo de 7 (Z2) y alta ≥ 7 Zona 3 (Z3), según las zonas adoptadas por otros estudios (Lovell et al., 2013; Moreira et al., 2015; Seiler & Kjerland, 2006).

En resumen y como ya se ha señalado, Foster et al. (2001) mencionan que S-RPE es un método muy simple y una técnica útil para cuantificar la carga de entrenamiento como una estimación subjetiva durante el ejercicio en estado no estable, incluido el entrenamiento en intervalos de muy alta intensidad y la práctica y competición de deportes de equipo.

Borresen y Lambert (2008) concluyeron que el S-RPE es un método de cálculo de la carga de entrenamiento muy útil ya que correlaciona muy bien con otros métodos objetivos de valoración de esta. El método de S-RPE puede usarse para monitorear una sesión de entrenamiento o competencia, un microciclo, unos bloques semanales (mesociclo) y periodos (macrociclos) de año a año también (Haddad et al., 2017). Y permite evaluar la carga de entrenamiento de manera total debido a que la intensidad del entrenamiento y la duración del

ejercicio son los factores más importantes que, en conjunto, determinan el estrés total fisiológico al que se somete el deportista (Haddad et al., 2017; Shephard & Shek, 1994).

A pesar de esta evidencia, este método tiene desventajas como el momento de recopilar la información de la escala, la experiencia del sujeto y el tipo de entrenamiento (Day et al., 2004). Por ello, el atleta debe estar familiarizado con esta escala de acuerdo con el procedimiento estándar de Foster et al. (2001) antes de comenzar a recolectar medidas fiables (Haddad et al., 2017; Foster et al., 2001).

Carga externa y evaluación mixta de la carga

En los deportes de resistencia, la TL externa se puede controlar o monitorizar con diversos indicadores, como la velocidad de desplazamiento, potencia realizada, tiempo de entrenamiento o distancia recorrida (Bourdon et al., 2017; Johansson et al., 2022), debido a que son medidas objetivas del trabajo realizado por el atleta durante el entrenamiento o la competencia y son evaluados de forma independiente de las cargas de trabajo internas. Dada su importancia para valorar de forma sencilla el rendimiento en este deporte, nos centraremos en la velocidad.

La velocidad de la marcha

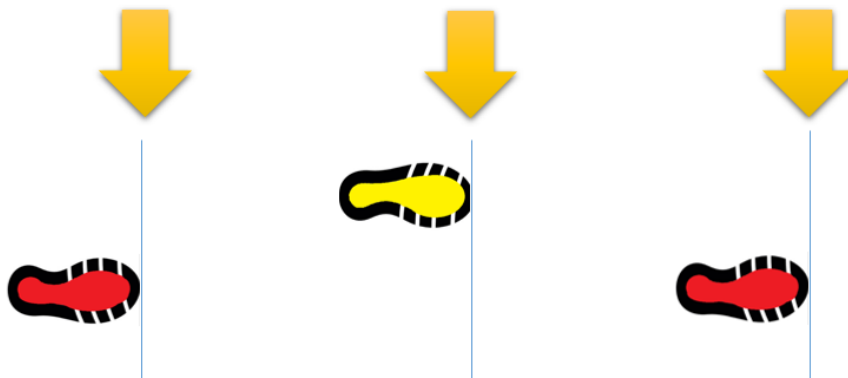
El objetivo fundamental en todas las pruebas de carreras y marcha es maximizar la velocidad promedio de carrera durante todo el trayecto (Müller & Ritzdorf, 2009). Para alcanzar este objetivo, en la marcha y las carreras de resistencia, el atleta se debe concentrar en lograr optimizar la distribución del esfuerzo a lo largo de toda la distancia.

Como se señaló al inicio y refleja en la Figura 10, en el estudio de las modalidades de carrera se considera que un paso son dos apoyos en el suelo (uno de cada pie) realizados en el plano sagital o en dirección anteroposterior. A su vez, dos pasos se consideran un ciclo completo de movimiento en la carrera o en las pruebas de marcha, que se conoce también con el término de zancada (Jaramillo, 2004; Rius, 2005).

Junto a los aspectos bioenergéticos, los aspectos cinemáticos de los cuales depende la velocidad de desplazamiento en la marcha son la longitud y frecuencia de paso. Dicho de otra manera, la velocidad de carrera de un atleta está determinada por el producto de la longitud y frecuencia de paso (Coh et al., 2010; Donatti, 2001; Donskoi, 1982; Hanley, 2011; Müller & Ritzdorf, 2009).

Figura 10

Zancada: ciclo de movimiento de doble paso (tres apoyos)



En cuanto a la longitud de paso, ésta representa la distancia desde la punta de un pie en el momento de abandonar el suelo en el despegue posterior, hasta el momento en que la punta del otro pie es colocada en el suelo en la fase de apoyo anterior. La longitud de pasos realizada en una distancia específica de carrera se puede obtener aplicando la Ecuación 3.

$$\text{Longitud de paso} = \text{Distancia (m)} / \text{Cantidad de pasos (n)} \quad (3)$$

La frecuencia de paso es la cantidad de pasos realizados en un intervalo de tiempo dado (García et al., 1998), el cual puede ser un segundo o un minuto. Para la medición de la frecuencia de paso se tiene en cuenta la cantidad de pasos que realiza un deportista en la

unidad de tiempo. Para el caso de las carreras de resistencia la medida se toma en un minuto, donde la Ecuación 4 expresa la relación entre los dos valores.

$$\text{Frecuencia de paso} = \text{Cantidad } (n) / \text{Tiempo (min)} \quad (4)$$

De esta forma, la velocidad de la marcha sería la distancia recorrida para el tiempo empleado (en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ o $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) o bien, con base en la frecuencia y la longitud de paso, el resultado de aplicar la Ecuación 5 (Van & Van, 2017).

$$V (\text{km} \cdot \text{h}^{-1}) = \text{Longitud de paso } (m) \cdot \text{Frecuencia de paso } (Hz) \cdot 60 / 1,000 \quad (5)$$

Müller y Ritzdorf (2009) y Rius (2005) afirman que la frecuencia de los pasos depende de la mecánica de carrera, la técnica y la coordinación del atleta, mientras que la longitud de los pasos depende ampliamente de las características físicas del atleta y de la fuerza que ejerce en cada paso. Dado que cuanto más larga sea la distancia de la carrera, menor será la velocidad. Así, encontraremos una relación inversa entre las distancias recorridas y ambos parámetros cinemáticos (Van & Van, 2017). También, podemos inferir que a menor longitud o distancia de carrera habrá mayor frecuencia y longitud de pasos.

A modo de ejemplo, Hanley et al. (2011) estudiaron a 30 mujeres marchadoras élite de 20 km ($1 \text{ hr } 34 \text{ min} \pm 5:58 \text{ min}$) y encontraron que la velocidad de la carrera ($12.73 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \pm 0.98$) estaba correlacionada significativamente ($p < .01$) con la frecuencia de paso ($3.34 \text{ Hz} \pm 0.17$), la longitud de paso ($1.06 \text{ m} \pm 0.06$) y los tiempos de contacto del pie con el suelo ($0.28 \text{ s} \pm 0.02$). En esta dirección, los autores encontraron que los principales determinantes de la velocidad de la marcha 20 km femenina son la longitud y la frecuencia de los pasos.

En el contexto del estudio presentado en esta tesis, es importante señalar que la velocidad de la marcha también se puede emplear como variable para determinar la TID en el entrenamiento de la resistencia. Y que en algunas modalidades deportivas de resistencia, diferentes a la marcha, algunos estudios han establecido y comparado la TID considerando la velocidad de desplazamiento o el *ritmo de carrera*; pero, con base en un porcentaje del ritmo de carrera objetivo en una distancia de competencia específica (Esteve-Lanao et al., 2007; Kenneally et al., 2018, 2021, 2022; Röhrken et al., 2020). Sin embargo, los estudios sobre la velocidad en la modalidad de la marcha se han realizado durante la celebración de una competencia o en situación de laboratorio solo para analizar parámetros cinemáticos (Cairns et al., 1986; Hanley et al., 2008, 2011). Hasta donde sabemos, en las pruebas de marcha no se ha investigado sobre la velocidad de desplazamiento como variable para determinar la TID.

Evaluación mixta de la carga: variables o respuestas calculadas

Uno de los objetivos más perseguidos por los entrenadores es el cálculo correcto de la TL, por cuanto conocer el impacto real del entrenamiento a corto, medio y largo plazo es la mejor manera de ajustar bien la carga y optimizar el proceso de entrenamiento. De hecho, la TL se consideró como el parámetro clave para medir la *dosis* de ejercicio o esfuerzo inducido por el entrenamiento (Banister et al., 1975). Para el control de la TL existen algunos métodos basados en el análisis integrado del tiempo de ejercicio en diferentes niveles de intensidad definidos según respuestas fisiológicas individuales. Por ejemplo, la respuesta de la FC de un atleta al ejercicio, combinada con la duración del ejercicio, podría representar una medida objetiva de esfuerzo físico que permite la cuantificación de una sesión de entrenamiento en una unidad o *dosis* de esfuerzo físico (Borresen & Lambert, 2008).

Uno de estos métodos para calcular la TL se basó en establecer unidades de entrenamiento denominadas TRIMP (Taha & Thomas, 2003). Esto es a lo que Banister y Calvert (1980) denominaron con el concepto de dinámica de la carga (del inglés *Training*

Impulse, *TRIMP*), entendiendo que cada estímulo de entrenamiento provoca un incremento de la condición física (efecto positivo) y un aumento de la fatiga (efecto negativo) (Banister & Calvert, 1980). Para su cálculo, el TRIMP multiplica la carga de trabajo (*stress*) por la intensidad de entrenamiento (*strain*) (Banister & Calvert, 1980), de forma que cuantifica el estímulo del entrenamiento como una integración entre la carga externa y las respuestas fisiológicas del atleta, efecto combinado del volumen y la intensidad de este (Banister & Calvert, 1980; Emig & Peltonen, 2020).

Este concepto sigue vigente y se entiende como una herramienta útil y apropiada para evaluar la carga de entrenamiento, por lo que es utilizado como marcador integrador de la carga de ejercicio durante el entrenamiento y la competición (Emig & Peltonen, 2020; Morton et al., 1990; Padilla et al., 2000).

Método de control de la carga TRIMP_{B&C}

La versión original sobre el método TRIMP_{B&C} (Banister & Calvert, 1980) es la que propone un enfoque más objetivo para la cuantificación del entrenamiento basado en el concepto de la proporción de reserva de la frecuencia cardíaca (RFC) durante el ejercicio porque ésta, es un reflejo del grado de esfuerzo cardíaco expresado en proporción, no en porcentaje (Tran et al., 2015; Karvonen & Vuorimaa, 1988; Wallace et al. 2014), tal y como se establece la Ecuación 1 (i.e., para su cálculo no se multiplica por 100). Banister y Calvert (1980) aplicaron el concepto de la RFC durante el ejercicio, lo integraron a su propuesta de dinámica de la carga o TRIMP y obtuvieron sus propios valores.

El método TRIMP_{B&C} utiliza la relación exponencial entre la elevación fraccional de la FC y la concentración de lactato en sangre (Akubat, 2012). El TRIMP_{B&C} utiliza el promedio de la proporción de reserva de la frecuencia cardíaca del ejercicio durante una sesión de entrenamiento (Emig & Peltonen, 2020; Foster et al., 2017), la multiplica por la duración de esa sesión y se pondera según la intensidad del ejercicio en un intento de evitar arrojar una

dosis desproporcionada de importancia para el entrenamiento de baja intensidad y alta duración en comparación con el entrenamiento de corta duración y alta intensidad (Manzi et al., 2009). La Ecuación 6 refleja los valores propuestos por Banister y Calvert (1980) y Banister y Hamilton (1985).

$$\text{TRIMP}_{B\&C} = T (\text{min}) \cdot \text{RFC} \cdot y \quad (6)$$

Donde $\text{TRIMP}_{B\&C}$ es la dinámica de la carga con puntuación en unidades, T es la duración del ejercicio en minutos, RFC es la proporción de reserva de la frecuencia cardíaca durante ejercicio, y es un coeficiente no lineal o factor de corrección diferente para cada sexo, así: $(0.64e^{1.92x})$ para hombres y $(0.86e^{1.67x})$ para mujeres, $x = \text{RFC}$ y e se establece con base en logaritmos Neperianos (LN), donde: $e = 2.712$, según lo mencionan Banister y Hamilton (1985) y Borresen y Lambert (2009).

Entonces, la escritura sobre el método $\text{TRIMP}_{B\&C}$ queda plasmada en la Ecuación 7 para los hombres y en la Ecuación 8 para las mujeres.

$$\text{TRIMP}_{B\&C} = T (\text{min}) \cdot \text{RFC} \cdot y (0.64e^{1.92 \cdot \text{RFC}}) (\text{hombres}) \quad (7)$$

$$\text{TRIMP}_{B\&C} = T (\text{min}) \cdot \text{RFC} \cdot y (0.86e^{1.67 \cdot \text{RFC}}) (\text{mujeres}) \quad (8)$$

Para obtener el $\text{TRIMP}_{B\&C}$, el valor de RFC está ponderado por un factor de multiplicación (y) para reflejar la intensidad del esfuerzo. El factor y se basa en el aumento exponencial del lactato en los niveles de sangre con la elevación fraccional del ejercicio por encima de la FC. Este factor sirvió para equiparar los puntajes $\text{TRIMP}_{B\&C}$ de ejercicios de

larga duración y los valores de frecuencia cardíaca ligera o baja con ejercicios de corta duración y alta frecuencia cardíaca.

Método de control de la carga $TRIMP_{MOR}$

El método $TRIMP_{B\&C}$ fue modificado posteriormente por Morton et al. (1990), quienes propusieron su propio TRIMP ($TRIMP_{MOR}$) con base en la duración del ejercicio (min) y el promedio de la reserva de la frecuencia cardíaca del ejercicio. La ecuación hace énfasis en el entrenamiento de alta intensidad, por medio de ponderar el $TRIMP_{MOR}$ por un factor y relacionado con el entrenamiento realizado a alta intensidad.

Para propósitos de cuantificación del TRIMP, Morton et al. (1990) seleccionaron el uso del factor y en concordancia con el aumento exponencial comúnmente observado en el bLa y con la intensidad del ejercicio multiplicada por el porcentaje de intensidad de trabajo con respecto al promedio de la reserva de la frecuencia cardíaca. Los valores de b se eligieron para que coincidieran con la forma de la curva de incremento en la concentración de lactato en sangre (mL) y con el aumento de la frecuencia de trabajo en hombres (Ecuación 9) y mujeres (Ecuación 10). Estos datos demuestran que las respuestas de hombres y mujeres son lo suficientemente diferentes como para justificar una descripción mediante valores separados para hombres y mujeres (Morton et al., 1990), entonces:

$$TRIMP_{MOR} = T \text{ (min)} \cdot RFC \cdot y (0.64e^{1.92 \cdot RFC}) \text{ (hombres)} \quad (9)$$

$$TRIMP_{MOR} = T \text{ (min)} \cdot RFC \cdot y (0.64e^{1.67 \cdot RFC}) \text{ (mujeres)} \quad (10)$$

Por tanto, el factor de ponderación y viene dado por: $y = e^{bx}$; donde: RFC es la proporción de reserva de la frecuencia cardíaca durante ejercicio, 1.92 es una constante para

los hombres, 1.67 es la constante para mujeres y $x = \text{RFC}$. Finalmente, e se establece con base en LN, donde: $e = 2.712$ (Borresen & Lambert, 2009; Morton et al., 1990).

La carga de entrenamiento percibida (TL_{RPE})

Foster (1998) y Foster et al. (2001) propusieron que a partir del valor correspondiente de S-RPE, en una escala de 0 a 10, multiplicado por la duración del entrenamiento (min), se puede calcular una respuesta a la carga de entrenamiento percibida (del inglés *Training Load Rate Perceived Effort*, TL_{RPE}), la cual se plantea como un método simple para calcular la TLR (Haddad et al., 2017; Roos et al., 2013).

Es necesario aclarar que para el cálculo de la duración del entrenamiento (min) se puede tener en cuenta la duración entera de la sesión de entrenamiento, incluyendo el calentamiento, la vuelta a la calma y los intervalos de recuperación entre series o repeticiones (Foster, 1995, 1998) o no. Así mismo, en el caso de que se realice más de una sesión en un día dado, la TL_{RPE} se suma para ese día y se crea de esta manera una carga de entrenamiento diaria. Dicho esto, una sencilla unidad arbitraria representa la magnitud global de la TL_{RPE} para cada sesión de entrenamiento o competencia; aunque, Gabbett (2016) menciona que la unidad de medida de la TL_{RPE} no debe cuantificarse en unidades arbitrarias, sino en minutos de esfuerzo. La Ecuación 11 representa el cálculo que se debe aplicar.

$$TL_{RPE} = S\text{-}RPE \cdot \text{duración de la sesión (min)} \quad (11)$$

Los autores Foster (1998) y Foster et al. (2001) propusieron que a partir de establecer la carga de entrenamiento percibida en la sesión de entrenamiento (TL_{RPE}), se puede calcular la carga de entrenamiento percibida en cualquier intervalo de tiempo, simplemente considerando la suma de sus valores dividida entre las sesiones (n).

Índice de monotonía en el entrenamiento (TMI)

A partir del concepto de la TL_{RPE} , los autores mencionados sugirieron realizar el cálculo de un índice de monotonía que permita entender la variabilidad o no en el entrenamiento (Foster, 1998). El índice de monotonía en el entrenamiento (del inglés *Training Monotony Index, TMI*) es una medida de la monotonía del entrenamiento en el día a día, que se ha relacionado con la aparición de sobre entrenamiento, cuando el entrenamiento monótono se combina con TL altas (Foster, 1998; Haddad et al., 2017), en donde valores elevados pueden contribuir a ajustes negativos del entrenamiento (Rodríguez-Marroyo et al., 2009).

En cuanto a lo mencionado, Foster et al. (2005) encontraron una monotonía de 2.9 con ciclistas profesionales e indicaron que valores por encima de 2 contribuyen al sobre entrenamiento. La Ecuación 12 indica que el TMI se puede obtener a partir del promedio de la TL_{RPE} dividida entre la desviación estándar en un mismo periodo de tiempo o microciclo de entrenamiento (Foster, 1998; Foster et al., 2001; Haddad et al., 2017; Rodríguez-Marroyo et al., 2014).

$$TMI = TL_{RPE} (M) / DE \quad (12)$$

Estrés de la carga (TS)

Adicional a lo planteado en el párrafo anterior y dado que una carga de entrenamiento alta y un índice de monotonía alto son factores relacionados con adaptaciones negativas al entrenamiento, Foster (1998) y Foster et al. (2001) sugirieron que el producto de la multiplicación entre la TL_{RPE} (suma del entrenamiento semanal) y el TMI se puede denominar estrés de la carga (del inglés *Training Stress, TS*) tal y como está consignado en la Ecuación 13. El TS se asume como el estrés general exigido al atleta durante el período de una semana (Foster, 1998).

$$TS = TL_{RPE} (\text{suma}) \cdot TMI \quad (13)$$

El TS puede relacionarse con adaptaciones negativas al entrenamiento, como la incidencia de lesiones o un bajo rendimiento deportivo (Putlur et al., 2004). Por ejemplo, cuando la TL es alta y ha habido bajos niveles de variabilidad de la carga (lo que resulta en un alto índice de monotonía [> 1]), el TS es alto y existe mayor riesgo de sobre entrenamiento (Foster, 1998). Por el contrario, el TS es bajo cuando los jugadores completan TL altas o bajas con variación regular en las sesiones de carga; es decir, poca monotonía. En general, un alto nivel de TS solo se alcanza durante el período de preparación del entrenamiento cuando no hay competencia regular (Haddad et al., 2017).

La carga de entrenamiento aguda y crónica

Las TL se pueden identificar como *carga aguda del entrenamiento* (del inglés *Acute Training Load, ATL*) o *carga crónica del entrenamiento* (del inglés *Chronic Training Load, CTL*) en dependencia a la respuesta que provocan en el organismo al corto y mediano plazo respectivamente. Las ATL pueden ser tan cortas como una sesión, pero en deportes de equipo una semana de entrenamiento parece ser una práctica lógica y la unidad de medida más conveniente (Hulin et al., 2015), así como también en los deportes individuales.

Las CTL representan el promedio entre las tres y seis semanas más recientes (Blanch & Gabbett, 2015; Gabbett, 2016). Las ATL son análogas a un estado de *fatiga* y en las CTL son análogas a un estado de *aptitud o rendimiento* (Hulin et al., 2015; Nobari et al., 2022b).

Índice de carga aguda-crónica (ACWR)

La relación de trabajo *índice de carga aguda-crónica* (del inglés *Acute Chronic Workload Ratio, ACWR*) es un modelo que proporciona un índice de preparación de los atletas, también conocido como *equilibrio entrenamiento-estrés* (Blanch & Gabbett, 2015). La ACWR es una simplificación del modelo original *fitness-fatiga* de Banister (Bourdon et

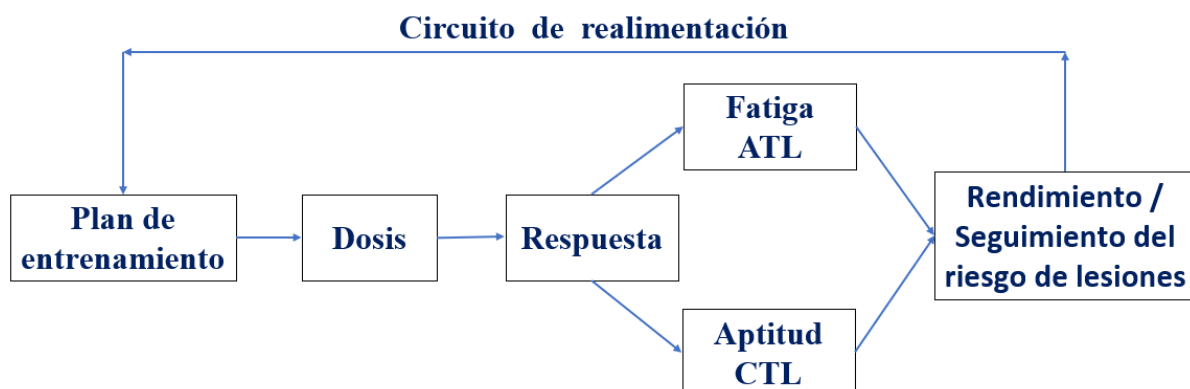
al., 2017) que tiene en cuenta la carga de trabajo actual (i.e., aguda) y la carga de trabajo para la que un atleta ha sido preparado (i.e., crónica) (Tibana et al., 2019).

La ACWR se calcula dividiendo la carga de trabajo aguda entre la carga de trabajo crónica (Hulin et al., 2015; Gabbett, 2016; Tibana et al., 2019). De esta manera, una carga de trabajo aguda más grande en comparación con la carga de trabajo crónica, consiste en una ACWR alta (> 1); a su vez, una carga de trabajo crónica más grande en comparación con la carga de trabajo aguda refleja una ACWR baja (< 1). Esta proporción informa del tamaño relativo de la carga de trabajo aguda en comparación con la carga de trabajo crónica, donde un valor superior a 1 representa una carga de trabajo aguda mayor que la carga de trabajo crónica y viceversa (Blanch & Gabbett, 2015; Hulin et al., 2015).

En la Figura 11 se visualiza que en el modelo de control de la carga de entrenamiento ACWR se emplea con frecuencia el término *fatiga*, que se asocia a la ATL o carga acumulada durante los últimos 7 días, y el término *fitness o aptitud*, que se asocia con la CTL o promedio de la carga de entrenamiento de las 3 a 6 semanas previas (Blanch & Gabbett, 2015; Morton et al., 1990, Gabbett & Whiteley, 2017; Zouhal et al., 2021).

Figura 11

Modelo conceptual para el desarrollo de sistemas de seguimiento en atletas



Nota. Adaptado de Coutts et al. (2018) y Zouhal et al. (2021).

Por ejemplo, una ACWR de 0.5 sugeriría que un atleta entrenó o completó solo la mitad de la carga de trabajo en la semana más reciente, con respecto a lo que él había preparado para las últimas cuatro semanas. De otro lado, una ACWR de 2.0 sugiere que el atleta realizó el doble de la carga de trabajo en la semana actual con respecto a lo que él había preparado durante las cuatro o tres semanas anteriores (Blanch & Gabbett, 2015).

Utilizando el concepto de la ACWR Hulin et al. (2014) demostraron que el riesgo de que los jugadores de cricket, que lanzan bolas rápidas, sufrieran una lesión se triplicaba cuando la carga de trabajo aguda era el doble de trabajo crónico; es decir, una relación de carga de trabajo aguda frente a crónica ≥ 2 . Sin embargo, la ACWR, que compara el tamaño de la carga de trabajo aguda frente a crónica, no se ha empleado para investigar la relación carga de trabajo-lesión en un deporte de equipo que no sea el cricket, según lo indican Hulin et al. (2015).

Hulin et al. (2015) encontraron que la ACWR es un predictor mayor de lesiones que la carga de trabajo aguda o crónica aisladamente. Por ejemplo, se puede esperar que una ACWR moderada, combinada con una alta carga crónica (alto fitness) se asocia con un menor riesgo de lesión, que una ACWR moderada combinada con una baja carga crónica (bajo fitness). No obstante, el mayor riesgo de lesión que encontraron los autores se mostró cuando una carga de trabajo crónica alta se combinó con una ACWR muy alta.

Cuando la ACWR excede de un valor de 1.5 se ha asociado a un mayor riesgo de lesiones (Soligard et al., 2016) especialmente en los deportes de rugby y fútbol (Hulin et al., 2014, 2015). Debido a esto, en términos de riesgo de sufrir una lesión, la ACWR dentro de un rango de 0.8 y 1.3 se puede considerar el *punto óptimo* o *zona segura* de lesiones (Gabbett, 2016; Tibana et al., 2019); mientras que, una $ACWR \geq 1.5$ representa una *zona de peligro*. La razón subyacente es que la condición física de los atletas se desarrolla adecuadamente si la

CTL aumenta progresivamente a niveles altos, mientras que la ATL permanece baja o ligeramente por encima de la CTL (Zouhal et al., 2021).

Sin embargo, es posible que diferentes deportes tengan diferentes relaciones entre la carga de entrenamiento y las lesiones; hasta que más datos estén disponibles, aplicando estas recomendaciones al deporte individual se debe realizar con precaución, según los afirma Gabbett (2016).

La ACWR se ha asociado con mejoras en rendimiento en un deporte individual (Banister et al., 1975) y también con el riesgo de lesiones en los deportes de equipo (Hulin et al., 2014, 2015). En conjunto, los resultados de los estudios mencionados sobre la ACWR debería ser una práctica habitual en el deporte de élite según lo recomiendan Hulin et al. (2015).

Planificación de la carga de entrenamiento

La planificación en el entrenamiento deportivo "representa el plan o proyecto de acción que se realiza con el proceso de entrenamiento de un deportista para lograr obtener un objetivo determinado" (García et al., 1996, p. 9). También, la planificación del entrenamiento se puede asumir como "la previsión de una secuencia lógica de acontecimientos y tareas que permitan alcanzar los objetivos previamente definidos" (Vasconcelos, 2000, p. 14). En este sentido, planificar supone adoptar una serie de decisiones alrededor del futuro resultado que se prevé con respecto a diferentes asuntos referidos a la optimización del rendimiento deportivo (González et al., 2007).

Desde algún tiempo atrás se habla de *modelos de planificación* clásicos y contemporáneos (Dantas et al., 2010; García, et al., 1996; González et al., 2007). El modelo de planificación contemporáneo más tradicional ha sido el planteado por Matveev (1983), el cual lo denominó *periodización*. El concepto de periodización se ha empleado para describir un método cíclico de gestión de variables de entrenamiento donde el proceso de adaptación se

produce en un orden lógico de desarrollo (Stone et al., 2021). Sin embargo, Kiely (2012) aclara que el término *periodización* se emplea con frecuencia de manera indiscriminada para describir cualquier forma de plan de entrenamiento, independientemente de la estructura, y es allí donde se presenta gran confusión entre el término *planificación* y el término *periodización*, pues se emplean de manera indistinta como también lo afirman Dantas et al. (2010).

Krüger (2016) aseguró que la *periodización* hace referencia única y exclusivamente al modelo de planificar propuesto por Matveev (1983). No obstante, algunos autores afirman que "hay muchos métodos de periodización" (Rhea et al., 2003, p. 82); incluso, diferentes estudios emplean el término *periodización* para referirse a otros *modelos de planificación* del entrenamiento deportivo como la *periodización* en bloque (Stone et al., 2021), la *periodización* inversa (Bradbury et al., 2020; González-Ravé, 2022) o la *periodización* lineal (Bradbury et al., 2020; Prestes et al., 2009; Rhea et al., 2003).

En la actualidad hay esfuerzos por aclarar que la *periodización*, con frecuencia, es erróneamente mencionada como modelo de *periodización lineal*. (Afonso et al., 2020; Stone et al., 2021). La literatura sobre el tema ha utilizado los términos lineales y no lineales para describir el contenido de programas periodizados. Sin embargo, estos conceptos no han sido claramente definidos en la literatura, lo que puede llevar a interpretaciones inexactas y engañosas (Afonso et al., 2020).

De igual manera, algunos estudios emplean el término *periodización* para referirse a los modelos de TID en el entrenamiento de la resistencia (Casado et al., 2022). No obstante, investigadores como Kenneally et al. (2018) diferencian entre la TID y la periodización, considerándolos como factores, cuando argumentan que "la distribución de la intensidad en el entrenamiento de la resistencia y la periodización del volumen e intensidad son

tradicionalmente considerados como factores importantes en el diseño de programas de entrenamiento para el rendimiento en las carreras de resistencia" (p. 114).

Entre tanto, Stone et al. (2021) afirman que la *periodización* se confunde con frecuencia con la *programación*, término traducido literalmente de la palabra anglosajona *programming*. Mientras que, algunos autores mencionan que la *periodización* se refiere a la secuencia y ordenación de los períodos de entrenamiento para hacer cumplir un plan dado y la *programación* se refiere a aspectos temporales de escala micro (Afonso et al., 2020). Otros autores emplean los dos términos sin hacer distinción entre estos (Hermosilla et al., 2021). Sin embargo, la programación incluye la selección de los ejercicios, parámetros de la carga, tiempo de descanso, etcétera (Stone et al., 2021).

Planteada la situación anterior, es evidente que hay muchos aspectos por reflexionar con respecto a la planificación del entrenamiento deportivo y tal vez falta mucho estudio y análisis sobre el tema. En la actualidad parece que la periodización *no ha sido bien estudiada* o que *todo es periodización*, tal y como lo plantean Hornsby et al. (2020). Sin embargo, en el presente trabajo se ha adoptado el concepto de planificación del entrenamiento, el cual se realizó con base en los llamados ciclos de entrenamiento principalmente.

Distribución de la intensidad en el entrenamiento de resistencia

La cuantificación de la TID se define comúnmente de acuerdo con los umbrales fisiológicos y se distribuye en un *modelo de zonas de intensidad*, del cual, el modelo de tres zonas es predominantemente empleado para la evaluación científica (Seiler & Tønnessen, 2009; Treff et al., 2019). A las zonas de intensidad del modelo se les puede denominar: zona de baja intensidad (Z1), zona de mediana intensidad (Z2) y zona de alta intensidad (Z3) (Carnes & Mahoney, 2019; Stöggl, 2018). En la Figura 12 se puede apreciar el modelo trifásico de distribución de zonas de intensidad que inicialmente fue propuesto por Skinner y Mclellan (1980) con base en los sistemas de producción de energía.

Figura 12*Modelo hipotético de características seleccionadas de los umbrales*

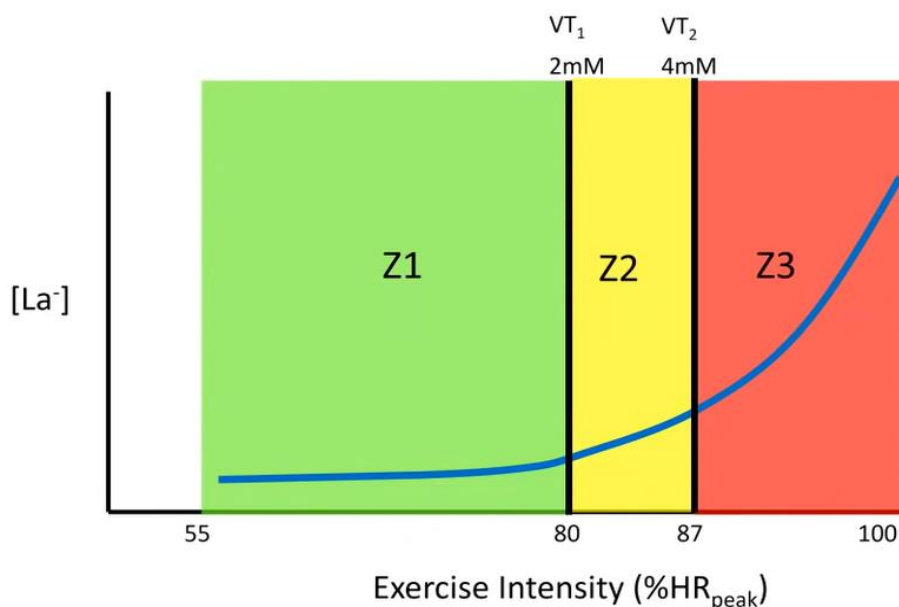
	Fase I	Fase II	Fase III
	Reposo		Umbral $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$
	Umbral aeróbico		Umbral anaeróbico
Metabolismo predominante	Aeróbico	→	Anaeróbico
Sustrato predominante	Grasas > Carbohidratos	→	Carbohidratos > Grasas
Tipo de fibra muscular	I	I, IIa	I, IIa, IIb
Intensidad (% $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$)	40	60 65	90
Frecuencia cardíaca ($p \cdot \text{min}^{-1}$)	130	150 160	180
Lactato sanguíneo ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	2		4

Nota. $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$: consumo máximo de oxígeno. Tomado de Skinner y Mclellan (1980).

Kindermann et al. (1979) describieron la *transición aeróbico-anaeróbica* comenzando con el LT_{Aer} , marcado por el primer aumento en el bLa y terminando con el LT_{An} , correspondiente al MLSS. Adicional a esto, los estudios que utilizan medidas de respiración con intercambio de gases (Lucía et al., 1998) han identificado dos cambios ventilatorios específicos, el primer umbral ventilatorio (del inglés *Ventilatory Threshold*, VT_1) y el segundo umbral ventilatorio (inglés *Ventilatory Threshold*, VT_2) que corresponden a los umbrales aeróbico (del inglés *Latate Threshold 1*, LT_1) y anaeróbico (del inglés *Latate Threshold 2*, LT_2) respectivamente, que fueron introducidos por Kindermann et al. (1979) y que en la actualidad aún se emplean como límites de zonas de entrenamiento (Seiler, 2021), tal y como se puede observar en la Figura 13.

Figura 13

Esquema típico de tres zonas de intensidad del ejercicio físico



Nota. $[La^-]$: lactato sanguíneo; VT₁: primer umbral ventilatorio y el segundo umbral ventilatorio; Z1: Zona 1 de baja intensidad; Z2: Zona 2 de mediana intensidad; Z3: Zona 3 de alta intensidad; %HR_{peak}: porcentaje del pico de frecuencia cardíaca. Tomado de Seiler (2021).

En la actualidad, aún continua el debate sobre cómo el proceso diario de estructuración del entrenamiento debe organizarse para desarrollar mejor los componentes fisiológicos y mejorar el rendimiento (Stöggl, 2018). De las variables esenciales del entrenamiento, la intensidad del ejercicio y su distribución es probablemente la más debatida entre deportistas de diferente nivel de rendimiento (Seiler & Kjerland, 2006).

La TID de los atletas de resistencia se ha convertido en un importante componente de la planificación del entrenamiento, debido principalmente a dos factores. El primero se refiere a que la intensidad del ejercicio y su distribución en el tiempo son componentes esenciales de la adaptación al entrenamiento de resistencia. El segundo menciona que el volumen de entrenamiento, al menos para la mayoría de las disciplinas, ya se encuentra en el límite o cerca de este (Seiler & Kjerland, 2006; Treff et al., 2019).

La intensidad de la Z1 incorpora ejercicio de baja intensidad, mayor o igual al 50% del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. (Hebisz et al., 2022; Treff et al., 2017) y menor que la intensidad correspondiente al primer LT_{Aer} o de ventilación (Treff et al., 2017). La prescripción de ejercicio en la Z1 a menudo se denomina ejercicio de *resistencia básica* o de *baja intensidad*. El primer y segundo umbral de lactato (LT_{Aer} y LT_{An} respectivamente) o los umbrales ventilatorios, definen los límites inferior y superior de la Z2, una intensidad de ejercicio que a menudo se denomina *intensidad umbral* o *entrenamiento con umbral de lactato*. La Z3 generalmente se define como una intensidad de ejercicio mayor que el segundo umbral de lactato o ventilatorio y se establece como entrenamiento en intervalos de alta intensidad cerca o al máximo del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. (Carnes & Mahoney, 2019; Treff et al., 2019).

Cuando el análisis de lactato en sangre no es factible para establecer las zonas de intensidad, se emplean parámetros básicos como la FC, la potencia generada, la velocidad de desplazamiento o la RPE (Hydren & Cohen, 2015; Stöggl & Sperlich, 2015).

Modelos de distribución de la intensidad

Uno de los componentes de la TL externa es el control en la TID. Hasta el momento se han podido identificar algunos patrones de distribución de la intensidad del entrenamiento en el desarrollo de la resistencia. Algunos autores han reportado e investigado sobre cuatro modelos principales a saber como son PYR, ThET, PET y HIIT (Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2019).

Así mismo, otros autores mencionan que los modelos tradicionales de entrenamiento de resistencia han sido: *entrenamiento de alto volumen* (del inglés *High Volume Training*, *HVT*), *entrenamiento cerca al umbral de lactato* (ThET) y *entrenamiento HIIT* (Hydren & Cohen, 2015; Seiler & Kjerland, 2006; Sylta et al., 2016; Stöggl & Sperlich, 2014; Treff et al., 2019). Los modelos de distribución de la intensidad en el entrenamiento de resistencia se

han definido de acuerdo con los niveles de intensidad del ejercicio en tres zonas como se ilustra en la Tabla 3.

Las tres zonas están definidas por marcadores fisiológicos de umbrales ventilatorios, niveles de bLa o la evaluación de la RPE (Hydren & Cohen, 2015; Seiler, 2010; Seiler & Kjerland, 2006; Seiler & Tønnessen, 2009) y son consideradas como similares a pesar del método empleado para determinarlas (Kenneally et al., 2018). De igual manera, estos modelos de entrenamiento se definen por el *porcentaje del tiempo de entrenamiento total empleado en cada zona* de entrenamiento (Hydren & Cohen, 2015; Treff et al., 2017, 2019) durante un microciclo, mesociclo, macrociclo o temporada de trabajo.

Tabla 3

Parámetros de los modelos de distribución de la intensidad en la resistencia

Definiciones para cada zona	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Medidas perceptuales y fisiológicas			
Escala de esfuerzo percibido	≤ Algo duro	Duro	≥ Muy duro
1-10	≤ 4	5-6	≥ 7
6-20	≤ 13	14-16	≥ 17
VT	≤ VT ₁	VT ₁ -VT ₂	≥ VT ₂
Lactato sanguíneo (mmol · L ⁻¹)	≤ 2	2-4	≥ 4
Porcentaje de tiempo total en cada zona de entrenamiento			
PET	75-80	0-10	15-20
ThET	50-60	40-60	0
HVT	100	0	0
HIIT	50	0	50

Nota. VT: umbral ventilatorio (del inglés *Ventilatory Threshold*); bLa: lactato sanguíneo (del inglés *Blood Lactate*); PET: modelo de distribución de la intensidad polarizado (del inglés *Polarized Endurance Training*); ThET: modelo de distribución de la intensidad entre umbrales (del inglés *Threshold Endurance Training*); HVT: modelo de distribución de la intensidad de alto volumen (del inglés *High Volume Training*); HIIT: modelo de distribución de intervalos de alta intensidad (del inglés del inglés *High Intensity Interval Training*).

Tomado de Hydren y Cohen (2015).

Modelo de distribución de alto volumen (HVT)

El modelo de distribución de la intensidad del entrenamiento HVT es realizado por debajo del primer umbral (LT_{Aer}), con lactato estable y concentraciones de $\leq 2.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Stöggl & Sperlich, 2015). Este modelo de distribución se caracteriza por entrenamientos largos a una intensidad muy ligera, la cual se refiere a una $Z1$ (Hydren & Cohen, 2015). De acuerdo con las fuentes de consulta, no se encontraron condiciones necesarias que se deban cumplir en este modelo de distribución u otras características de la distribución de la intensidad en la $Z2$ y $Z3$. No obstante, Sylta et al. (2016) y Seiler (2010) mencionan que el entrenamiento de *alto volumen y baja intensidad* tiene proporciones de entrenamiento más pequeñas, pero sustanciales, de intensidad moderada ($2\text{-}4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de lactato en sangre) y de alta intensidad por encima de la intensidad del máximo estado estable de lactato. Sin embargo, Hydren y Cohen (2015) proponen para el modelo de distribución HVT la condición de $Z1 = 1$ y $Z2$ y $Z3 = 0$.

Modelo de distribución piramidal (PYR)

El modelo de distribución de la intensidad del entrenamiento PYR consiste en un alto porcentaje de tiempo o distancia empleada en la $Z1$ y menos proporciones en la $Z2$ y $Z3$ (Kenneally et al., 2018; Sylta et al., 2016; Stöggl & Sperlich 2015). Tradicionalmente, este modelo ha sido descrito comprendiendo un 80% en $Z1$, con el restante 20% distribuido entre las $Z2$ y $Z3$ (Campos et al., 2021; Seiler, 2010). Como ejemplo, se puede cuantificar un modelo PYR como 70-20-10; es decir, 70% dentro de la $Z1$, 20% en la $Z2$ y 10% en la $Z3$. Este modelo de distribución de la intensidad se caracteriza por entrenamientos largos con una intensidad muy ligera, aproximadamente 65-75% del pico de absorción de oxígeno ($\dot{V}O_{2pico}$), $< 80\%$ de la frecuencia cardíaca máxima o $< 2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ bLa}$ y una duración prolongada (Seilerand & Kjerland, 2006).

Se piensa que este modelo de distribución de la intensidad del entrenamiento es el concepto principal de la formación fundamental para eventos de resistencia (Stöggl & Sperlich, 2015). Por ejemplo, los remeros de élite realizan la mayor parte de su tiempo de entrenamiento con alto volumen y ejercicio (relativamente) de baja intensidad (Nybo et al., 2014), que a menudo se denomina *entrenamiento de resistencia básico*.

Modelo de distribución entre umbrales

Muñoz et al. (2014b) mencionan que existe otra tendencia de enfatizar el entrenamiento a intensidades entre el rango umbral, como el entrenamiento de resistencia de intensidad moderadamente alta o ThET. El modelo de distribución de la intensidad del entrenamiento ThET consiste en el volumen de entrenamiento enfatizando en la Z2 (Treff et al., 2019) o con alta proporción de todo el volumen realizado en Z2 (Casado et al., 2022), donde es muy típico que del 40% al 50% del tiempo de entrenamiento se realice en dicha zona (Pérez et al., 2020).

Esta distribución es frecuentemente establecida por intervalos más largos con una intensidad entre el primer y el segundo umbral de lactato o ventilatorio o por ejercicio ejecutado de manera continua con intensidades más altas y sin un distintivo periodo de recuperación. El modelo ThET podría ser diseñado como 40-50-10; es decir, 40% dentro de la Z1, 50% en la Z2 y 10% en la Z3.

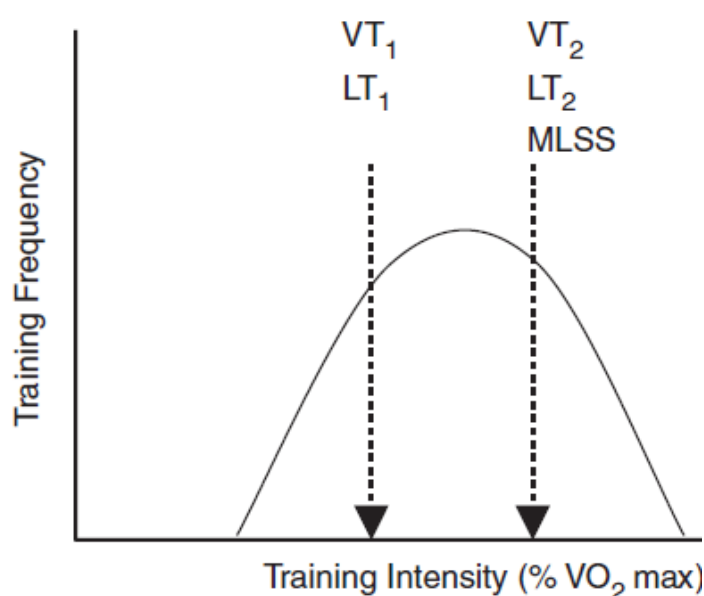
Este modelo de distribución se caracteriza por aumentar la intensidad a un ritmo duro (14-16 [escala 6-20 de RPE] y 55% $\dot{V}O_{2m\acute{a}x.}$) y mantenerla durante todo el entrenamiento, seguido de un aumento progresivo en el ritmo de los entrenamientos (Hydren & Cohen, 2015). El entrenamiento cerca del LT_{An} mejora el rendimiento de resistencia (Faude et al., 2009), en particular en los participantes no entrenados (Londeree, 1997).

Recientemente ha habido una tendencia creciente en la prescripción del ejercicio de resistencia cardiovascular que indica un cambio del modelo de entrenamiento ThET al

modelo polarizado (Hydren & Cohen, 2015; Orie et al., 2014) y algunos atletas de clase mundial lo adoptan durante ciertas fases de la temporada (Stöggl, & Sperlich, 2015). En la Figura 14 se ilustra la distribución de la intensidad en un modelo de entrenamiento entre umbrales.

Figura 14

Distribución de la intensidad del entrenamiento basado en el modelo entre umbrales



Nota. VT₁: primer umbral ventilatorio (del inglés *Ventilatory Threshold 1*); VT₂: segundo umbral ventilatorio (del inglés *Ventilatory Threshold 2*); LT₁: umbral aeróbico (del inglés *Latate Threshold 1*) LT₂: umbral anaeróbico (del inglés *Latate Threshold 2*); MLSS: máximo estado estable del lactato (del inglés *Maximum Lactate Steady State*); % $\dot{V}O_{2\text{máx}}$: porcentaje de consumo máximo de oxígeno. Tomado de Seiler y Kjerland (2006).

Modelo de distribución polarizado (PET)

La persona que primero introdujo el término de entrenamiento polarizado fue Stephen Seiler durante una conferencia en el simposio del American College of Sports Medicine en 1999, según lo indica Boullosa et al. (2010). El concepto se basó principalmente sobre las

observaciones del entrenamiento de atletas de resistencia de élite en Noruega (Hopkins, 1999).

Seiler y Kjerland (2006) mencionan que la tendencia de enfatizar el entrenamiento por debajo del LT_{Aer} , pero también por encima del rango del LT_{An} se ha denominado entrenamiento de resistencia polarizado (PET). El modelo de distribución de la intensidad del entrenamiento *polarizado* consta de porcentajes elevados de tiempo o distancia empleada tanto en alta intensidad de ejercicio ($Z3$) como en baja ($Z1$) y una pequeña proporción de entrenamiento en la $Z2$ (Filipas et al., 2022; Hydren & Cohen, 2015; Seiler, 2010), además de cumplir la condición de: $Z1 + Z2 + Z3 = 1$ (Treff et al., 2019). Estos porcentajes de trabajo se pueden calcular en un microciclo, un mesociclo, un macrociclo o una temporada de entrenamiento.

El modelo polarizado consiste, por ejemplo, en el 80% del volumen de entrenamiento empleado en la $Z1$, el 5% en la $Z2$, y el 15% en la $Z3$, 80-5-15 respectivamente u 84.7-3.9-11.4; es decir, 84.7% dentro de la $Z1$, 3.9% en la $Z2$ y 11.4% en la $Z3$ (Sélles-Pérez et al., 2019b). Una característica relevante de este modelo es que los porcentajes de la $Z1$ deben ser mayores que la $Z3$ y los porcentajes de la $Z3$ deben ser siempre mayores que la $Z2$ (Treff et al., 2017, 2019).

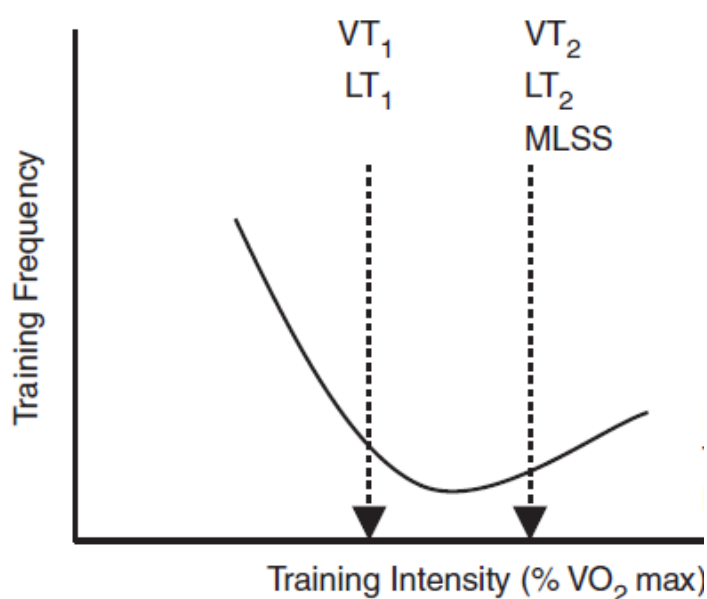
Para atletas altamente entrenados (10 a 25 h/semana) la distribución de entrenamiento polarizado puede permitir señales de adaptación máxima mientras se minimiza la respuesta de estrés autónomo y hormonal (Seiler et al., 2007) y se reduce el riesgo de sobre entrenamiento (Foster, 2007). Los nuevos programas de entrenamiento de resistencia PET se caracterizan por un modelo de periodización no lineal ondulante con casi todo el tiempo de entrenamiento transcurrido a un ritmo ligero (< 13) y muy duro (> 17) con poco o ningún entrenamiento intenso (14-16) o ritmo de carrera (escala 6-20 RPE) (Orie et al., 2014; Seiler & Kjerland, 2006). Además, el modelo de entrenamiento polarizado tiene entrenamientos específicos de

alta intensidad separados por uno o más entrenamientos de larga distancia lenta, con la intensidad del ejercicio estrictamente controlada (Hydren & Cohen, 2015).

En esencia, la distribución de la intensidad del entrenamiento es polarizada cuando se encuentra lejos del rango de intensidad moderadamente fuerte representado por el umbral de lactato (Seiler & Kjerland, 2006) y esto parece ser cierto incluso para los maratonianos de clase internacional que compiten a una intensidad que se aproxima a su LT_{An} (Billat et al., 2001). La Figura 15 muestra la distribución de la intensidad en un modelo de entrenamiento polarizado.

Figura 15

Distribución de la intensidad del entrenamiento basado en el modelo polarizado



Nota. VT_1 : primer umbral ventilatorio (del inglés *Ventilatory Threshold 1*); VT_2 : segundo umbral ventilatorio (del inglés *Ventilatory Threshold 2*); LT_1 : umbral aeróbico (del inglés *Lactate Threshold 1*); LT_2 : umbral anaeróbico (del inglés *Lactate Threshold 2*); MLSS: máximo estado estable del lactato (del inglés *Maximum Lactate Steady State*); $\% \dot{V}O_{2max}$: porcentaje de consumo máximo de oxígeno. Tomado de Seiler y Kjerland (2006).

Una explicación a favor del entrenamiento PET es que las cargas de entrenamiento monótonas, a menudo centradas en intensidad de LT_{An} , tienden a inducir estancamiento y síntomas de sobre entrenamiento (Bruin et al., 1994; Foster, 1998). Sin embargo, resultados de otras investigaciones sugieren que las respuestas o adaptaciones de entrenamiento son estrictamente acopladas al modo, la frecuencia y la duración del ejercicio realizado (Hawley, 2002).

Treff et al. (2017) elaboraron y propusieron un índice polarizado (del inglés *Polarized Index, PI*) para cuantificar el nivel individual de polarización, con remeros élite de selección nacional. Posteriormente, Treff et al. (2019) discuten y presentan una mejora al PI, que permite distinguir si una distribución de la intensidad de entrenamiento con deportistas de resistencia es polarizada o no.

La distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad se calculó con base en el registro continuo de la FC durante las sesiones y luego se dividió en puntos de corte para las zonas de FC y de esta manera, poder asignar el tiempo de trabajo en las zonas previamente establecidas, las cuales se denominaron: *Zona 1* (intensidad baja), *Zona 2* (intensidad umbral) y *Zona 3* (intensidad alta). La prescripción total de ejercicio es $Zona\ 1 + Zona\ 2 + Zona\ 3 = 100\%$.

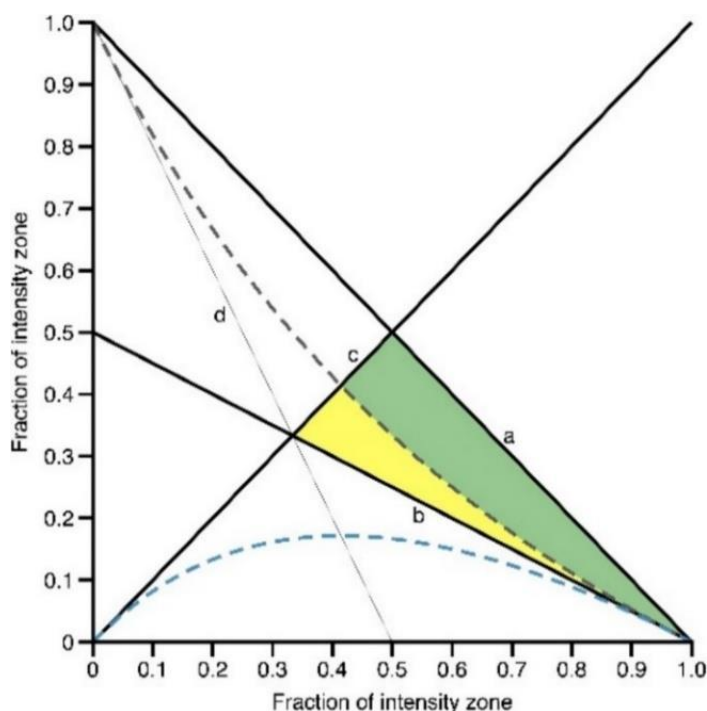
Una TID polarizada en Treff et al. (2019) se define como aquella que cumple dos condiciones: (i) una estructura polarizada; $Zona\ 1 > Zona\ 3$ y $Zona\ 3 > Zona\ 2$ y (ii) una proporción relativamente pequeña de *Zona 2* en comparación con la *Zona 1* y la *Zona 3*. Para evaluar si una TID es Polarizada proponen el uso del PI, que se calcula con las ecuaciones 14 y 15, señalando un caso particular:

$$PI = \log_{10} (Zona\ 1 / Zona\ 2 \cdot Zona\ 3 \cdot 100) \quad (14)$$

Si la *Zona 2* = 0, la Ecuación 15 evita el cero en el denominador:

$$PI = \log_{10} (Zona\ 1 / 0.01 \cdot Zona\ 3 - 0.01 \cdot 100) \quad (15)$$

Si *Zona 3* = 0, PI es cero por definición. Si el $PI > 2.0$, la distribución de la intensidad del entrenamiento se define como *polarizada*. Si el $PI \leq 2.0$, la distribución de la intensidad del entrenamiento se define como *no polarizada* y al valor 2 se refieren como *el punto de corte*. Para justificar esta elección, Treff et al. (2019) presentaron una figura con su correspondiente explicación, la cual se reproduce en la Figura 16.

Figura 16*Límites y condiciones del índice polarizado*

Nota. Tomado de Treff et al. (2019). La línea *a* indica el límite superior de la Zona 3 para una fracción dada (eje *x*) de la Zona 1 (condición *a*: Zona 1 + Zona 2 + Zona 3 = 1). La línea *b* indica el límite inferior de la Zona 3 para una fracción dada de la Zona 1 (condición *b*: Zona 3 > Zona 2). La línea *c* indica el límite superior de la Zona 3 para una fracción dada de la Zona 1 (condición *c*: Zona 1 > Zona 3) y la línea *d* indica el límite inferior de la Zona 3 para una fracción dada de la Zona 1 (condición *d*: Zona 1 > Zona 2). Las áreas coloreadas representan el rango de valores donde se cumplen las condiciones *a-d*. La línea discontinua gris indica el límite de la Zona 3 para una fracción dada de la Zona 1 que resulta en un índice de polarización de 2.0; es decir, si la Zona 3 es mayor o menor, el índice de polarización resultará en valores mayores (área verde) o inferiores a 2.0 (área amarilla) respectivamente. La línea azul discontinua indica el límite superior de la Zona 2 para una fracción determinada de la Zona 1 para permitir un índice de polarización ≥ 2.0 .

Modelo de distribución intervalos de alta intensidad

El modelo de distribución HIIT consiste en un entrenamiento con un predominio de trabajo realizado en la Z3 y que implica principalmente entrenamiento a intervalos, intervalos intermitentes, carreras de alta intensidad o esfuerzos $> 90\%$ de la frecuencia cardíaca máxima (Stöggl & Sperlich 2015).

El modelo de distribución HIIT típico podría diseñarse como 40-0-60 ó 20-10-70; es decir, 20% dentro de la Z1, 10% en la Z2 y 70% en la Z3. El modelo de distribución HIIT se caracteriza por entrenamientos por intervalos a un ritmo muy duro (> 17 de RPE), en días consecutivos, seguidos con pocos o ningún entrenamiento de larga distancia lenta (Hydren & Cohen, 2015).

Este modelo de entrenamiento ha revelado grandes mejoras en el rendimiento atlético y sobre variables clave relacionadas con la resistencia; por ejemplo, sobre el tiempo hasta el agotamiento, rendimiento contrarreloj, $\dot{V}O_{2pico}$, carrera a velocidad máxima y submáxima y sobre la economía de carrera; tanto en individuos entrenados como no entrenados (Laursen & Jenkins, 2002).

Modelo de distribución pirámide inversa (PIV)

El modelo de distribución PIV se basa en el supuesto de cumplir la condición de: $Z1 < Z2$ y $Z2 < Z3$ (Stöggl, 2018). Por ejemplo, el modelo PIV se puede cuantificar como 10-30-60; es decir, 10% dentro de la Z1, 30% en la Z2 y 60% en la Z3.

Otro modelo de distribución asumido en la investigación

En la presente investigación se asumen los siguientes modelos de distribución de la intensidad en el entrenamiento de resistencia, a saber: HVT, PYR, ThET, PET, HIIT y PIV (Hydren & Cohen, 2015; Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl, 2018; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2019). Además de los seis modelos de TID identificados, también se propone

adoptar la denominación del modelo de distribución de *pirámide truncada* (PTU), a pesar de que ningún autor de las referencias de consulta mencionó o propuso esta denominación.

El modelo de distribución de PTU se basa en el supuesto de tres condiciones que se deben cumplir. La primera condición es: $Z1 > Z2$, $Z3 = 0$ ó $Z3 = Z2$. Por ejemplo, el modelo PTU se puede cuantificar como 70-30-0 ó 70-15-15; es decir, para el segundo caso, 70% dentro de la $Z1$, 15% en la $Z2$ y 15% en la $Z3$.

Modelos de distribución más empleados en la marcha

En el momento actual en que se realiza esta investigación y de acuerdo con la indagación realizada, no se encontraron estudios que identificaran algún modelo de control en la TID en el deporte de la marcha (Race Walking). La información se buscó en las bases de datos Web of ScienceTM y SPORTDiscus with Full Text[®], con el modo de búsqueda Booleano/frase: Race AND Walk* and Polarized y teniendo en cuenta todos los idiomas y toda clase de documentos.

Los estudios que se hallaron en el tema de la TID, con el modelo PET, se han realizado con corredores de nivel de rendimiento recreativo (Carnes & Mahoney, 2019; Festa et al., 2020; Muñoz et al., 2014b; Muñoz & Varela-Sanz, 2018; Zinner et al., 2018), con corredores bien entrenados o corredores de élite (Bellinger et al., 2020; Bourgois et al., 2019; Enoksen et al., 2011; Filipas et al., 2022; Kenneally et al., 2021; Stöggl & Sperlich, 2014), con corredores de ultradistancia (Pérez et al., 2019, 2020), con ciclistas de ruta (Neal et al., 2013; Rivera-Kofler et al., 2020), con ciclo montañistas (Hebisch et al., 2021a, 2021b, 2022; Schneeweiss et al., 2022), con triatletas moderadamente entrenados (Muñoz et al., 2014a; Röhrken et al., 2020), triatletas competitivos (Stöggl & Sperlich, 2014) o recreativos (Sélles-Pérez et al., 2019a; Selles-Perez et al., 2019b), con esquiadores de campo a través (Kim et al., 2021; Myakinchenko et al., 2021; Stöggl & Sperlich, 2014), con nadadores (Pla et al., 2018) o con patinadores de velocidad (Orie et al., 2014, 2021; Yu et al., 2012). Aún así, la

distribución de la intensidad del entrenamiento con el modelo PET no se ha aplicado en las pruebas de marcha, por lo cual se presenta un vacío en el conocimiento.

A pesar de esto, algunos estudios de caso han analizado la planificación del entrenamiento en la marcha durante varios años. Por ejemplo, Augustyn et al. (2014) consolidaron la información de cuatro años consecutivos de entrenamiento de un marchador de élite y encontraron que del 80.6% al 81% del volumen de trabajo (km) correspondió a un trabajo aeróbico, de resistencia general, en el primer nivel de intensidad. El 20% restante se distribuye en la zona *aeróbica-anaeróbica* (9.5% a 9.9%) y en la zona *anaeróbica-aeróbica* (9.1% a 9.9%) de resistencia *al tempo*, ritmo de entrenamiento y competición. En el mismo sentido, Brodáni et al. (2015) reportaron en un periodo preparatorio de 30 semanas que el volumen de entrenamiento (2,644 km) fue distribuido en un 42% en zona *aeróbica*, el 50% en la zona *aeróbica-anaeróbica* y 7.6% en la zona *anaeróbica-aeróbica*.

La característica principal de los dos trabajos anteriores (Augustyn et al., 2014; Brodáni et al., 2015) es que no especifican exactamente qué significan y cuáles son los límites fisiológicos de las zonas de intensidad que ellos denominaron como: *aeróbica*, *aeróbica-anaeróbica* y *anaeróbica-aeróbica*; así como tampoco identificaron, en sus trabajos, algún modelo conocido de la TID en el entrenamiento de la resistencia, que previamente algunos autores si han identificado (Hydren & Cohen, 2015; Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl, 2018; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2019).

Planteamiento del problema

Son pocas las investigaciones que han identificado la TL de acuerdo con los modelos de TID en el desarrollo de la resistencia. Algunas de estas investigaciones han evaluado a deportistas de nivel de rendimiento *aficionado o recreativo*, con un periodo de investigación muy corto, como de ocho semanas (Auersperger et al., 2020; Festa et al., 2020), 10 semanas (Muñoz et al., 2014b) o 12 semanas (Carnes & Mahoney, 2019; Sylta et al., 2016; Zapata-

Lamana et al., 2018). Dicho esto, la literatura del entrenamiento, basada en resultados de investigaciones con deportistas recreativos, puede ser engañosa cuando se relaciona con los hallazgos de deportistas élite o altamente entrenados. Mientras que, estudios de entrenamiento descriptivos permiten la investigación de atletas de resistencia de élite en una situación de la vida real (Tønnessen et al., 2014).

Como se puede advertir, algunos estudios indagan sobre los efectos de diferentes métodos de la TID en deportes de resistencia con atletas de nivel de *rendimiento promedio*. Sin embargo, apenas hay datos sobre los más exitosos atletas de resistencia (Roos, 2013; Stöggl, 2018). En la actualidad, existe mucho debate en torno a la TID. Varios estudios han indagado sobre los efectos de dos o más modelos de distribución de la intensidad en deportistas bien entrenados en resistencia, en diferentes disciplinas como el ciclismo (Hebisz et al., 2022; Rivera-Kofler et al., 2020; Schneeweiss et al., 2022), canotaje (Treff et al., 2017), triatlón o esquí de campo a través (Kim et al., 2021; Myakinchenko et al., 2021; Stöggl & Sperlich, 2014).

Algunos autores reportan en sus estudios que el modelo PET mejora el rendimiento aeróbico y es superior en comparación a la distribución de intensidad ThET (Rivera-Kofler et al., 2020). Así mismo, Stöggl y Sperlich (2014) compararon los efectos de cuatro modelos de distribución de la intensidad (PYR vs. ThET vs. HIIT vs. PET), encontrando que, las grandes mejoras en variables clave en el rendimiento de la resistencia, como el $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, velocidad pico de carrera y velocidad a $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, se alcanzaron con el modelo de distribución de la intensidad de entrenamiento PET. Por otro lado, algunos estudios no encuentran diferencias entre el modelo de distribución PET y otros modelos. Por ejemplo, Treff et al. (2017) hallaron que el modelo PET no es superior al modelo de distribución PYR. Pérez et al. (2020) encontraron adaptaciones similares en el metabolismo de las grasas y el rendimiento neuromuscular con dos programas de diferente distribución de intensidad (ThET y PET).

No obstante, las observaciones de los atletas de resistencia de clase mundial indican que los rendimientos sobresalientes han ocurrido después de planes de entrenamiento que ponen poco énfasis en la intensidad específica de la competencia (Boullosa et al., 2010). Por ejemplo, con atletas bien entrenados, el entrenamiento cercano al LT_{An} puede ser ineficaz o incluso contraproducente (Esteve-Lanao et al., 2007; Guellich & Seiler, 2010). En este sentido, la razón de un debilitamiento de las adaptaciones del rendimiento físico del entrenamiento en la Z2, en individuos bien entrenados, permanece un misterio científico que necesita más investigación (Hydren & Cohen, 2015).

Ante este panorama de hallazgos tan diversos, se debería confiar más en los estudios de observación e intervención realizados en grupos de atletas de elite de resistencia altamente seleccionados (Boullosa et al., 2010) que en los estudios realizados con pocas semanas de intervención y con deportistas *aficionados o recreativos*, donde el periodo de investigación ha sido muy corto (Auersperger et al., 2020; Filipas et al., 2022; Muñoz et al., 2014b). Aunque, como una paradoja, casi no hay investigaciones disponibles que indaguen sobre el impacto de diferentes modelos de la periodización del entrenamiento a largo plazo para atletas de resistencia (Seiler, 2010).

Entre tanto, una atracción particular se ha incrementado hacia diferentes modelos de distribución de la intensidad desde la aparición del PI, que se basa en el porcentaje, el tiempo o la distancia de entrenamiento en cada una de las tres zonas de intensidad (Treff et al., 2017, 2019). El PI tiene como objetivo distinguir entre un modelo de distribución polarizado y otro modelo no polarizado y a su vez, cuantificar el nivel de un modelo polarizado.

Dicho esto, la cuantificación de la TID, polarizada o no, es ampliamente entendida como un factor importante a medir para un óptimo rendimiento en las pruebas de resistencia en el atletismo, como la marcha. Hasta el momento, no existe un acuerdo con respecto a la

distribución óptima del volumen y la intensidad del entrenamiento entre los deportistas de élite (Seiler, 2010; Stöggl & Sperlich, 2015).

A pesar de más de 30 años de investigación sobre la TID en deportes de resistencia (Boullosa et al., 2010) y aunque, el tema de la TID es ampliamente debatido, pocos estudios en este momento se refieren al deporte del atletismo (Festa et al., 2020) y, no hay conocimiento de estudio alguno sobre la distribución de la intensidad en el entrenamiento de la resistencia, bajo el modelo de distribución no polarizado frente a polarizado, en la prueba de 20 km marcha con deportistas de élite femeninas, para indagar qué características del entrenamiento poseen estos modelos de distribución de la intensidad.

En este punto de análisis, no se trata de definir si existe un modelo mejor que otro. En cambio, se trata de identificar la aplicabilidad de los modelos existentes en diferentes fases de la temporada de entrenamiento y en el contexto de diferentes distancias de carrera (Campos et al., 2021) o en las pruebas de marcha. En virtud de lo mencionado, la pregunta de investigación es la siguiente

¿Cuál es la repercusión del cambio del modelo de distribución de la intensidad de la carga, de un modelo no polarizado al modelo polarizado, sobre indicadores de cuantificación de la carga interna, externa y mixta en diferentes estructuras de la planificación a lo largo de dos temporadas de entrenamiento con una marchadora de nivel Olímpico en la prueba de 20 km?

Objetivos

Objetivo general

Analizar la repercusión en el cambio de modelo de distribución de la intensidad de la carga a lo largo de dos temporadas en una marchadora de nivel Olímpico (20 km), con especial atención al uso de las estructuras de planificación del entrenamiento, y a los principales indicadores de cuantificación de la carga.

Objetivos específicos

1. Describir las estructuras cíclicas de la planificación del entrenamiento respecto a la tipología, frecuencia de uso, la distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad en función de diferentes estructuras y las características generales de la carga (i.e., volumen, intensidad y métodos de entrenamiento) a lo largo de dos temporadas.

2. Determinar los principales indicadores de cuantificación de la carga empleados en diferentes estructuras de la planificación.

3. Analizar la influencia que tienen estructuras de planificación distintas sobre los indicadores de cuantificación de la carga dentro del mismo modelo de distribución de la intensidad y entre estructuras de planificación semejantes, pero de modelos de distribución diferentes.

Hipótesis

H₁: Los principales indicadores de cuantificación de la carga empleados serán el S-RPE, ACWR, VOLU y TMI.

H₂: La influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos.

H₃: La influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de la TID.

H₄: La influencia del tipo de mesociclo ejerce un impacto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función de la TID.

H₅: La influencia del efecto de mesociclos que cumplen con los criterios de la TID ejerce un impacto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga.

CAPÍTULO 2

Metodología

Metodología

Diseño de la investigación y selección de la muestra

La investigación realizada se enmarcó epistemológicamente en el paradigma positivista (Thorpe & Olive, 2019). El diseño fue no experimental o ex-postfacto (Corbetta, 2007) con recolección longitudinal de los datos y contraste de hipótesis en un estudio de caso.

Para poder: 1) analizar los cambios de distribución de las cargas en función del modelo de distribución de la intensidad utilizado, así como: 2) la repercusión de este cambio de modelo de TID en las diferentes estructuras de la planificación, 3) en los indicadores que las monitorizan o 4) las diferencias y similitudes entre los indicadores de monitorización de la carga en marchadoras que realmente representan la élite, se establecieron los siguientes criterios.

Criterios de inclusión

- Deportistas con al menos 10 años de entrenamiento sistemático en la prueba de 20 km marcha en la categoría femenina.
- Deportistas que hayan participado en Juegos Olímpicos, en la prueba de los 20 km marcha, categoría femenina.
- Deportistas que hayan firmado el asentimiento informado para participar en el estudio y que hayan aceptado compartir las variables de control de la carga de entrenamiento con los investigadores.
- Deportistas que hayan mantenido un periodo de entrenamiento sin interrupciones importantes al menos durante un macrociclo completo.

Criterios de exclusión

- No cumplir con alguno de los criterios de inclusión.
- No contar con el consentimiento de los entrenadores y entorno deportivo para ceder los datos solicitados por los investigadores.

Una vez establecidos los criterios anteriores, la población de estudio se ciñó al equipo olímpico femenino colombiano de marcha para los juegos de Rio 2016 y Tokio 2020. Para integrar el equipo olímpico, las atletas deben cumplir con una marca mínima exigida por la WA, que es de 1 hr 31 min 00; de forma que en estas condiciones tenemos tres deportistas de categoría absoluta en la prueba de 20 km marcha.

Tras consultar con las deportistas y su entorno, finalmente el estudio se presenta como un estudio de caso con una atleta de 36 años, adscrita a la Liga de Atletismo de la provincia de Cundinamarca, Colombia. Esta deportista aparecerá nombrada de aquí en adelante bajo el pseudónimo de María Paz para preservar su intimidad.

Consideraciones éticas

La investigación se implementó de acuerdo con el Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (del inglés *World Medical Association* [WMA], 2013), donde a la participante del estudio y a su entrenador se les comunicó en un lenguaje sencillo y comprensivo asuntos relacionados con la investigación, quienes otorgaron su consentimiento informado y compromiso de confidencialidad por escrito para participar en el mismo. La investigación también se orientó con base en la normatividad colombiana, sobre protección de datos personales, Ley Estatutaria 1581 del Congreso de la República (2012) y la Resolución 8430 del Ministerio de Salud de Colombia (1993) que cataloga la investigación como de *riesgo mínimo por tratarse de procedimientos comunes*.

Justificación del nivel de rendimiento: antecedentes deportivos

María Paz logró ser campeona nacional en los años de la categoría juvenil e inició sus participaciones internacionales en campeonatos suramericanos y panamericanos. En la categoría absoluta varias veces ha sido campeona nacional de 20 km marcha, medallista en campeonatos Suramericanos y Juegos Deportivos Centroamericanos y del Caribe, medallista

en el Campeonato Mundial de Marcha por equipos y ha participado en los Juegos Olímpicos de Rio (2016) y Tokio (2020).

A partir de la categoría sub-23 a la deportista se le incrementó el número de competencias fundamentales en el año y las cargas de entrenamiento se aumentaron en volumen, superando los 100 km de promedio semanal. La deportista integra la selección Colombia de marcha desde hace 15 años y cuenta con 22 años de experiencia deportiva.

La progresión en sus marcas personales de los últimos años, en la distancia de 20 km marcha, ha sido desde 1 hr 52 min 42 s, pasando por 1 hr 42 min 20 s y 1 hr 30 min 00 s, que es su mejor marca personal en la prueba.

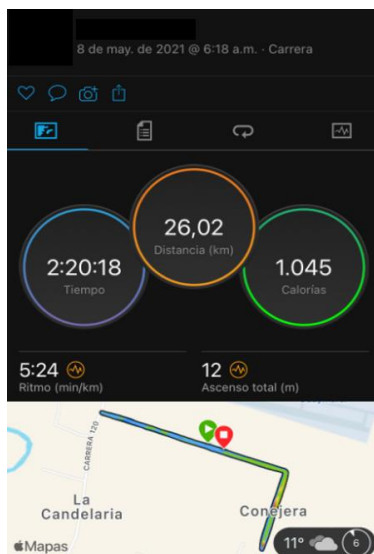
Recolección de los datos del estudio

Para la implementación de la investigación se tuvo en cuenta el entrenamiento que la deportista María Paz realizó durante las temporadas 2018-2019, 2019-2020 y 2020-2021. Sin embargo, como se expone en los párrafos siguientes, solo se validó la información recopilada durante dos temporadas (i.e., 2018-2019 y 2020-2021). Para la recolección de los datos durante la primera temporada (T1), 2018-2019, se programaron reuniones periódicas con el entrenador durante el primer trimestre de 2021; mientras que, la recolección de los datos para la segunda temporada (T2), 2020-2021, se realizó durante el segundo y tercer trimestre de 2021.

Los datos del entrenamiento se consultaron del diario de campo personal del entrenador y de la aplicación de entrenamiento Garmin Connett® (Figura 17), que tiene incluida información de mapa topográfico, distancia de recorrido, calorías totales consumidas, tiempo de entrenamiento, ritmo de carrera (min/km), entre otras variables (<https://connect.garmin.com/>).

Figura 17

Imagen de una sesión de entrenamiento registrada en Garmin Connett®



La T1 (2018-2019) inició el 6 de agosto de 2018 y finalizó el 4 de agosto de 2019. Aunque en ese momento el entrenador no tenía sistematizado los indicadores de control y cuantificación de la carga, su intención era acentuar el entrenamiento en la Z2 de intensidad. Adicionalmente, el entrenador de María Paz dejó abierta la puerta a que este mayor entrenamiento de la zona entre umbrales pudo haber estado relacionado con la lesión que sufrió la deportista en los músculos isquiotibiales de la pierna izquierda, una semana antes de la competencia principal en la T1.

La temporada (2019-2020) inició en el mes de septiembre (2019) con un proceso de recuperación de la lesión que sufrió la deportista en la parte final de la temporada anterior. El proceso de recuperación tomó algunos meses y la deportista comenzó a entrenar oficialmente en el mes de diciembre de 2020.

Durante el siguiente mes de entrenamiento, las sesiones de trabajo que se realizaron fueron de ejercicios generales ejecutados a baja intensidad. Luego, a mediados del mes de marzo de 2020, la pandemia mundial por el virus COVID-19 obligó a la suspensión de la

temporada, al confinamiento y al aislamiento en casa. Esta situación provocó que el proceso de entrenamiento se interrumpiera y que la marchadora no participara en la competencia fundamental que se tenía prevista; motivo por el cual, durante la temporada de entrenamiento 2019-2020 no se controló, ni cuantificó la carga de entrenamiento de la resistencia con la marchadora por considerar que no se realizó ni siquiera un macrociclo de trabajo bien estructurado.

Posteriormente, en medio de la pandemia y ante la incertidumbre de la normalización en las actividades de la vida diaria, solo se pudo volver a entrenar de manera *regular* el 6 de julio de 2020, fecha en que se inició a una nueva temporada de entrenamiento.

La T2 (2020-2021) inició el 6 de julio de 2020 y finalizó el 8 de agosto de 2021. En esta nueva temporada, el entrenador buscó un cambio en el modelo de distribución de la intensidad en el desarrollo de la resistencia para la prueba de 20 km marcha, con el cual venía trabajando. La Tabla 4 contiene la fecha de inicio y finalización de las dos temporadas de entrenamiento con sus correspondientes macrociclos.

Tabla 4

Inicio y finalización de los macrociclos en las dos temporadas

Temporada	T1 (2018-2019)		T2 (2020-2021)	
Macrociclo orden	1	2	3	4
Inicio del macrociclo	Agosto 6, 2018	Abril 1, 2019	Julio 6, 2020	Noviembre 2, 2020
Fin del macrociclo	Marzo 31, 2019	Agosto 4, 2019	Noviembre 1, 2020	Agosto 6, 2021

Nota. T1: temporada 1; T2: temporada 2. No está incluida la temporada de entrenamiento 2019-2020.

Metodología para el cálculo de las zonas de entrenamiento y sus intensidades

La TID, referida a la cuantificación de la intensidad del entrenamiento y su distribución en función de las diferentes zonas bioenergéticas (zonas metabólicas del

entrenamiento), requiere del cálculo previo de los umbrales de los deportistas. A continuación, se detalla la metodología usada para estos cálculos en Maria Paz.

En nuestro caso, las zonas de intensidad para estos indicadores de TID se identificaron tomando como referencia los umbrales fisiológicos propuestos por Kindermann et al. (1979) y las zonas del *modelo trifásico* (Skinner & McLellan, 1980), las cuales se pueden denominar: zona de baja intensidad o por debajo del primer umbral ($Z1$), zona de mediana intensidad o entre umbrales ($Z2$) y zona de alta intensidad o por encima del segundo umbral hasta el $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ ($Z3$) (Stöggl, 2018; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2017, 2019; Seiler, 2010).

En el caso de este estudio, las *tres zonas de intensidad* se determinaron atendiendo a los valores de lactato sanguíneo obtenidos de la prueba incremental discontinua, con etapas de cuatro minutos y las frecuencias cardíacas de trabajo (FC_T) asociadas a cada punto de cambio mediante el monitor de ritmo cardíaco (Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finland). Estas determinaciones se usaron tanto pruebas incrementales en laboratorio como para pruebas de campo. A nivel de laboratorio, las pruebas de marcha se realizaron en una cinta rodante de 1.75×0.8 m (Life Fitness® 4000 (Illinois, Estados Unidos) con registro de la frecuencia cardíaca (Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finlandia) y evaluación del $\dot{V}O_2$ de forma continua, junto a diferentes tomas de lactato.

El lactato sanguíneo es un metabolito intermediario en la vía glucolítica que permite al piruvato atravesar la membrana y seguir su oxidación por la vía mitocondrial, proporcionando energía adicional (Goodwin et al., 2007) e información sobre el cambio de zona metabólica del deportista. Por ello, se consideró idóneo evaluar el comportamiento conjunto de ambas variables, aunque Maria Paz determinó sus zonas a partir del lactato.

Para determinar el LT_{Aer} se definió como la velocidad en la etapa anterior a la etapa para la que hubo un aumento de bLa de $\geq 0.4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Bishop et al., 1998b; Jamnick et al., 2018; Wahl et al., 2018). Para determinar LT_{An} , este se definió como la velocidad en la etapa

anterior a la etapa para la que hubo un aumento de bLa de $\geq 1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Beneke, 2003; Fletcher et al., 2009; Svedahl & MacIntosh, 2003).

Atendiendo a las recomendaciones del servicio médico del laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Ministerio del Deporte de Colombia, se utilizó un protocolo de marcha modificado del propuesto por Drake et al. (2003) y Drake y James (2011). Esta prueba de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ es un test incremental discontinuo con etapas de cuatro minutos en una cinta rodante con un gradiente de inclinación del 1% (Drake et al., 2003; Drake & James, 2011; Yoshida et al., 1989, 1990). La velocidad inicial es de $2.0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ por debajo de la velocidad actual de marcha en la distancia de 10 km y en cada etapa se aumenta la velocidad en $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (Drake et al., 2003; Drake & James, 2011), manteniendo siempre la marcha como desplazamiento. El descanso entre etapas no es mayor a un minuto y se realiza deteniendo la marcha de la deportista mientras se toma la muestra de sangre capilar del lóbulo de la oreja, para conocer los valores de lactato con el analizador portátil Lactate Plus® (Hawthorne, Nueva York, Estados Unidos).

Según la modificación del protocolo de Drake et al. (2003), cuando el lactato en sangre supera los $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, se aumenta la velocidad en $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, cada 60 segundos, hasta la fatiga volitiva en busca del $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$. En esta parte de la prueba ya no hay descanso entre cada aumento de velocidad y se toma una muestra de sangre capilar adicional solo una vez la prueba ha concluido.

El $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ se midió mediante calorimetría indirecta de circuito abierto con una cámara de mezcla (Oxycon Pro; Jaeger Instrument, Hoechberg, Alemania), el cual es un sistema muy preciso para medir el $\dot{V}O_2$ (Foss & Hallén, 2005). El instrumento se calibra de acuerdo con el manual de instrucciones antes de cada prueba (Manual de instrucciones de Oxycon ver. 4.5, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Alemania).

Durante los últimos 60 segundos de cada etapa se registró el aire espirado para establecer el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Se consideró alcanzado este parámetro si la prueba incremental lograba tres de los siguientes criterios: 1) una meseta en la absorción de oxígeno con aumento en la velocidad o diferencia en la captación de oxígeno $\leq 150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$; 2) el nivel respiratorio más alto de intercambio con una relación ≥ 1.10 ; 3) concentración de bLa superior a $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; 4) la frecuencia cardíaca más alta dentro de $\pm 10 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$ de la frecuencia cardíaca máxima predicha por la edad ($220 - \text{edad}$); 5) percepción máxima de esfuerzo con calificación mayor de 18 (escala de 6-20) en la escala de esfuerzo percibido de Borg (Howley et al., 1995; Machado et al., 2012; Meyer et al., 2005; Midgley et al., 2007; Scharhag-Rosenberger et al., 2011). La prueba se realizó una única vez en el año a la misma hora del día (mañana), bajo la orientación de un médico en medicina deportiva y en el Laboratorio de Fisiología del Deporte del Centro de Ciencias del Deporte (Ministerio del Deporte).

En apoyo de estas zonas y buscando una mayor especificidad y calidad informativa de los datos, se realizaron varios test de campo en una pista atlética estándar de carreras (WA, 2021, regla 14.1), siguiendo el mismo protocolo. Dada la dificultad y coste económico del uso repetido del lactato en los entrenamientos, los entrenadores establecieron las zonas de entrenamiento para el día a día a partir de las frecuencias cardíacas que marcan los puntos de corte en los test descritos, por lo que LT_{Aer} se referirá a la FC de la deportista en el primer umbral, y LT_{An} hará referencia a su FC en el umbral anaeróbico o segundo umbral. A partir de estos puntos (LT_{Aer} y LT_{An}) se calculó la TID tanto de forma absoluta (tiempo total en min) como en proporción de tiempo gastado en cada zona de entrenamiento (%Z).

Variables e instrumentos de medida del estudio

Definición de las variables e instrumentos de control de la carga interna

En la presente sección se describe cómo se obtuvieron las variables de estudio y los instrumentos que se utilizaron para registrar la información de cada una de ellas.

Indicadores sobre la frecuencia cardíaca. En todos los casos, la FC se registró mediante el monitor de ritmo cardíaco (Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finland). Los indicadores que siguen se consideraron de forma aislada o como promedio de las sesiones.

Frecuencia cardíaca basal (FC_B). La FC_B corresponde al menor valor del "débito cardíaco en reposo" (Billat, 2002, p. 66) y se registró de forma periódica al final de un mesociclo, en el último microciclo del mismo. Para esto, se tuvo en cuenta el valor más bajo registrado de la frecuencia cardíaca durante dos días diferentes, inmediatamente se despertaba la deportista. Los registros de la FC_B se encuentran consignados en el Apéndice C. El valor se tomó directamente del monitor de ritmo cardíaco (Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finland) durante 15 s.

Frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}). La FC_{máx} es el valor más alto registrado durante un test incremental hasta el agotamiento volitivo (Tanaka et al., 2001). La FC_{máx} se registró cada vez que la deportista realiza una prueba de esfuerzo en el laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Ministerio del Deporte de Colombia, que se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá. La prueba se realizó por la mañana, para evitar la influencia del ritmo circadiano (Filipas et al., 2022) y bajo la orientación de un profesional especialista en medicina deportiva en el laboratorio. El grupo de investigadores y evaluadores siempre animaron a la deportista a dar el máximo esfuerzo durante la prueba. El valor de la FC_{máx} se registró directamente del monitor de ritmo cardíaco (Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finland). También, la FC_{máx} se registró cada vez que la deportista realizó una prueba de 2,000 m marcha a contra reloj en una evaluación de campo realizada directamente en la pista atlética estándar de carreras (WA, 2021, regla 14.1).

Frecuencia cardíaca de trabajo (FC_T). La FC_T se considera un seguimiento a la intensidad del ejercicio en entrenamiento con atletas de resistencia (Karvonen & Vuorimaa,

1988). Para el registro de la FC_T se tuvo en cuenta la frecuencia cardíaca promedio obtenida de todos los ejercicios realizados en la parte principal de la sesión de entrenamiento. La deportista llevaba una banda pectoral de frecuencia cardíaca y un reloj de pulsera (Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finlandia) para todas las sesiones de entrenamiento.

Si en un día de entrenamiento se realizaron dos sesiones diferentes de trabajo, la FC se calculó de manera independiente para cada una de las sesiones para luego obtener un promedio. Entre tanto, la FC_T también se calculó registrando el promedio de las sesiones semanalmente en el microciclo registrando el promedio de todas las sesiones.

Cuando se hacen ejercicios de repeticiones, series o intervalos, se tuvo en cuenta solo la FC_T sumando y obteniendo el promedio de la misma en cada repetición, intervalo o serie; es decir, no se tuvo en cuenta la frecuencia cardíaca manifestada en los periodos de descanso o recuperación entre los mismos, para que no tergiversase el esfuerzo realizado y el perfil de lactato en sangre de la sesión (Seiler, 2010) en caso de que se registrase.

Proporción de reserva de la frecuencia cardíaca (RFC). Como ya se ha señalado en la introducción, la RFC es una carga relativa o proporcional de trabajo en comparación con la máxima carga (Tran et al., 2015; Karvonen & Vuorimaa, 1988; Wallace et al. 2014). Esta variable fue calculada registrando semanalmente el promedio de todas las sesiones.

Tasa de esfuerzo percibido de sesión (S-RPE). La S-RPE se registró en todas las sesiones de entrenamiento dentro de los 30 min siguientes de finalizada la misma. Así, se mostró la escala a la marchadora y ella respondía a la siguiente pregunta: ¿Cómo fue tu sesión de entrenamiento hoy? La escala de calificación del esfuerzo es de 0 a 10, pudiéndose dar valores en 0.5 puntos (Foster et al., 2001; Manzi et al., 2015; Seiler & Kjerland, 2006). La tasa de esfuerzo percibido de sesión también se calculó en el microciclo o semana de entrenamiento promediando los valores de la S-RPE en todas las sesiones.

En la Tabla 5 se presenta una definición operacional de cada variable, la unidad de medida o dimensiones en que se manifiesta la variable y el método de medición que se aplicó para evaluarla.

Tabla 5

Variables dependientes de control de la carga interna

Variable	Medida o dimensiones	Método de medición
Frecuencia cardíaca basal (FC_B).	Latidos $\cdot \text{min}^{-1}$	Monitor de ritmo cardíaco
Frecuencia cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$).	Latidos $\cdot \text{min}^{-1}$	(Polar® M400; Polar Electro Inc, Kempele, Finland
Frecuencia cardíaca de trabajo (FC_T).	Latidos $\cdot \text{min}^{-1}$	
Proporción de reserva de la frecuencia cardíaca (RFC).	Valores.	Tran et al. (2015), Karvonen y Vuorimaa (1988).
Consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$).	$\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.	Fletcher et al. (2009)
Lactato sanguíneo (bLa).	$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.	Fletcher et al. (2009), Wahl et al. (2018).
Tasa de esfuerzo percibido de sesión (S-RPE).	Valores.	Foster et al. (2001).

Definición de las variables e instrumentos de control de la carga externa

A continuación, se describe cómo se obtuvieron las variables de control de la carga externa y los instrumentos que se utilizaron para registrar la información de cada una de ellas.

Volumen de trabajo (VOLUME). El volumen de trabajo (*del inglés Volume, VOLUME*) se pudo determinar por la distancia de los tramos, repeticiones y series o por la duración del ejercicio (Martin et al., 2001). Para cuantificar la variable se consideró el tiempo de trabajo (min) invertido en realizar los ejercicios de la parte central de la sesión de entrenamiento. Para esto, se incluyó la suma del tiempo de los descansos entre series y repeticiones de los ejercicios de todas las sesiones de entrenamiento. El volumen de entrenamiento se calculó en el microciclo o semana y para el cálculo del volumen en mesociclos, macrociclos o la temporada, se consideró el tiempo de trabajo (min) de cada sesión de entrenamiento ponderado en el mismo lapso.

Volumen de trabajo en la sesión por zonas de intensidad. El volumen de entrenamiento (min) en las tres zonas de intensidad (i.e., Z1, Z2 y Z3) se calculó en todas las sesiones de trabajo durante las T1 y T2, con base en el método de registro *tiempo en zona* descrito por Sylta et al. (2014b) y Filipas et al. (2022). Este método consiste en registrar continuamente la FC durante las sesiones y dividir en puntos de corte las zonas de FC para asignar el tiempo de trabajo en las zonas previamente establecidas. Los puntos de corte están consignados en el Apéndice D. Para cuantificar la variable, en cada una de las zonas, se consideró el tiempo de trabajo (min) de la misma manera en que se calculó en la anterior variable VOLU.

Definición de las variables e instrumentos de control de la carga de naturaleza mixta

Control de la dinámica de la carga (TRIMP_{B&C}; TRIMP_{MOR}). El TRIMP se calculó a partir de la cuantificación del entrenamiento basado en la proporción de reserva de la frecuencia cardíaca durante ejercicio (Karvonen et al., 1957; Karvonen & Vuorimaa, 1998), combinado con la duración de este. Para hallar la dinámica de la carga de Banister y Calvert (TRIMP_{B&C}) se aplicó la Ecuación 8 y para hallar la dinámica de la carga de Morton (TRIMP_{MOR}) se aplicó la Ecuación 10. El valor del TRIMP de cada microciclo de entrenamiento se calculó a partir de la suma las sesiones de trabajo.

Carga de entrenamiento percibida (TL_{RPE}). La TL_{RPE} se obtiene a partir del valor de S-RPE multiplicado por la duración del entrenamiento en minutos (Foster, 1998; Foster et al., 2001; Haddad et al., 2017) y se registra en cada sesión de entrenamiento. Foster (1995, 1998) aclara que, para el cálculo de la duración del entrenamiento (min) se puede tener en cuenta o no la duración entera de la sesión de entrenamiento, incluyendo el calentamiento, la vuelta a la calma y los intervalos de recuperación entre series o repeticiones. Para esta investigación, en el cálculo de la TL_{RPE} se excluyó la duración del calentamiento y de la

vuelta a la calma (enfriamiento), como se ha hecho en otros estudios (Manzi et al., 2010; Sansone et al., 2018).

Índice de monotonía en el entrenamiento (TMI). El TMI evaluó la monotonía; aunque se considera también como una medida de la variabilidad del entrenamiento del día a día (Foster, 1998; Haddad et al., 2017). Este índice se obtuvo de dividir el valor de la media de la TL_{RPE} entre la desviación estándar de la TL_{RPE} en un mismo periodo de tiempo (Blanch & Gabbett, 2015; Gabbett, 2016), que normalmente es un microciclo (semana) de trabajo.

Estrés de la carga (TS). El TS reflejó el estrés general exigido al atleta durante un microciclo de trabajo, en el período de una semana (Foster, 1998), producto de la suma del TL_{RPE} , entrenamiento semanal, multiplicado por el TMI (Foster, 1998).

Carga aguda del entrenamiento (ATL). La ATL se definió como la carga de entrenamiento de una semana (Lolli et al., 2019; Windt & Gabbett, 2019). La ATL es la suma de la TL_{RPE} realizada en ese mismo periodo de tiempo (Hulin et al., 2015), que en este caso es un microciclo.

Carga crónica del entrenamiento (CTL). La CTL representó el promedio de carga entre las tres y seis semanas más recientes de entrenamiento (Blanch & Gabbett, 2015; Gabbett, 2016) o un mesociclo de trabajo. La CTL se calculó de manera desacoplada (i.e., los valores de la semana más reciente, correspondiente a la ATL, no fueron incluidos en el cálculo durante la Temporada 1 (T1) y la Temporada 2 (T2), tal y como se aplicó en otros estudios (Nobari et al., 2022b; Nobari et al., 2020a; Windt & Gabbett, 2019). Lo anterior es equivalente a calcular el promedio móvil de ATL excluyendo a la última semana o microciclo actual, como lo ilustra la Ecuación 16 para un microciclo particular n , que es el microciclo más reciente.

$$CTL = (W_{n-1} + W_{n-2} + W_{n-3}) \cdot (1/3) \quad (16)$$

Donde CTL es carga crónica del entrenamiento del microciclo n , W_{n-1} es el ATL del microciclo $n-1$ (semana anterior), W_{n-2} es el ATL del microciclo $n-2$ y W_{n-3} es el ATL del microciclo $n-3$. Usamos W por el término semana (del inglés *Week*).

Índice de carga aguda-crónica. El índice ACWR se conceptúa como el equilibrio entrenamiento-estrés (Blanch & Gabbett, 2015) y se calculó de la división de la ATL (último microciclo) entre la CTL (Gabbett, 2016). Esto es equivalente a aplicar la ecuación desacoplada propuesta en otros estudios (Andrade et al., 2020; Lolli et al., 2019; Windt & Gabbett, 2019) y que se ha aplicado en diferentes poblaciones (Nobari et al., 2020a, 2022b). La Ecuación 17 contiene la información.

$$ACWR = ATL / CTL = ATL / ((W_{n-1} + W_{n-2} + W_{n-3}) \cdot (1/3)) \quad (17)$$

En la Tabla 6 se presentan las variables de control de la carga externa y de naturaleza mixta, la unidad de medida o dimensiones en que se manifiesta la variable y el método de medición que se aplicó para evaluarla.

Tabla 6*Variables dependientes de control de la carga externa y de naturaleza mixta*

Variable	Medida o dimensiones	Método de medición
Volumen de trabajo en la sesión (VOLU):	Minutos.	Martin et al. (2001).
Volumen de trabajo en la sesión por zonas de intensidad (Volumen Z1, Volumen Z2 y Volumen Z3).	Minutos o valores.	Sylta et al. (2014b)
Distribución de la intensidad del entrenamiento (TID) en porcentaje.	Z1%, Z2% y Z3% o proporción-sin unidades para HVT, PYR, ThET, PET, HIIT, PIV, PTU.	(Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2019).
Control de la dinámica de la carga de Banister & Calvert (1980) (TRIMP _{B&C}) y de Morton et al. (1990) (TRIMP _{MOR}).	Valores.	Banister & Calvert (1980) y Morton et al. (1990).
Carga de entrenamiento percibida (TL _{RPE}).	Valores.	Foster (1998) y Foster et al. (2001).
Índice de monotonía en el entrenamiento (TMI).	Valores.	Foster (1998).
Estrés de la carga (TS).	Valores.	Foster (1998).
Carga aguda del entrenamiento (ATL).	Valores.	Hulin et al. (2015).
Carga crónica del entrenamiento (CTL).	Valores.	(Nobari et al., 2022a; Nobari et al., 2020b).
Índice de carga aguda-crónica (ACWR).	Valores.	(Nobari et al., 2022a; Nobari et al., 2020b).

Nota. HVT: modelo de distribución alto volumen (del inglés *High Volume Training*); PYR: modelo de distribución piramidal (del inglés *Pyramidal*); ThET: modelo de distribución entre umbrales (del inglés *Threshold Endurance Training*); PET: modelo de distribución polarizado (del inglés *Polarized Endurance Training*); HIIT: modelo de distribución intervalos de alta intensidad (del inglés *High Intensity Interval Training*); PIV: modelo de distribución pirámide invertida; PTU: modelo de distribución pirámide truncada.

Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Los valores de la carga de entrenamiento de las sesiones se recopilaban en una hoja de cálculo de Excel para Windows de Microsoft® Office (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) para cribarlos y verificar si las sesiones de entrenamiento contenían información o no en las siguientes variables o indicadores de control de la carga: volumen de trabajo (VOLU), carga

de entrenamiento percibida (TL_{RPE}) y frecuencia cardíaca de trabajo (FC_T). Luego de cribar la información, se obtuvieron los registros definitivos de entrenamiento para procesar y analizar durante la T1 (2018-2019) y la T2 (2020-2021) de entrenamiento.

Posteriormente, los registros definitivos de las variables mencionadas se emplearon para calcular las variables de naturaleza mixta y se llevó a cabo el procesamiento y análisis de la información utilizando el lenguaje y entorno de programación R versión 4.1.1 (R Core Team, 2021). Se calcularon estadísticos descriptivos de tablas de frecuencia, media $\pm$ desviación estándar ($M \pm DE$) o la mediana y se calculó el intervalo de confianza (IC) del 95% para el resultado en las variables estudiadas.

Como el presente estudio es una investigación de un solo sujeto, se estableció el asunto de la *dependencia serial* en el análisis estadístico (Kinugasa et al., 2004), esto es debido a que los errores residuales de medida asociados con los datos en un punto pueden predecir errores en otros puntos en las series que siguen. La dependencia serial se evaluó examinando el *nivel de autocorrelación* en las series de datos para cada *indicador de cuantificación de la carga* (i.e., variable) con el coeficiente de Pearson.

La prueba *t* de Student para medidas independientes se utilizó para establecer la diferencia inicial en la carga de entrenamiento realizada en la T1 (2018-2019) frente a la T2 (2020-2021), medida con el indicador de cuantificación de la carga VOLU. En este caso, el tamaño del efecto se calculó usando el coeficiente de correlación (*r*). Los valores de *r* se interpretaron de la siguiente manera: .10 efecto pequeño; .30 efecto mediano; .50 efecto grande (Cohen, 1992).

Para analizar la *influencia del efecto de la temporada sobre los indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos o considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID*, primero se evaluó la autocorrelación en las series de datos para cada indicador. Luego, a los indicadores que presentaron criterio de independencia

(i.e., no autocorrelacionados) se les aplicó la prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnov, en dependencia del tamaño de los datos, para establecer la normalidad de la distribución. Enseguida, a los indicadores que presentaron normalidad en la distribución de los datos, se les verificó el supuesto de homogeneidad de las varianzas con la prueba F .

A los indicadores que cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se les aplicó estadísticos paramétricos (i.e., prueba t de medidas independientes). Por otro lado, a los indicadores que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se les aplicó la prueba U de Mann-Whitney.

A los indicadores de cuantificación de la carga que presentaron autocorrelación, se les aplicó el análisis de series de tiempo interrumpida (STI) para buscar cambios en el nivel del valor del indicador entre la T1 y la T2, y/o en la tendencia del indicador en la misma temporada (Kinugasa et al., 2004).

De otro lado, para analizar las *diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la temporada o considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID*, primero se evaluó la autocorrelación en las series de datos para cada indicador.

Luego, a los indicadores que presentaron criterio de independencia (i.e., no autocorrelacionados), se les aplicó la prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnov, en dependencia del tamaño de los datos, para establecer la normalidad de la distribución. Enseguida, a los indicadores que presentaron normalidad en la distribución de los datos, se les verificó el supuesto de homogeneidad de las varianzas con la prueba de Bartlett.

A los indicadores que cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se les aplicó estadísticos paramétricos (i.e., prueba Anova). La prueba de post hoc de Tukey se aplicó para las variables que presentaron homocedasticidad y la prueba de post hoc de Games-Howell se aplicó para las variables que presentaron heterocedasticidad.

A los indicadores de cuantificación de la carga que no cumplieron con el supuesto de normalidad se les aplicó el estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis y enseguida, se aplicó la prueba post hoc de Dunn para los indicadores que presentaron significancia en las diferencias.

A los indicadores de cuantificación de la carga que presentaron autocorrelación, se les aplicó el análisis de series de tiempo interrumpida (STI) para buscar cambios en el nivel del valor de la variable entre los mesociclos de la misma temporada y/o en la tendencia del indicador en la misma temporada (Kinugasa et al., 2004). Finalmente, el nivel de significancia estadística se adoptó como valor $p \leq .05$. En el Apéndice E está la información en dónde encontrar los resultados detallados de los análisis mencionados en el presente apartado.

CAPÍTULO 3

Resultados y Discusión

Resultados y Discusión

Con el propósito de analizar la repercusión del cambio de modelo de distribución de la intensidad de la carga en una marchadora de nivel Olímpico (20 km), con especial atención al uso de las estructuras de planificación del entrenamiento y a los principales indicadores de cuantificación de la carga, se evaluó a la deportista María Paz, durante las temporadas de entrenamiento 2018-2019 (T1) y 2020-2021 (T2). Como principales descriptivos de caracterización de María Paz en estos años, tenemos a una marchadora de 36 años, estatura 160 cm, masa corporal de 46 kg, índice de masa corporal de 17.9 kg/m^2 , porcentaje de grasa de 11%, $FC_{\text{máx}}$: 193 p/min y $\dot{V}O_{2\text{máx}}$: $55 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$.

A continuación, se describen las estructuras cíclicas de la planificación del entrenamiento, la distribución de la carga por zonas de intensidad y las características generales que la deportista realizó a lo largo de las dos temporadas.

Estructuras de la planificación del entrenamiento

El proceso de entrenamiento que se implementó en la T1 y T2, con la deportista María Paz, se organizó con estructuras denominadas como ciclos de entrenamiento. Las estructuras cíclicas de entrenamiento se denominaron de la misma manera para la T1 y T2, puesto que el entrenador de María Paz las concibió, planificó y ejecutó de la misma forma para las dos temporadas. El único cambio que el entrenador realizó entre temporadas fue el cambio en la proporción del tiempo de trabajo de la distribución de la intensidad entre las tres zonas de entrenamiento.

A modo de resumen, la planificación realizada en la T1 y T2 estuvo integrada por: 4 macrociclos, 33 mesociclos de trabajo, 109 microciclos y 812 sesiones de entrenamiento. Desde el punto de vista de un ciclo anual, la temporada de entrenamiento se enfocó normalmente en un pico de rendimiento en las pruebas de marcha (Brodáni et al., 2015);

donde, en la T1 se orientó el rendimiento hacia los Juegos Deportivos Panamericanos celebrados en Lima y para la T2 se encauzó en los Juegos Olímpicos de Tokio.

En la T1, a partir de 395 sesiones de entrenamiento, se estructuraron 2 macrociclos; uno de duración larga (T1_L) y otro de duración corta (T1_C). En el macrociclo T1_L se integraron 11 mesociclos y 33 microciclos. En el macrociclo T1_C se incorporaron 5 mesociclos y 18 microciclos.

Durante la T2, a partir de 417 sesiones de entrenamiento, se estructuraron 2 macrociclos, uno de duración corta (T2_C) y otro de duración larga (T2_L), en orden inverso a la otra temporada estudiada. En el macrociclo T2_C se integraron 5 mesociclos y 17 microciclos. En el macrociclo de trabajo T2_L se incorporaron 12 mesociclos y 40 microciclos.

Los mesociclos fueron estructuras de ciclos medios que incluyeron varios microciclos (Forteza, 2009) y normalmente tuvieron una duración de tres semanas, a excepción de un par de ellos cuya duración fue de cuatro microciclos. Los mesociclos representaron etapas relativamente acabadas, en cuanto al cumplimiento de objetivos, dentro del proceso del proceso global de preparación y tuvieron como finalidad el desarrollo de una capacidad física (García et al., 1996).

Los mesociclos que se aplicaron en la presente investigación, de acuerdo con su estructura interna, se identificaron como: mesociclo introductorio, mesociclo de carga, mesociclo de potencia, mesociclo de competencia y mesociclo de tránsito. Aún siendo cinco diferentes estructuras, la dinámica de la carga arrojó en todos ellos una relación de trabajo:descanso 2:1; donde, por cada dos microciclos de desarrollo se realizó un microciclo de recuperación. Por esto, a modo de aclaración terminológica sobre las estructuras cíclicas de la planificación del entrenamiento, enseguida se menciona la designación a cada una en los mesociclos. En la Tabla 7 se discrimina la información de cada macrociclo de entrenamiento y sus correspondientes mesociclos y microciclos de trabajo.

Tabla 7*Distribución de mesociclos y microciclos en las temporadas de entrenamiento*

Temporada Macrociclos	(T1) 2018-2019				(T2) 2020-2021			
		T1 _L	T1 _C		T2 _C	T2 _L		
	Inicio	Agosto 6, 2018	Abril 1, 2019		Julio 6, 2020	Noviembre 2, 2020		
	Fin	Marzo 31, 2019	Agosto 4, 2019		Noviembre 1, 2020	Agosto 6, 2021		
Mesociclos		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>
Introdutorio		1	6.25	-	-	1	5.88	-
Carga		6	37.5	2	12.50	2	11.76	7
Potencia		3	18.75	1	6.25	-	-	3
Competitivo		1	6.25	2	12.50	1	5.88	2
Tránsito		-	-	-	-	1	5.88	-
Total mesociclos		11	68.75	5	31.25	5	29.41	12
Microciclos								
Ajuste		-	-	1	1.92	4	7.01	-
Desarrollo		20	38.46	9	17.30	7	12.28	24
Recuperación		11	21.15	3	5.76	4	7.01	12
Competitivo		1	1.92	-	-	1	1.75	2
Taper		2	3.84	4	7.69	-	-	2
Tránsito		-	-	1	1.92	1	1.75	-
Total microciclos		34	65.38	18	34.61	17	29.82	40

Nota. T1: temporada 1; T2: temporada 2. T1_L: temporada 1, macrociclo largo; T1_C: temporada 1, macrociclo corto; T2_C: temporada 2, macrociclo corto; T2_L: temporada 2, macrociclo largo.

Mesociclo introductorio

Es el tipo de mesociclo inicial de cualquier proceso de entrenamiento y se implementó al inicio de la T1 y T2. El nivel general de intensidad de las cargas en este mesociclo fue más bajo que en los mesociclos principales de la preparación (Forteza, 2009), debido a que predominó un elevado volumen de ejercicios de preparación general. Los mesociclos introductorios se utilizaron solo al inicio de cada temporada de entrenamiento.

Mesociclo de carga

Estos mesociclos contenían las cargas fundamentales de entrenamiento durante cada temporada y estuvieron presentes en diversos momentos de la preparación. La dinámica de la carga de entrenamiento buscada en estos mesociclos se apoyó en una alternancia del volumen y la intensidad a partir de la citada propuesta de ratio trabajo:descanso 2:1. Así en los

microciclos de desarrollo, de los mesociclos de carga, se realizaron 2, 3 ó más sesiones de trabajo en intensidad Z1 y Z2. Por su contenido predominante, el trabajo en estos mesociclos se dirigió al desarrollo de la capacidad aeróbica (trabajo de LT_{An}) durante la T1 y T2.

Entre tanto, en el microciclo de recuperación se realizaron 1 ó 2 sesiones de trabajo con el objetivo de desarrollar la potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x.}$), de forma que el volumen disminuyó y se aumentó la intensidad, con respecto a los anteriores microciclos de desarrollo.

Mesociclo de potencia

En los mesociclos de potencia, la dinámica de la carga de entrenamiento se dirigió al desarrollo de la potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x.}$). En los microciclos de desarrollo (i.e., microciclo 1 y 2 del ciclaje 2:1) se realizaron 1, 2 ó 3 sesiones de trabajo en intensidad de Z3 y en el microciclo de recuperación (i.e., microciclo 3) se realizaron 1 ó 2 sesiones de trabajo con el objetivo de desarrollar la potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x.}$); con esta dinámica, durante la tercera semana del mesociclo de potencia, el volumen disminuyó y la intensidad se mantuvo con respecto a los anteriores microciclos.

Mesociclo de competencia

Este tipo de mesociclo fue el tipo principal de ciclos medios de entrenamiento en el momento de las competencias. En estos mesociclos no hubo exigencias en cuanto al número de competencias (Forteza, 2009), por lo que en las T1 y T2 se participó en tres competencias en cada una. En el Apéndice F se puede consultar el calendario de competiciones.

Mesociclo de tránsito

En este tipo de mesociclo, la recuperación activa o pasiva se asumió como inevitable y se manifestó un retroceso en el rendimiento (Martin et al., 2001). La duración de estos mesociclos fue de 2 a 4 semanas en promedio (Bompa & Haff, 2009; Martin et al., 2001), donde todos los factores de la carga debieron ser reducidos y el componente central del

entrenamiento se enfocó en un trabajo general. El mesociclo de tránsito se realizó una vez, al final del macrociclo T2_C e inicio del macrociclo T2_L.

Por su parte, las estructuras cíclicas de los microciclos se entendieron como una "serie de sesiones de entrenamiento, organizadas de forma racional en un corto periodo de tiempo" (García et al., 1996, p. 49) y se consideraron como "la herramienta más importante de planificación en el proceso de entrenamiento" (Bompa & Haff, 2009, p. 203). La Tabla 7 (p. 87) muestra la distribución de todos los 109 microciclos analizados; donde, la característica fundamental que presentan es que la estructura de la carga cambió dentro de su duración, que por lo general se refiere "al periodo de una semana" (Martin et al., 2001, p. 296).

Las estructuras de los microciclos que se emplearon en la investigación fueron los microciclos de ajuste, microciclos de desarrollo, microciclos de recuperación, microciclos competitivo y microciclos taper. A continuación, se describen los tipos de microciclos utilizados en el entrenamiento de las T1 y T2.

Microciclos de ajuste

Estos microciclos se organizaron con bajos niveles de carga con el objetivo de preparar el organismo de la deportista para un posterior entrenamiento más intenso (García et al., 1996). Los microciclos de ajuste se realizaron al inicio del macrociclo T1_C y T2_C.

Microciclos de desarrollo

En los microciclos de desarrollo se emplearon cargas medias con el objetivo de incrementar el nivel de adaptación (Bompa & Haff, 2009). Así mismo, los microciclos de desarrollo aplicaron cargas mayores cuando correspondieron al segundo microciclo de un mesociclo. Cuando el microciclo de desarrollo perteneció a un mesociclo de carga, se trabajó más volumen buscando el desarrollo de la capacidad aeróbica en Z1 y Z2 de intensidad principalmente. De otro lado, cuando el microciclo de desarrollo perteneció a un mesociclo de

potencia, el objetivo principal fue estimular la potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) con cargas en Z3 de intensidad y *volumen medio*.

Microciclo de recuperación

El microciclo de esta denominación se caracterizó por una disminución en la demanda del entrenamiento, que se pudo obtener por una reducción de la intensidad del entrenamiento, el volumen o la disminución simultánea en los dos componentes (Bompa & Haff, 2009). Una característica importante de los microciclos de recuperación fue disminuir el volumen de trabajo; mientras que, la intensidad de estos se mantuvo en los mesociclos de potencia o incluso se aumentó la intensidad en los microciclos que pertenecieron a los mesociclos de carga. Debido a lo anterior, el acento de trabajo en el microciclo de recuperación siempre se dirigió con el objetivo de desarrollar o mantener la potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$), independientemente de si el microciclo de recuperación pertenecía a un mesociclo de carga o de potencia.

Microciclo taper

Este tipo de microciclos se implementaron durante la semana previa a una competencia y durante la semana misma de la competencia. La característica principal de los microciclos taper o de afinamiento fue la búsqueda de "disipar la fatiga y elevar el rendimiento" (Bompa & Haff, 2009, p. 215), acelerar los procesos de restablecimiento del glucógeno muscular (Campos et al., 2021), mejorar los niveles de fuerza muscular y potencia o incrementar la actividad enzimática oxidativa (Mujika, 2009; Mujika & Padilla, 2003). Para esto, se redujo el volumen de entrenamiento durante los dos últimos microciclos antes de la competencia, entre un 40% y un 60%, con respecto a los microciclos precedentes, para buscar respuestas fisiológicas que permitieran que la supercompensación ocurriera (Mujika, 2009).

Microciclo competitivo

Este microciclo integró en su organización una competencia preparatoria y a pesar de esto, no se caracterizó por una reducción drástica de la carga de entrenamiento, debido a los requerimientos fisiológicos de la marcha de ser un evento con alto componente de desarrollo de la resistencia aeróbica.

Distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad

Para identificar las zonas de intensidad y determinar su distribución, en función de las diferentes estructuras de la planificación, se calculó la TID en todas las sesiones de entrenamiento a partir de las tres zonas conocidas (Z1, Z2 y Z3). El cálculo de la TID se realizó con base en el tiempo de entrenamiento del indicador VOLU (min) y para esto, se aplicó el método de registro *tiempo en zona* (Filipas et al., 2022; Sylta et al., 2014b) que ya fue explicado en el apartado de la metodología (p. 76).

De acuerdo con Sylta et al. (2014a) hay tres métodos para cuantificar la TID. Uno es *tiempo en zona*, donde la FC se registra continuamente durante la sesión de entrenamiento y se divide en cortes de zona de FC para asignar el tiempo exacto para las tres zonas de intensidad. El segundo método es el objetivo de la sesión y el tercer método es una combinación de los dos anteriores, que se denomina enfoque modificado de objetivo de la sesión.

De igual manera, para la identificación de la TID bajo el modelo PET se emplea el PI propuesto por Treff et al. (2017, 2019), debido a que, se ha incrementado una atracción particular hacia diferentes modelos de distribución de la intensidad desde la aparición del PI, el cual se basa en el porcentaje de tiempo o la distancia de entrenamiento en cada una de las tres zonas de intensidad para cuantificar la TID (Treff et al., 2017, 2019).

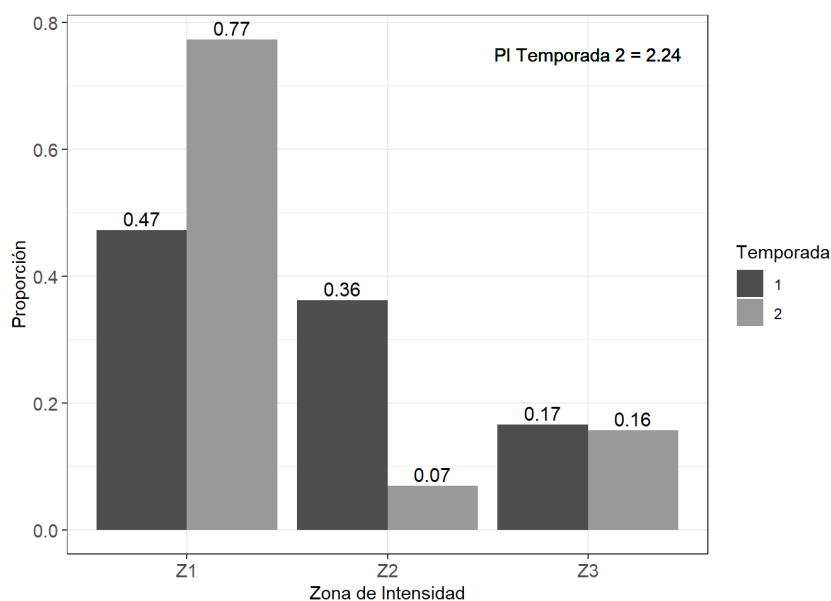
En la Figura 18 se incluyó la distribución de la intensidad en el entrenamiento a partir de los cálculos realizados en los microciclos de cada temporada. Para la T1 el PI no estuvo

definido o no se pudo calcular, debido a que no cumplió la primera condición que se denominó como la *estructura polarizada*, a lo cual se infiere que la TID no es polarizada; puesto que, el análisis visual de la misma arrojó una distribución PYR, tal como la describe Campos et al. (2021), Seiler (2010) y Treff et al. (2019).

De esta manera, se evidenció que el modelo de TID realizado en la T1 fue el modelo PYR, un modelo no polarizado, diferente al que había planeado y reportado inicialmente su entrenador (Figura 18). Para la T2 se obtuvo un valor de 2.35 en el cálculo del PI ($Z1 = .77$, $Z2 = .07$ y $Z3 = .16$), por lo que se concluye que la TID es un modelo PET, de acuerdo con el índice propuesto por Treff et al. (2019).

Figura 18

Distribución de la intensidad del entrenamiento en cada temporada



Nota. Temporada 1 modelo piramidal; Temporada 2 modelo polarizado.

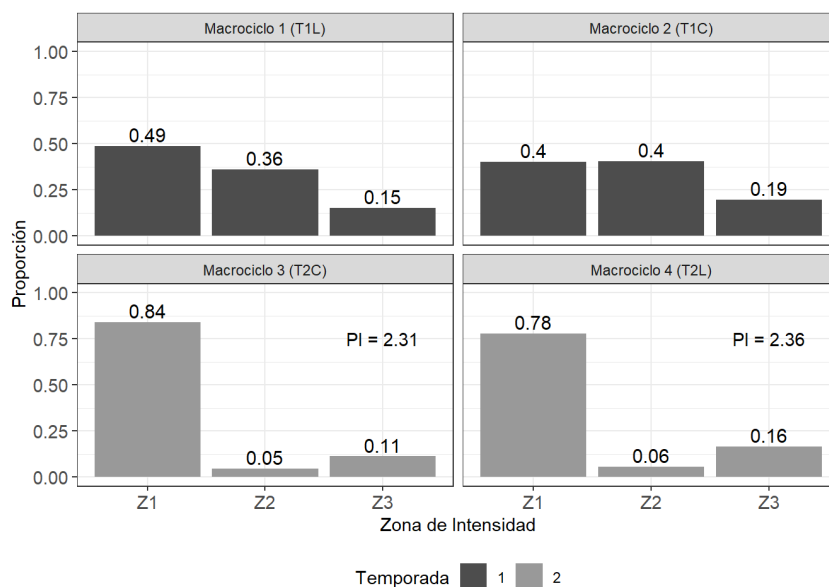
En los macrociclos, la TID se calculó para las tres zonas con base en la variable VOLU (min). En la Figura 19 se incluyó la distribución de la intensidad en el entrenamiento de los macrociclos realizados en cada temporada y se confirmó que en la T1 los dos

macrociclos (T1_L y T1_C) no tienen estructura polarizada, por lo que el PI no se pudo definir o calcular (Figura 19, parte superior); entonces, la TID de los dos macrociclos arrojó una distribución PYR y ThET para los macrociclos T1_L y T1_C respectivamente.

Como se esperaba, en la T2 los dos macrociclos (T2_C y T2_L) tienen una estructura polarizada (Figura 19, parte inferior) donde, el valor del PI del macrociclo T2_C es: 2.31 ($Z1 = .84$, $Z2 = .05$ y $Z3 = .11$) y el PI del macrociclo T2_L es: 2.36 ($Z1 = .78$, $Z2 = .06$ y $Z3 = .16$). La TID en los cuatro macrociclos encontrados concuerda con lo que plantean Seiler y Tønnessen (2009) acerca de que los modelos de distribución PYR y PET son los modelos más comunes que utilizan los atletas de resistencia en varias modalidades deportivas.

Figura 19

Distribución de la intensidad del entrenamiento en los macrociclos



Nota. PI: índice polarizado.

El entrenamiento de la resistencia, bajo el modelo PET, se puede presentar como un modelo más eficiente que otras distribuciones de intensidad porque está ligado al patrón de actividad física de nuestros antepasados y provoca mayores adaptaciones y mejor rendimiento

deportivo (Boullosa et al. (2013). Por ejemplo, la observación de los datos sobre las actividades de partidos en deportes de equipo evidencia que hay un predominio de las actividades de baja intensidad intercaladas con acciones de alta intensidad y movimientos explosivos (Rampinini et al., 2007).

Algunos autores plantean que la distribución de la intensidad más frecuente para lograr excelentes rendimientos con atletas bien entrenados o de élite es la distribución de la intensidad polarizada (Ingham et al., 2012; Neal et al., 2013). Se ha comprobado que el entrenamiento bajo el modelo PET induce altas adaptaciones al entrenamiento de resistencia como: mejorar el $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, mejorar el umbral anaeróbico, aumentar la eficiencia aeróbica y el tiempo hasta el agotamiento durante un test incremental (Stöggl & Sperlich, 2014), mejorar el rendimiento en una carrera de 10 km (Muñoz et al., 2014b) y aumentar la economía de carrera y el rendimiento con ultracorredores (Pérez et al., 2019).

También, la TID bajo el modelo PET mejora el rendimiento de resistencia potencialmente con menos estrés y aburrimiento autonómico y hormonal; estos hallazgos están respaldados por experimentos en remeros bien entrenados, quienes enfatizaron el entrenamiento en la Z3 (Driller et al., 2009; Ní Chéilleachair et al., 2016).

Por otro lado, Muñoz et al. (2014b) encontraron que, en corredores recreativos, a pesar del bajo volumen de entrenamiento que realizan, el entrenamiento PET mejora el rendimiento en 10 km en mayor medida que el modelo ThET.

Para los mesociclos encontrados en cada temporada de entrenamiento, también se calculó la distribución de la intensidad en las tres zonas con base en los minutos de trabajo. La Tabla 8 contiene la información sobre la proporción del volumen de trabajo realizado en los mesociclos de la T1 ($n = 16$) y la T2 ($n = 17$) en cada una de las tres zonas de intensidad y la clasificación del modelo de distribución en cada uno de ellos.

Tabla 8*Índice polarizado de los mesociclos en las temporadas 1 y 2*

Orden	Mesociclo	Z1	Z2	Z3	PI	PET	Modelo
1 ^a	Introductorio	.653	.117	.229	2.105	Si	PET
2 ^a	Carga	.791	.093	.116	1.991	No	No PET
3 ^a	Potencia	.788	.028	.184	2.709	Si	PET
4 ^a	Carga	.622	.330	.047	No aplica	No	PYR
5 ^a	Carga	.175	.731	.094	No aplica	No	ThET
6 ^a	Potencia	.597	.222	.182	No aplica	No	PYR
7 ^a	Carga	.357	.524	.119	No aplica	No	ThET
8 ^a	Carga	.417	.523	.059	No aplica	No	ThET
9 ^a	Potencia	.476	.331	.194	No aplica	No	PYR
10 ^a	Carga	.314	.485	.201	No aplica	No	ThET
11 ^a	Competencia	.290	.426	.285	No aplica	No	ThET
12 ^a	Potencia	.372	.439	.189	No aplica	No	ThET
13 ^a	Carga	.248	.528	.224	No aplica	No	ThET
14 ^a	Competencia	.462	.312	.226	No aplica	No	PYR
15 ^a	Carga	.407	.439	.155	No aplica	No	ThET
16 ^a	Competencia	.663	.189	.148	No aplica	No	PYR
17 ^b	Introductorio	.946	.042	.012	No aplica	No	PYR
18 ^b	Carga	.769	.191	.040	No aplica	No	PYR
19 ^b	Carga	.842	.025	.133	2.644	Si	PET
20 ^b	Competencia	.771	.011	.218	3.172	Si	PET
21 ^b	Tránsito	1.00	.000	.000	No aplica	No	HVT
22 ^b	Carga	.641	.203	.156	No aplica	No	PYR
23 ^b	Potencia	.762	.000	.238	3.240	Si	PET
24 ^b	Carga	.555	.191	.254	1.868	No	No PET
25 ^b	Carga	.635	.137	.227	2.021	Si	PET
26 ^b	Carga	.679	.140	.181	1.942	No	No PET
27 ^b	Potencia	.813	.009	.179	3.224	Si	PET
28 ^b	Competencia	.880	.000	.120	2.987	Si	PET
29 ^b	Carga	.901	.000	.099	2.904	Si	PET
30 ^b	Carga	.890	.000	.110	2.949	Si	PET
31 ^b	Potencia	.799	.059	.142	2.284	Si	PET
32 ^b	Carga	.829	.000	.171	3.126	Si	PET
33 ^b	Competencia	.731	.045	.224	2.566	Si	PET

Nota. N = 33 mesociclos; Z1: proporción de trabajo en la Zona 1; Z2: proporción de trabajo en

la Zona 2; Z3: proporción de trabajo en la Zona 3; PI: índice polarizado; PET: modelo

polarizado; No PET: el índice polarizado indicó que el mesociclo no es polarizado; No aplica:

el PI no está definido; PYR: modelo piramidal; ThET: modelo entre umbrales; HVT: modelo

alto volumen.

^a Temporada 1 (2018-2019) PYR. ^b Temporada 2 (2020-2021) PET.

A continuación, en la Figura 20 se incluye la distribución de la intensidad del entrenamiento en los mesociclos de carga, competencia y potencia pertenecientes a los cuatro macrociclos encontrados. Se amplía la información solo de estos tres tipos de mesociclos porque son los que han presentado una dinámica de la carga importante y son los que, con mayor frecuencia se han implementado en el entrenamiento durante las T1 y T2.

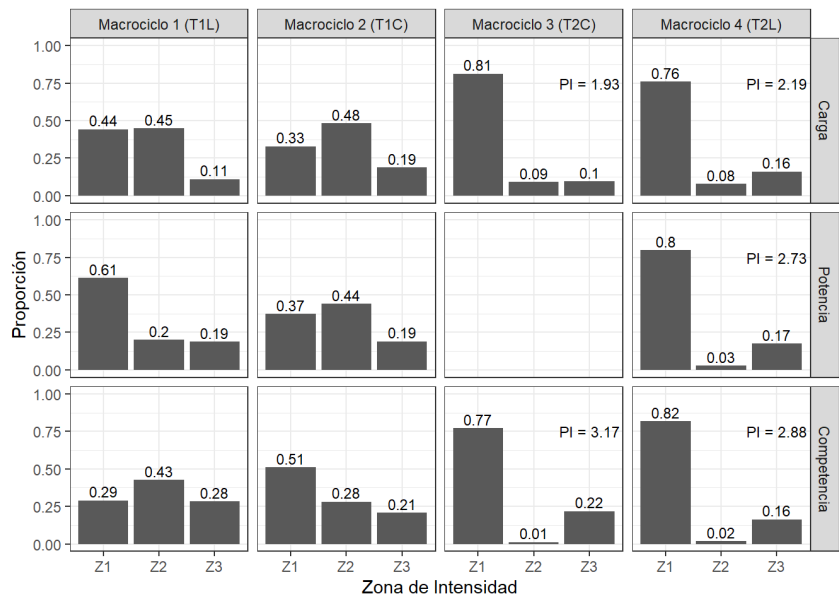
Al igual que sucedía en la distribución de la intensidad del entrenamiento en la estructura de la temporada, los mesociclos de la T1 no tienen distribución polarizada, por lo que el PI no estuvo definido o no se pudo calcular. Los valores de la proporción de volumen de trabajo en cada zona de intensidad ($Z1$, $Z2$ y $Z3$) se pueden apreciar en la mitad izquierda de la Figura 20; donde, para los mesociclos de carga, competencia y potencia de la T1, la TID arrojó una distribución de ThET o PYR.

Los mesociclos de carga, potencia y competencia son las estructuras más empleadas a lo largo de las dos temporadas de entrenamiento; aunque, la distribución de la intensidad realizada por María Paz cambió en dependencia de diferentes momentos de la preparación (Tabla 8), de la misma manera que lo reportó Matzka et al. (2022a) y Treff et al. (2017).

Por otro lado, los mesociclos de carga, competencia y potencia, pertenecientes a los macrociclos de la T2 tienen una estructura polarizada. En la mitad derecha de la Figura 20 se encuentran los valores del PI y los valores de la proporción de volumen de trabajo (min) en cada zona de intensidad ($Z1$, $Z2$ y $Z3$).

Figura 20

Distribución de la intensidad en función del tipo de mesociclo



Nota. PI: índice polarizado (corresponde solo a los macrociclos de la segunda temporada).

El PI también se calculó para los microciclos de la T1 ($n = 52$) y de la T2 ($n = 57$). En la Tabla 9 y Tabla 10 se incluye información sobre la proporción del volumen de trabajo realizado en cada una de las tres zonas de intensidad y la clasificación del modelo de distribución en cada microciclo.

Tabla 9*Clasificación de los microciclos de la temporada 1 con el índice polarizado*

Microciclo	Denominación	Z1	Z2	Z3	PI	PET	Modelo
1 ^a	Desarrollo	.745	.128	.128	No aplica	No	PTU
2 ^a	Desarrollo	.717	.151	.132	No aplica	No	PYR
3 ^a	Recuperación	.442	.055	.503	No aplica	No	HIIT
4 ^a	Desarrollo	.825	.111	.063	No aplica	No	PYR
5 ^a	Desarrollo	.915	.000	.085	2.834	Si	PET
6 ^a	Recuperación	.376	.301	.323	1.606	No	No PET
7 ^a	Desarrollo	.868	.000	.132	3.024	Si	PET
8 ^a	Desarrollo	.777	.000	.223	3.218	Si	PET
9 ^a	Recuperación	.676	.123	.201	2.044	Si	PET
10 ^a	Desarrollo	.723	.213	.064	No aplica	No	PYR
11 ^a	Desarrollo	.667	.267	.067	No aplica	No	PYR
12 ^a	Recuperación	.430	.570	.000	No aplica	No	ThET
13 ^a	Desarrollo	.155	.775	.070	No aplica	No	ThET
14 ^a	Desarrollo	.162	.779	.059	No aplica	No	ThET
15 ^a	Recuperación	.237	.555	.208	No aplica	No	ThET
16 ^a	Desarrollo	.595	.207	.197	No aplica	No	PYR
17 ^a	Desarrollo	.551	.165	.284	1.977	No	No PET
18 ^a	Recuperación	.668	.332	.000	No aplica	No	PTU
19 ^a	Desarrollo	.290	.572	.138	No aplica	No	ThET
20 ^a	Desarrollo	.276	.689	.036	No aplica	No	ThET
21 ^a	Recuperación	.531	.265	.204	No aplica	No	PYR
22 ^a	Desarrollo	.612	.304	.083	No aplica	No	PYR
23 ^a	Desarrollo	.246	.710	.043	No aplica	No	ThET
24 ^a	Recuperación	.508	.428	.064	No aplica	No	PYR
25 ^a	Desarrollo	.548	.275	.177	No aplica	No	PYR
26 ^a	Desarrollo	.369	.407	.224	No aplica	No	ThET
27 ^a	Recuperación	.525	.300	.175	No aplica	No	PYR
28 ^a	Desarrollo	.480	.346	.174	No aplica	No	PYR
29 ^a	Desarrollo	.275	.489	.236	No aplica	No	ThET
30 ^a	Recuperación	.176	.637	.187	No aplica	No	ThET
31 ^a	Competencia	.220	.408	.372	No aplica	No	ThET
32 ^a	Taper	.217	.618	.165	No aplica	No	ThET
33 ^a	Taper	.000	.350	.650	No aplica	No	PIV
34 ^a	Recuperación	1.000	.000	.000	No aplica	No	HVT
35 ^b	Desarrollo	.538	.316	.146	No aplica	No	PYR
36 ^b	Desarrollo	.248	.504	.248	No aplica	No	ThET
37 ^b	Recuperación	.317	.523	.160	No aplica	No	ThET
38 ^b	Desarrollo	.178	.578	.244	No aplica	No	ThET
39 ^b	Desarrollo	.260	.462	.278	No aplica	No	ThET
40 ^b	Recuperación	.323	.582	.095	No aplica	No	ThET
41 ^b	Desarrollo	.205	.554	.242	No aplica	No	ThET
42 ^b	Desarrollo	.678	.052	.270	2.549	Si	PET

Microciclo	Denominación	Z1	Z2	Z3	PI	PET	Modelo
43 ^b	Taper	.372	.480	.148	No aplica	No	ThET
44 ^b	Taper	.658	.237	.105	No aplica	No	PYR
45 ^b	Tránsito	--	--	--	--	--	--
46 ^b	Ajuste	.714	.286	.000	No aplica	No	PTU
47 ^b	Desarrollo	.450	.378	.171	No aplica	No	PYR
48 ^b	Desarrollo	.278	.481	.241	No aplica	No	ThET
49 ^b	Recuperación	.222	.603	.176	No aplica	No	ThET
50 ^b	Desarrollo	.737	.000	.263	3.270	Si	PET
51 ^b	Taper	.853	.147	.000	No aplica	No	PTU
52 ^b	Taper	.234	.766	.000	No aplica	No	ThET

Nota. $n = 52$ microciclos. En la temporada se realizó un microciclo de tránsito (45), que fue de recuperación total, por lo que no se tuvo en cuenta en el análisis de datos; Z1: proporción de trabajo en Zona 1; Z2: proporción de trabajo en Zona 2; Z3: proporción de trabajo en Zona 3; PI: índice polarizado; No aplica: el PI no está definido; No PET: el resultado del índice polarizado indicó que el microciclo no es polarizado; PTU: modelo pirámide truncada; PYR: modelo piramidal; HIIT: modelo intervalos de alta intensidad; PET: modelo polarizado; ThET: modelo entre umbrales; HVT: modelo alto volumen; PIV: modelo pirámide invertida; -: no hay información disponible.

^a Macro ciclo 1 (T1_L). ^b Macro ciclo 2 (T1_C).

Tabla 10*Clasificación de los microciclos de la temporada 2 con el índice polarizado*

Microciclo	Denominación	Z1	Z2	Z3	PI	PET	Modelo
53 ^a	Ajuste	.959	.000	.041	2.478	Si	PET
54 ^a	Ajuste	1.000	.000	.000	No aplica	No	HVT
55 ^a	Desarrollo	.750	.250	.000	No aplica	No	PTU
56 ^a	Recuperación	1.000	.000	.000	No aplica	No	HVT
57 ^a	Desarrollo	.930	.070	.000	No aplica	No	PTU
58 ^a	Desarrollo	1.000	.000	.000	No aplica	No	HVT
59 ^a	Recuperación	.332	.539	.129	No aplica	No	ThET
60 ^a	Desarrollo	.931	.069	.000	No aplica	No	PTU
61 ^a	Desarrollo	.814	.000	.186	3.156	Si	PET
62 ^a	Recuperación	.767	.000	.233	3.233	Si	PET
63 ^a	Desarrollo	.867	.000	.133	3.028	Si	PET
64 ^a	Desarrollo	.787	.000	.213	3.204	Si	PET
65 ^a	Recuperación	.818	.000	.182	3.149	Si	PET
66 ^a	Competencia	.486	.069	.445	2.499	Si	PET
67 ^a	Tránsito	--	--	--	--	--	--
68 ^a	Ajuste	1.00	.000	.000	No aplica	No	HVT
69 ^a	Ajuste	1.00	.000	.000	No aplica	No	HVT
70 ^b	Desarrollo	.229	.595	.175	No aplica	No	ThET
71 ^b	Desarrollo	.747	.159	.094	No aplica	No	PYR
72 ^b	Recuperación	.756	.000	.244	3.248	Si	PET
73 ^b	Desarrollo	.707	.000	.293	3.302	Si	PET
74 ^b	Desarrollo	.909	.000	.091	2.865	Si	PET
75 ^b	Recuperación	.640	.000	.360	3.351	Si	PET
76 ^b	Desarrollo	.658	.000	.342	3.340	Si	PET
77 ^b	Desarrollo	.333	.419	.248	No aplica	No	ThET
78 ^b	Recuperación	.602	.261	.137	No aplica	No	PYR
79 ^b	Desarrollo	.777	.000	.223	3.219	Si	PET
80 ^b	Desarrollo	.551	.246	.203	No aplica	No	PYR
81 ^b	Recuperación	.421	.312	.266	No aplica	No	PYR
82 ^b	Desarrollo	.650	.146	.204	1.960	No	No PET
83 ^b	Desarrollo	.682	.174	.144	No aplica	No	PYR
84 ^b	Desarrollo	.694	.075	.231	2.328	Si	PET
85 ^b	Recuperación	.690	.153	.157	1.849	No	No PET
86 ^b	Desarrollo	.795	.000	.205	3.191	Si	PET
87 ^b	Desarrollo	.956	.000	.044	2.516	Si	PET
88 ^b	Recuperación	.832	.000	.168	3.118	Si	PET
89 ^b	Competencia	.552	.059	.389	2.561	Si	PET
90 ^b	Recuperación	1.00	.000	.000	No aplica	No	HVT
91 ^b	Desarrollo	.803	.000	.197	3.176	Si	PET
92 ^b	Competencia	.763	.000	.237	3.239	Si	PET
93 ^b	Recuperación	1.00	.000	.000	No aplica	No	HVT
94 ^b	Desarrollo	1.00	.000	.000	No aplica	No	HVT

Microciclo	Denominación	Z1	Z2	Z3	PI	PET	Modelo
95 ^b	Desarrollo	.876	.000	.124	2.999	Si	PET
96 ^b	Desarrollo	.855	.000	.145	3.063	Si	PET
97 ^b	Recuperación	.885	.000	.115	2.967	Si	PET
98 ^b	Desarrollo	.928	.000	.072	2.762	Si	PET
99 ^b	Desarrollo	.856	.000	.144	3.060	Si	PET
100 ^b	Recuperación	.881	.000	.119	2.983	Si	PET
101 ^b	Desarrollo	.699	.174	.127	No aplica	No	PYR
102 ^b	Desarrollo	.865	.000	.135	3.033	Si	PET
103 ^b	Recuperación	.819	.000	.181	3.146	Si	PET
104 ^b	Desarrollo	.827	.000	.173	3.130	Si	PET
105 ^b	Desarrollo	.791	.000	.209	3.197	Si	PET
106 ^b	Recuperación	.888	.000	.112	2.957	Si	PET
107 ^b	Desarrollo	.840	.000	.160	3.100	Si	PET
108 ^b	Taper	.769	.135	.096	No aplica	No	PYR
109 ^b	Taper	.319	.000	.681	No aplica	No	HIIT

Nota. $n = 57$ microciclos. En la temporada se realizó un microciclo de tránsito (67), que fue de recuperación total, por lo que no se tuvo en cuenta en el análisis de datos; Z1: proporción de trabajo en Zona 1; Z2: proporción de trabajo en Zona 2; Z3: proporción de trabajo en Zona 3; PI: índice polarizado; No aplica: el PI no está definido; No PET: el resultado del índice polarizado indicó que el microciclo no es polarizado; PTU: modelo pirámide truncada; PYR: modelo piramidal; HIIT: modelo intervalos de alta intensidad; PET: modelo polarizado; ThET: modelo entre umbrales; HVT: modelo alto volumen; --: no hay información disponible.

^a Macro ciclo 1 (T2_C). ^b Macro ciclo 2 (T2_L).

La Figura 21 presenta un resumen de la distribución del volumen de entrenamiento (min) en forma absoluta, por zonas de intensidad en cada temporada y en la Figura 22 se presenta la información en proporciones. Analizando el volumen de entrenamiento, por zonas de intensidad, realizado por María Paz en las T1 y T2 se puede entender que la mayoría de las sesiones de entrenamiento se realizaron en intensidad de Z1. Esta información coincide con el seguimiento realizado a los estudios publicados respecto a la TID en deportes de resistencia, los cuales corroboran una distribución común de alrededor del 80% de las sesiones de

entrenamiento realizadas a una intensidad en Z1 y el 20% restante del trabajo se distribuye entre la Z2 y Z3 (Haugen et al., 2022; Seiler, 2010). Sin embargo, el volumen pequeño de proporción de trabajo en Z2 y Z3 (i.e., 20%) se desplaza hacia intensidades más altas (Z3) desde la fase de preparación básica hasta la fase de competición (Seiler, 2010).

Figura 21

Volumen por zonas de intensidad en microciclos de las dos temporadas

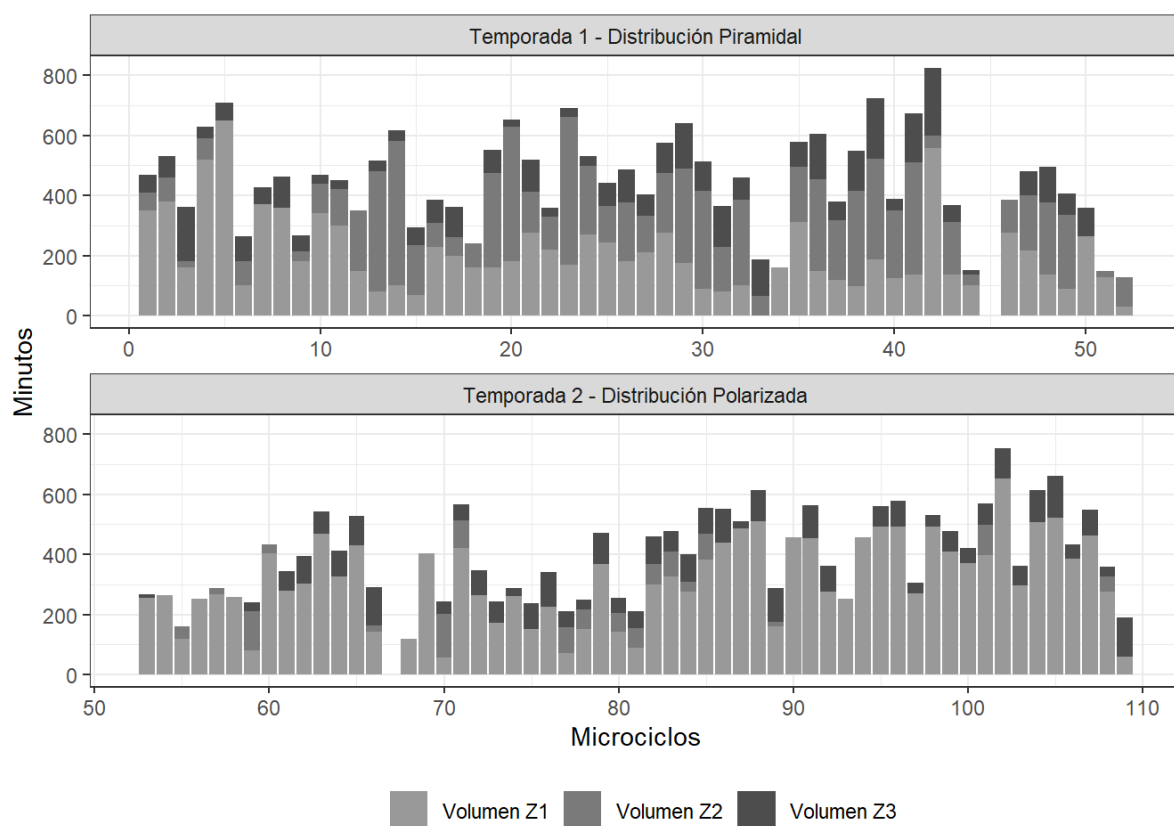
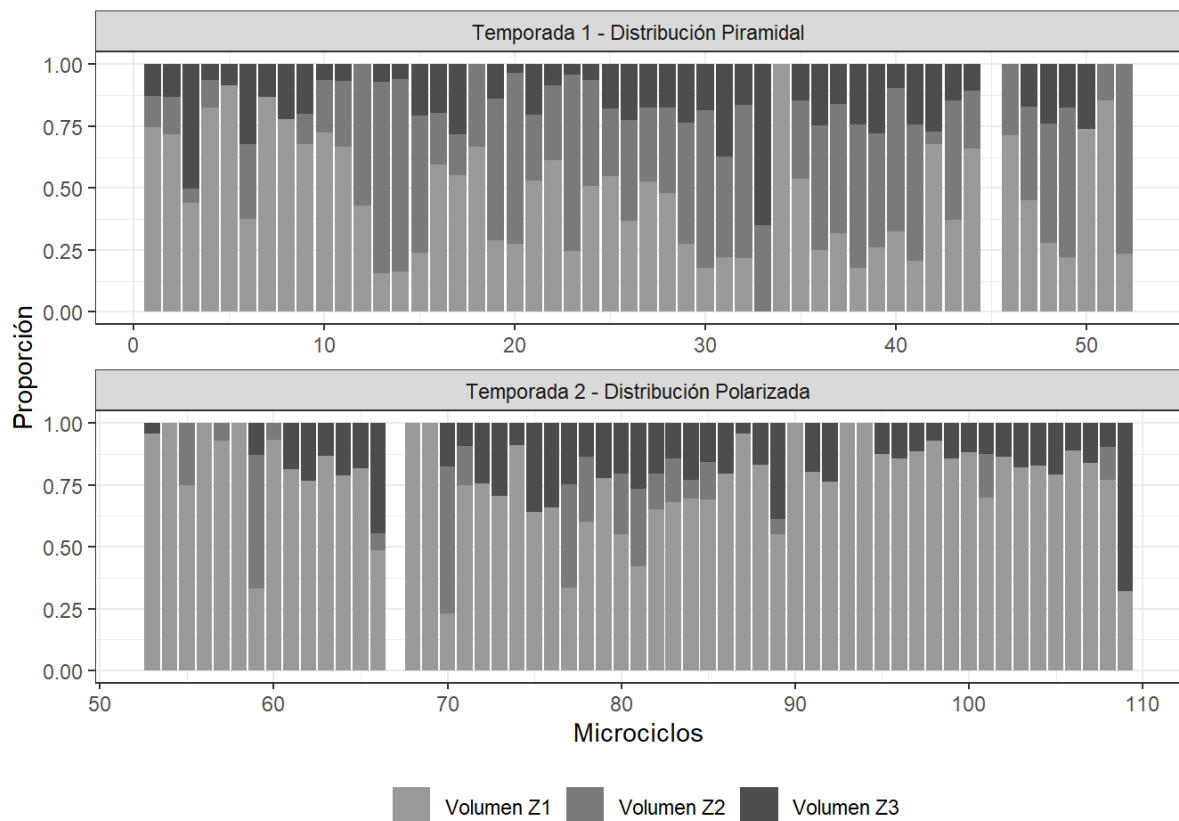


Figura 22*Volumen de entrenamiento en proporción por zonas de intensidad*

Otro estudio indica que existe un consenso en que el entrenamiento de alto volumen realizado a baja intensidad (i.e., $\geq 70\%$ de todo el volumen de entrenamiento), combinado con el entrenamiento de bajo volumen realizado a entrenamiento de umbral y alta intensidad (i.e., $\leq 30\%$ de todo el volumen de entrenamiento) produce un rendimiento óptimo en los deportes de resistencia como las carreras (Campos et al., 2021). Planteado lo anterior, se puede indicar que los deportes de resistencia se caracterizan principalmente por realizar un volumen alto de trabajo a baja intensidad; es decir, 70% a 80% de todo el volumen de entrenamiento.

Por su parte, la TID bajo el modelo PET, encontrada en la T2, tiene como principal rasgo característico una alta cantidad de volumen realizado en Z1 y Z3, con menos volumen en Z2 (Hydren & Cohen, 2015; Seiler, 2010; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2017,

2019). Los datos de María Paz confirman que el entrenamiento de resistencia PET tiene una fuerte tendencia a enfatizar el entrenamiento por debajo del LT_{Aer} , pero también por encima del rango del LT_{An} (Seiler & Kjerland, 2006), con una reducción drástica en Z2.

Aunque ya se han identificado las características principales de la TID en los deportes de resistencia y en el modelo PET, hasta el momento no se ha podido establecer una distribución óptima del volumen de trabajo para el modelo PET en deportes de resistencia, incluidas las pruebas de marcha en el atletismo. Como se mencionó con anterioridad y hasta donde se conoce, no hay trabajos publicados que describan las estructuras de la planificación o la TID de manera exhaustiva en las pruebas de marcha, como si los hay con corredores de nivel de rendimiento recreativo (Carnes & Mahoney, 2019; Festa et al., 2020; Muñoz et al., 2014b, Muñoz & Varela-Sanz, 2018; Zinner et al., 2018), con corredores bien entrenados o corredores elite (Bellinger et al., 2020; Bourgois et al., 2019; Enoksen et al., 2011; Filipas et al., 2022; Kenneally et al., 2021; Stöggl & Sperlich, 2014).

Solo dos investigaciones de estudios de caso han analizado la planificación del entrenamiento en la marcha durante varios años (Augustyn et al., 2014; Brodáni et al., 2015). No obstante, estas investigaciones no especifican exactamente qué significan y cuáles son los límites fisiológicos de las zonas de intensidad que ellos denominan como: *aeróbica*, *aeróbica-anaeróbica* y *anaeróbica-aeróbica*; así como tampoco identificaron algún modelo conocido de la TID en el entrenamiento de la resistencia, que previamente algunos autores si habían identificado (Hydren & Cohen, 2015; Seiler & Kjerland, 2006; Stöggl, 2018; Stöggl & Sperlich, 2015; Treff et al., 2019).

Para poder entender los datos de María Paz, la Tabla 11 recopila algunas de las propuestas encontradas de TID bajo el modelo PET, en otras modalidades deportivas de resistencia con deportistas altamente entrenados, moderadamente entrenados y recreativos.

Para el cálculo del índice polarizado los valores de cada zona se han escrito en proporciones; es decir, números del 0 al 1, tal y como se describió en Montenegro et al. (2023).

Tabla 11

Distribución de la intensidad bajo el modelo PET en deportes de resistencia

Autores	Trabajo invertido en			PI
	Z1	Z2	Z3	
Deportistas entrenados				
Billat et al. (2001). ^a	.78	.04	.18	2.55
Seiler y Kjerland (2006). ^a	.75 ± .03	.08 ± .03	.17 ± .04	2.20
Neal et al. (2013). ^b	.80	.00	.20	3.18
Stöggl y Sperlich (2014). ^b	.68 ± .12	.06 ± .08	.26 ± .07	2.47
Treff et al. (2017). ^a	.93 ± .03	.01 ± .01	.06 ± .03	2.75
Bellinger et al. (2020). ^a	.79 ± .03	.06 ± .04	.15 ± .07	2.35
Filipas et al. (2022). ^a	.79 ± .01	.06 ± .02	.14 ± .02	2.25
Deportistas recreativos				
Muñoz et al. (2014b).	.77	.03	.20	2.71
Carnes y Mahoney (2019).	.85	.05	.10	2.23
Pérez et al. (2019).	.79 ± .01	.04 ± .01	.16 ± .01	2.52
Selles-Perez et al. (2019).	.84 ± .01	.04 ± .01	.11 ± .01	2.36
Festa et al. (2020).	.77	.03	.20	2.71

Nota. Z1: volumen de trabajo en Zona 1; Z2: volumen de trabajo en Zona 2; Z3: volumen de trabajo en Zona 3; PI: índice polarizado, cálculo según se describió en Montenegro et al. (2023).

^a Deportistas altamente entrenados. ^b Deportistas moderadamente entrenados.

Para finalizar este apartado, la sesión de entrenamiento se consideró como la estructura elemental del proceso de organización del trabajo (Bompa & Haff, 2009; García et al., 1996; Vasconcelos, 2000). Durante la parte principal de las sesiones se buscó cumplir con "la tarea marcada por los objetivos mediante su configuración metodológica y de contenido" (Martin et al., 2001, p. 312). También, se procuró que los objetivos estuvieran unidos a los objetivos del microciclo y del mesociclo, de acuerdo a como lo indica Bompa y Haff (2009).

Aclarado lo anterior, las sesiones de entrenamiento realizadas se enfocaron con dos objetivos principalmente; desarrollar la potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) y la capacidad aeróbica o la capacidad de mantener un alto porcentaje de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ [utilización fraccionada de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$]), que son dos factores importantes de los cuales depende el rendimiento en las pruebas atléticas de resistencia, como la marcha (Bassett & Howley, 2000; Bentley et al., 2007; Di Prampero et al., 1993; Jones & Carter, 2000).

Características generales de la carga de entrenamiento

Con respecto a las características generales de la carga, relacionadas con el volumen de entrenamiento, se identificó que durante la T1 se realizaron $383.21 \text{ hr} \cdot \text{a}^{-1}$ de volumen total de trabajo en la parte principal de todas las sesiones de entrenamiento y de promedio $58.21 \text{ min} \pm 30.37$ en cada sesión. En el macrociclo T1_L se realizaron 255.79 hr de volumen total de trabajo, con un promedio en cada sesión de $56.01 \text{ min} \pm 30.22$ y en el macrociclo T1c se realizaron 127.43 hr de volumen total de trabajo, con un promedio en cada sesión de $63.18 \text{ min} \pm 30.23$.

En la T2 se realizaron $369.23 \text{ hr} \cdot \text{a}^{-1}$ de volumen total de trabajo en la parte principal de todas las sesiones y de promedio $53.12 \text{ min} \pm 30.83$ en cada sesión. En el macrociclo T2c se realizaron 86.63 hr de volumen total de trabajo, con un promedio en cada sesión de $46.00 \text{ min} \pm 24.85$ y en el macrociclo T2_L se realizaron 282.60 hr de volumen total de trabajo, con un promedio en cada sesión de $55.77 \text{ min} \pm 32.41$. No obstante, se debe aclarar que en el cálculo del volumen total de entrenamiento en cada sesión de trabajo no se tuvo en cuenta el tiempo empleado en el calentamiento y el tiempo empleado en la parte final de vuelta a la calma o normalización.

En los entrenamientos de María Paz, la duración del calentamiento dependió de los contenidos que se fueran a trabajar en la parte central de la sesión. Si el entrenamiento comprendía trabajo de series y repeticiones, que se realizan en la pista, el calentamiento podía

durar de 40 min a 45 y la parte final de la sesión de entrenamiento duraba de 30 min a 35 (protocolo 1, Apéndice G). Por otro lado, si el entrenamiento comprendía trabajo de marcha continua en la ruta, el calentamiento podía durar 20 min y la parte final de la sesión de entrenamiento duraba de 15 min a 20 (protocolo 2, Apéndice G).

Con respecto a las características generales de la carga, relacionadas con el volumen de entrenamiento, se identifica que María Paz invirtió en promedio 30 minutos en el calentamiento y 20 minutos en la parte final de la sesión de entrenamiento (Apéndice G). Si se considera ese promedio de 50 minutos y se multiplica por el número de sesiones de entrenamiento en la T1 ($n = 395$) y la T2 ($n = 417$), se aumenta el volumen total de trabajo en la T1 en 329.10 hr y en la T2 en 347.30 hr, para obtener un volumen total de trabajo de 712.31 hr $\cdot$ a⁻¹ y 716.53 hr $\cdot$ a⁻¹ para las temporadas T1 y T2 respectivamente.

Estas horas de volumen total de entrenamiento anual están en concordancia con las horas de entrenamiento que realizó Ingrid Kristiansen, ex poseedora del record mundial de 5 km, 10 m y maratón, quien entrenaba 550 hr $\cdot$ a⁻¹ y cuando compitió en lo Juegos Olímpicos como esquiadora de cross country entrenaba 700 hr $\cdot$ a⁻¹ (Seiler & Tønnessen, 2009). De igual manera, el volumen total de entrenamiento anual realizado por María Paz está en concordancia con las horas de entrenamiento que realizan remeros de nivel internacional, el cual está cerca de las 1,000 hr $\cdot$ a⁻¹ o por encima de esta cantidad desde los años 90's (Fiskerstrand & Seiler, 2004).

Las dos temporadas tuvieron varias similitudes con relación al comportamiento de la distribución del volumen. Los mesociclos de carga y de recuperación fueron los que más se implementaron en las dos temporadas. En esencia, la estructura en la programación de estos dos tipos de mesociclos se basó en intercalar la realización de dos mesociclos de carga por uno de potencia. Esta tendencia en la estructura obedece a que planificar ciclos de entrenamiento de mayor intensidad a corto plazo en el entrenamiento son recomendados para

garantizar un rendimiento continuo sin comprometer la recuperación y el rendimiento a largo plazo (Parmar et al., 2021).

Con relación a la distribución de la intensidad, la T1 se identificó con una TID de modelo PYR (Figura 18, p. 92), la cual ha estado relacionado con el entrenamiento de atletas altamente entrenados, con corredores de élite de media y larga distancia (Billat et al., 2003b; Haugen et al., 2021; Tjelta, 2016) o con corredores recreativos (Manzi et al., 2015). Así mismo, los dos macrociclos y algunos mesociclos y microciclos de la T1 también se reconocieron con diferentes modelos de TID, como el modelo: HVT, ThET, HIIT, PIV o el modelo PTU (Tablas 8, 9 y 10). El volumen de trabajo en proporción para las Z1, Z2 y Z3 fue: $.46 \pm .24$, $.37 \pm .22$ y $.16 \pm .12$, respectivamente. La distribución de la intensidad es parecida a los porcentajes de distribución PYR que se encontraron en el canotaje de $91\% \pm 4$, $6\% \pm 2$ y $3\% \pm 2$ (Matzka et al., 2022b), en corredores o ciclistas $.83 \pm .06$, $.16 \pm .06$ y $.01 \pm .01$ (Stöggl & Sperlich, 2014) o con corredores de media distancia $.76 \pm .07$, $.17 \pm .06$ y $.03 \pm .02$ (Bellinger et al., 2020).

La T2 se identificó con una TID de modelo PET, el cual ha estado relacionado con el entrenamiento de atletas altamente entrenados o con corredores de élite de media y larga distancia (Bellinger et al., 2020; Billat et al., 2001) o con corredores recreativos (Carnes & Mahoney, 2019; Pérez et al., 2019). En este sentido, los dos macrociclos, muchos mesociclos y microciclos de esa temporada se establecieron bajo el modelo de distribución PET. No obstante, algunos mesociclos y microciclos también se reconocieron con otros modelos de TID, diferentes al PET, como el modelo: HVT, ThET, HIIT, PIV o el modelo PTU (Tabla 8, p. 95; Tabla 9, p. 98; Tabla 10, p. 100).

El comportamiento de la distribución de la intensidad, entre las dos temporadas de entrenamiento, manifestó como principal diferencia en que los dos macrociclos de la T1 (T1_L y T1_C) tuvieron una distribución de la intensidad bajo los modelos PYR y ThET

respectivamente. Por su parte, los dos macrociclos de la T2 (T2c y T2L) tuvieron una distribución de la intensidad en el entrenamiento PET (Figura 19).

Otra diferencia entre las dos temporadas de entrenamiento es que, durante la T1 la gran mayoría de los mesociclos ($n = 13$, 81.25%) tuvieron distribución de la intensidad no polarizada (PYR y ThET); mientras que, durante la T2, la gran mayoría de los mesociclos ($n = 11$, 64.70%) tuvieron distribución de la intensidad PET (Tabla 8).

La TID en el ámbito de los microciclos, durante la T1, el 86.53% de estos ($n = 45$) tuvieron distribución de la intensidad no PET y el 11.53% distribución PET ($n = 6$). Durante la T2, el 40.35% de los microciclos ($n = 23$) tuvieron distribución de la intensidad no PET ($n = 23$) y el 57.89% de los microciclos ($n = 33$) tuvieron distribución de la intensidad PET. Cada temporada (T1 y T2) contempló un microciclo de tránsito (1.92% y 1.75% respectivamente) donde no se realizó trabajo alguno; motivo por el cual, no se pudo calcular la distribución de la intensidad de estos (Tablas 9 y 10).

En cuanto a los métodos utilizados, y de alguna forma analizados hasta ahora en función de su uso en las estructuras mayores, cuando María Paz trabajaba en Z1, tanto en la T1 como en T2, lo hacía mayoritariamente con trabajo de marcha continua extensiva y sobre distancias como: 15 km, 20 km ó 24 km. El entrenamiento realizado a baja intensidad (Z1) inicia al 50% de la velocidad aeróbica máxima o del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. (Hebisz et al. (2022; Seiler & Tønnessen, 2009) y abarca hasta un rango justo debajo del primer punto de inflexión de lactato. La Z1 de intensidad representa un amplio rango de intensidad en atletas de resistencia, lo que probablemente presenta una variación individual considerable, donde los atletas acumulan la mayor parte de su volumen de entrenamiento de baja intensidad.

Este tipo de entrenamiento se realizó con el objetivo de incrementar la capacidad oxidativa del músculo (Billat, 2002; Billat et al., 2001), de construir una gran base aeróbica (Enoksen et al., 2011) o de estimular la biogénesis mitocondrial (Esteve-Lanao et al., 2005). El

entrenamiento en *Z1* produce un aumento del volumen sistólico y mejora la eficiencia de los componentes metabólicos debido a las adaptaciones moleculares para la biogénesis mitocondrial y capilar (Romijn et al., 1993).

De otro lado, Zinner et al. (2018) encuentran que, en los atletas recreativos, donde la mayoría del entrenamiento se realiza en *Z1* de intensidad, mejoran la economía de carrera y que este hallazgo no se presenta en otras distribuciones del entrenamiento. En este sentido, se necesita un entrenamiento de baja intensidad para contrarrestar los efectos potenciales negativos (e.g., estrés autonómico y hormonal, agotamiento de la energía) del entrenamiento a intensidades más altas como en el umbral de lactato, según lo comenta Bourgois et al. (2019). Adicionalmente, en la *Z1* de intensidad también se realizaron sesiones de marcha continua extensiva, con el objetivo de hacer trabajos de recuperación de *duración corta*, de 30 a 40 minutos.

Sin embargo, al incursionar en la *Z2* de intensidad de trabajo, los métodos de entrenamiento empleados en la T1 consistieron en trabajos continuos de 40 min, 60 min, 80 min, 120 min ó 12 km, 18 km, 22 km ó 24 km. En cambio, durante la T2 los trabajos continuos en *Z2* de intensidad fueron de menor volumen, como: 12 km, 15 km ó 16 km. Lo anterior confirma la disminución del volumen de entrenamiento en la zona entre umbrales (*Z2*), bajo el modelo polarizado.

Los trabajos bajo el método de interval training los realizó en el límite del ritmo de umbral o *Z2* de intensidad. Billat et al. (2003b) mencionaron que el ritmo de trabajo en umbral (*Z2*) es el ritmo que un corredor de categoría élite puede mantener por aproximadamente 1 hr, el cual está cerca al ritmo de carrera en la distancia de media maratón (21.098 km). Así mismo, de acuerdo con Drake et al. (2003) la intensidad de trabajo en *Z2* también es la zona de intensidad a la cual se compite en la prueba de 20 km marcha, debido a que la velocidad de la marcha en 20 km correlaciona muy bien con la velocidad al umbral de

lactato ($r = .84$, $p < .05$). La deportista realizó trabajos de repeticiones en esta zona de intensidad, sobre distancias de 2,000 m, 3,000 m y 4,000 m. El volumen por sesión de entrenamiento fue de 6 km a 12 km, un volumen muy parecido al que han reportado en el estudio de Tjelta (2019).

Del mismo modo, María Paz también los realizó en la Z3 de intensidad con ejercicios de repeticiones en esta zona y sobre distancias de 500 m, 800 m, 1,000 m, 1,200 m ó 1,600 m. El volumen por sesión de entrenamiento fue de 3 km a 6 km.

A lo largo de las dos temporadas (T1 y T2) también se implementaron sesiones de entrenamiento con el objetivo de realizar un mantenimiento del nivel de resistencia a la fuerza en los músculos de la *zona core* y de los extensores de la cadera en sesiones de trabajo dedicadas exclusivamente para esto.

Con relación a los métodos de trabajo mencionados anteriormente e implementados durante los entrenamientos de la semana, se observó el patrón denominado "día duro-día fácil" (Casado et al., 2022, p. 822), pues los mejores atletas no entrenan fuerte todos los días (Foster et al., 2022a). Este patrón de entrenamiento también fue reportado en varios estudios con atletas altamente entrenados o con corredores de élite de media y larga distancia (Casado et al., 2021; Sylta et al., 2014a), corredores de la categoría junior (Tjelta & Enoksen, 2010) y con marchadores élite (Augustyn et al., 2014; Brodáni et al., 2015).

En la Tabla 12 y 13 se exponen diferentes ejemplos de sesiones de entrenamiento realizadas por María Paz en un microciclo de desarrollo en mesociclo de carga y sesiones de entrenamiento realizadas en un microciclo de desarrollo pertenecientes a un mesociclo de potencia.

Tabla 12*Ejemplo de un microciclo de desarrollo en un mesociclo de carga*

Temporada		(T1) 2018-2019	(T2) 2020-2021
Mesociclo		Carga	
Microciclo		Desarrollo (número 4)	Desarrollo (número 61)
Lunes	AM	RW 80 min (Z1).	RW 12 km en 70 min (Z1).
Martes	AM	RW 60 min (Z1).	RW 6 x 1,000 m (90 s recuperación) (Z3).
Miércoles	AM	RW 120 min (Z1).	RW 14 km en 80 min (Z1).
Jueves	AM	RW 40 min regenerativo (Z1).	RW 30 min regenerativo (Z1).
	PM	Fuerza general (core) 20 min (Z1).	
Viernes	AM	RW 30 min en (Z2).	RW 1 x 5,000 m (Z3).
Sábado	AM	RW 100 min en (Z1).	RW 18 km en 100 min (Z1).
Domingo	AM	Descanso.	Descanso.

Nota. AM: antes del mediodía; RW: race walking; recup.: tiempo de recuperación entre

repeticiones; PM: después del mediodía; Z1: trabajo en Zona 1 de intensidad; Z2: trabajo en

Zona 2 de intensidad; Z3: trabajo en Zona 3 de intensidad.

Tabla 13*Ejemplo de un microciclo de desarrollo en un mesociclo de potencia*

Temporada		(T1) 2018-2019	(T2) 2020-2021
Mesociclo		Potencia	
Microciclo		Desarrollo (número 17)	Desarrollo (número 86)
Lunes	AM	RW 5 x 800 m (210 s recup.) (Z3).	RW 15 km en 86 min (Z1).
	PM		Fuerza general 37 min (Z1).
Martes	AM	RW 60 min (Z2).	RW 3 x 3,000 m, 1 x 2,000 m (180 s recuperación) (Z3).
	PM	Fuerza general 60 min (Z1).	Carrera 30 min regenerativo (Z1).
Miércoles	AM	RW 5 x 1,000 m (270 s recup.) (Z3).	RW 18 km en 101 min (Z1).
Jueves	AM	RW 60 min regenerativo (Z1).	RW 40 min regenerativo (Z1).
Viernes	AM	RW 8 x 500 m (126 s recuperación) (Z3).	RW 7 x 1,000 m (180 min) (Z3).
Sábado	AM	RW 80 min en (Z1).	RW 26 km en 144 min (Z1).
Domingo	AM	Descanso.	Descanso.

Nota. AM: antes del mediodía; RW: race walking; recup.: tiempo de recuperación entre

repeticiones; PM: después del mediodía; Z1: trabajo en Zona 1 de intensidad; Z2: trabajo en

Zona 2 de intensidad; Z3: trabajo en Zona 3 de intensidad.

Principales indicadores de cuantificación de la carga encontrados en las temporadas

En cuanto a determinar los principales indicadores de cuantificación de la carga encontrados en las diferentes estructuras de la planificación y dada la complejidad de estos, hemos de considerar unas líneas explicativas sobre lo que se analiza a continuación. Primero, se presentan los indicadores de cuantificación de la carga en las temporadas y macrociclos, donde se incluyen las variables del volumen de carga y la velocidad de competencia. Y, posteriormente, se mencionan los indicadores de cuantificación de la carga en mesociclos y microciclos para cada temporada.

A continuación, se exponen valores descriptivos de los indicadores de control de la carga interna, externa y de naturaleza mixta de la T1 y T2. El cálculo de los indicadores se estructuró a partir de los datos obtenidos de cada sesión de entrenamiento para obtener los valores registrados en las temporadas y macrociclos (Tabla 14), los mesociclos (Tabla 15) y microciclos (Tabla 16).

Los indicadores de cuantificación de la carga, referidos a la velocidad de competencia en las temporadas y al volumen de carga por macrociclos, informan de un valor medio que no refleja la dinámica de los mismos (Apéndice F). Debido a esto, se considera que los indicadores de cuantificación de la carga más importantes a analizar se describen en las estructuras de los mesociclos y los microciclos que se presentan a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14*Velocidad de competencia por temporada y volumen de carga por macrociclos*

Temporada (T1) 2018-2019					
Indicadores	Competencias ^a	Sesiones ^a	<i>M</i>	<i>DE</i>	IC 95%
Temporada					
Velocidad (km•h ⁻¹)	2		12.10	0.07	[11.47, 12.74]
VOLU (min)		395	58.21	30.37	[55.20, 61.21]
Macro ciclos					
T1 _L (VOLU [min]) [†]		274	56.01	30.22	[52.41, 59.60]
T1 _c (VOLU [min]) [†]		121	63.18	30.23	[57.74, 68.63]
Temporada (T2) 2020-2021					
Indicadores	Competencias ^a	Sesiones ^a	<i>M</i>	<i>DE</i>	IC 95%
Temporada					
Velocidad (km•h ⁻¹)	3		12.63	0.09	[12.41, 12.86]
VOLU (min)		417	53.12	30.83	[50.16, 56.09]
Macro ciclos					
T2 _c (VOLU [min]) [†]		113	46.00	24.85	[41.36, 50.63]
T2 _L (VOLU [min]) [†]		304	55.77	32.41	[52.11, 59.43]

Nota. IC 95%: intervalo de confianza al 95%; VOLU: volumen; T1_L: temporada 1,

macrociclo largo; T1_c: temporada 1, macrociclo corto; T2_c: temporada 2, macrociclo corto;

T2_L: temporada 2, macrociclo largo.

^a Cantidad.

[†] volumen total calculado solo en la parte principal de las sesiones.

Tabla 15*Indicadores de carga en mesociclos por cada temporada*

Temporada	(T1) 2018-2019		(T2) 2020-2021	
Mesociclo	Introdutorio ($n = 1$)		Introdutorio ($n = 1$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	147.11 (5.79)	[132.71, 161.51]	143.32 (12.12)	[124.03, 162.62]
RFC (valores)	.66 (.04)	[.55, .76]	.62 (.09)	[.48, .77]
S-RPE (valores)	2.48 (0.73)	[0.65, 4.31]	2.02 (0.62)	[1.02, 3.01]
VOLU (min)	454.08 (85.00)	[242.93, 665.23]	236.00 (51.00)	[154.83, 317.16]
Volumen Z1 (min)	296.66 (119.30)	[0.30, 593.03]	223.25 (69.03)	[113.40, 333.09]
Volumen Z2 (min)	53.33 (119.30)	[-22.55, 129.22]	10.00 (20.00)	[-21.82, 41.82]
Volumen Z3 (min)	104.08 (67.87)	[-65.53, 272.70]	2.75 (5.50)	[-6.00, 11.50]
TRIMP _{B&C} (valores)	822.20 (99.73)	[547.46, 1069.95]	402.05 (23.50)	[364.64, 439.45]
TRIMP _{MOR} (valores)	611.87 (74.21)	[427.50, 796.24]	299.20 (17.49)	[271.36, 327.03]
TL _{RPE} (valores)	149.99 (18.55)	[100.80, 201.39]	70.61 (26.33)	[28.70, 112.51]
ATL (valores)	1043.75 (424.09)	[899.78, 1146.07]	441.00 (61.28)	[756.28, 911.40]
CTL (valores)	-- (--)	[--, --]	460.33 (--)	[--, --]
ACWR (valores)	-- (--)	[--, --]	0.83 (--)	[--, --]
TMI (valores)	1.52 (0.28)	[0.85, 2.21]	1.88 (0.16)	[1.63, 2.14]
TS (valores)	1564.65 (137.26)	[1351.31, 1832.83]	833.21 (146.59)	[599.95, 1066.46]
Mesociclo	Carga ($n = 8$)		Carga ($n = 9$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	148.27 (4.54)	[146.39, 150.15]	151.71 (7.39)	[148.90, 154.52]
RFC (valores)	.68 (.03)	[.66, .69]	.70 (.05)	[.68, .72]
S-RPE (valores)	2.22 (0.52)	[2.00, 2.44]	2.28 (0.43)	[2.11, 2.44]
VOLU (min)	510.56 (127.68)	[457.85, 563.26]	406.09 (131.04)	[356.25, 455.94]
Volumen Z1 (min)	210.32 (137.83)	[153.42, 267.22]	312.12 (140.13)	[258.81, 365.42]
Volumen Z2 (min)	233.39 (133.22)	[178.40, 288.38]	33.13 (44.35)	[16.26, 50.01]
Volumen Z3 (min)	66.84 (48.92)	[46.64, 87.03]	60.83 (36.17)	[47.07, 74.60]
TRIMP _{B&C} (valores)	1056.84 (273.22)	[944.06, 1169.62]	844.69 (247.33)	[750.61, 938.77]
TRIMP _{MOR} (valores)	786.49 (203.32)	[702.56, 870.42]	628.60 (184.06)	[558.59, 698.62]
TL _{RPE} (valores)	131.87 (31.92)	[118.96, 145.47]	115.75 (24.60)	[106.39, 125.11]
ATL (valores)	1106.76 (305.89)	[980.50, 1233.03]	867.69 (261.55)	[768.20, 967.18]
CTL (valores)	1108.20 (196.49)	[929.06, 1094.95]	867.17 (143.59)	[695.86, 854.79]
ACWR (valores)	1.02 (0.28)	[0.99, 1.26]	1.06 (0.32)	[1.01, 1.31]
TMI (valores)	1.50 (0.28)	[1.37, 1.66]	1.75 (0.56)	[1.54, 1.97]
TS (valores)	1616.07 (361.83)	[1469.70, 1817.27]	1444.86 (394.04)	[1294.97, 1594.74]
Mesociclo	Potencia ($n = 4$)		Potencia ($n = 3$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	149.10 (3.65)	[146.77, 151.42]	152.99 (6.91)	[148.05, 157.93]
RFC (valores)	.68 (.02)	[.67, .70]	.71 (.05)	[.67, .75]
S-RPE (valores)	2.69 (0.38)	[2.44, 2.93]	2.35 (0.51)	[1.98, 2.72]
VOLU (min)	420.06 (108.41)	[351.18, 488.94]	441.07 (180.93)	[311.64, 570.51]
Volumen Z1 (min)	226.32 (81.33)	[174.64, 278.00]	352.30 (171.25)	[229.79, 474.80]
Volumen Z2 (min)	114.92 (92.21)	[56.33, 173.51]	11.60 (31.17)	[-10.69, 33.89]
Volumen Z3 (min)	78.81 (36.96)	[55.33, 102.30]	77.17 (32.70)	[53.78, 100.57]
TRIMP _{B&C} (valores)	825.29 (258.49)	[661.05, 989.53]	899.52 (305.65)	[680.87, 1118.17]
TRIMP _{MOR} (valores)	614.17 (192.36)	[491.94, 736.39]	669.41 (227.46)	[506.69, 832.13]
TL _{RPE} (valores)	112.49 (25.43)	[96.33, 128.65]	137.35 (40.76)	[108.19, 166.51]
ATL (valores)	961.39 (289.91)	[777.19, 1145.60]	955.59 (326.06)	[722.33, 1184.84]
CTL (valores)	923.63 (140.37)	[868.71, 1022.61]	957.93 (196.99)	[873.66, 1097.58]
ACWR (valores)	1.09 (0.28)	[0.77, 1.32]	1.20 (0.42)	[0.76, 1.17]
TMI (valores)	1.77 (0.37)	[1.53, 2.00]	1.52 (0.40)	[1.23, 1.81]
TS (valores)	1642.40 (400.66)	[1387.83, 1896.97]	1431.53 (535.01)	[1048.80, 1814.26]

Mesociclos	Competitivo ($n = 3$)		Competitivo ($n = 3$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos · min ⁻¹)	154.51 (8.18)	[149.01, 160.01]	146.70 (8.30)	[141.12, 152.28]
RFC (valores)	.72 (.05)	[.68, .76]	.67 (.05)	[.63, .71]
S-RPE (valores)	2.38 (0.86)	[1.80, 2.97]	2.13 (0.45)	[1.82, 2.44]
VOLU (min)	347.87 (230.81)	[192.80, 502.93]	409.54 (129.89)	[322.28, 496.80]
Volumen Z1 (min)	154.05 (150.65)	[52.84, 255.27]	327.53 (140.63)	[233.04, 422.01]
Volumen Z2 (min)	113.43 (122.41)	[31.19, 195.66]	6.24 (15.29)	[-4.03, 16.51]
Volumen Z3 (min)	80.38 (75.04)	[29.96, 130.79]	75.77 (45.76)	[45.02, 106.51]
TRIMP _{B&C} (valores)	803.11 (558.22)	[428.09, 1178.13]	791.62 (221.09)	[643.08, 940.15]
TRIMP _{MOR} (valores)	597.66 (415.42)	[318.57, 876.75]	589.11 (164.53)	[478.57, 699.64]
TL _{RPE} (valores)	153.88 (76.51)	[102.48, 205.28]	103.85 (16.93)	[92.45, 114.34]
ATL (valores)	899.52 (699.58)	[429.53, 1369.51]	839.98 (231.61)	[684.38, 995.58]
CTL (valores)	1021.59 (446.16)	[1007.86, 1494.00]	844.98 (87.87)	[898.98, 1007.83]
ACWR (valores)	1.01 (1.01)	[0.40, 0.97]	0.94 (0.27)	[0.70, 1.06]
TMI (valores)	1.52 (0.76)	[1.01, 2.03]	1.22 (0.44)	[0.92, 1.52]
TS (valores)	1159.43 (755.17)	[652.10, 1666.77]	988.82 (303.82)	[783.42, 1193.07]
Mesociclos	Tránsito ($n = 0$)		Tránsito ($n = 1$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos · min ⁻¹)	-- (--)	[--]	153.75 (1.53)	[139.98, 167.51]
RFC (valores)	-- (--)	[--]	.71 (.01)	[.61, .81]
S-RPE (valores)	-- (--)	[--]	1.75 (0.11)	[0.69, 2.80]
VOLU (min)	-- (--)	[--]	261.89 (200.66)	[-1540.99, 2064.77]
Volumen Z1 (min)	-- (--)	[--]	261.89 (200.66)	[-1540.99, 2064.77]
Volumen Z2 (min)	-- (--)	[--]	-- (--)	[--,--]
Volumen Z3 (min)	-- (--)	[--]	-- (--)	[--,--]
TRIMP _{B&C} (valores)	-- (--)	[--]	557.79 (439.94)	[-3394.94, 4510.53]
TRIMP _{MOR} (valores)	-- (--)	[--]	415.10 (327.40)	[-2526.46, 3356.67]
TL _{RPE} (valores)	-- (--)	[--]	98.54 (40.37)	[-264.17, 461.26]
ATL (valores)	-- (--)	[--]	486.28 (390.71)	[-3024.19, 3996.75]
CTL (valores)	-- (--)	[--]	-- (--)	[--,--]
ACWR (valores)	-- (--)	[--]	-- (--)	[--,--]
TMI (valores)	-- (--)	[--]	2.52 (0.71)	[-3.90, 8.96]
TS (valores)	-- (--)	[--]	1368.86 (1335.74)	[-10632.34, 13370.07]

Nota. IC 95%: intervalo de confianza al 95%; FC_T: frecuencia cardíaca de trabajo; RFC:

proporción de reserva de la frecuencia cardíaca; S-RPE: escala de esfuerzo percibido de

sesión; VOLU: volumen; TRIMP_{B&C}: dinámica de la carga de Banister y Calvert (1980);

TRIMP_{MOR}: dinámica de la carga de Morton et al. (1990); TL_{RPE}: carga de entrenamiento

percibida; ATL: carga aguda del entrenamiento; CTL: carga crónica del entrenamiento;

ACWR: índice de carga aguda-crónica; TMI: índice de Monotonía del Entrenamiento; TS:

estrés de la carga; --: no hay información disponible.

Tabla 16*Indicadores de carga en microciclos por cada temporada*

Temporada	(T1) 2018-2019		(T2) 2020-2021	
Microciclos	Ajuste ($n = 1$)		Ajuste ($n = 4$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	144.14 (--)	[--]	145.68 (9.35)	[130.79, 160.57]
RFC (valores)	.65 (--)	[--]	.65 (.07)	[.53, .77]
S-RPE (valores)	1.57 (--)	[--]	1.85 (.33)	[1.31, 2.39]
VOLU (min)	385.00 (--)	[--]	263.69 (115.87)	[79.31, 448.07]
Volumen Z1 (min)	275 (--)	[--]	260.94 (115.92)	[76.47, 445.41]
Volumen Z2 (min)	110 (--)	[--]	2.75 (5.50)	[-6.00, 11.50]
Volumen Z3 (min)	00 (--)	[--]	-- (--)	[--]
TRIMP _{B&C} (valores)	730.99 (--)	[--]	489.47 (266.06)	[66.10, 912.84]
TRIMP _{MOR} (valores)	543.99 (--)	[--]	364.26 (198.00)	[49.19, 679.32]
TL _{RPE} (valores)	87.14 (--)	[--]	78.70 (32.68)	[26.69, 130.71]
ATL (valores)	610.00 (--)	[--]	478.39 (230.26)	[111.98, 844.79]
CTL (valores)	-- (--)	[--]	383.66 (--)	[--, --]
ACWR (valores)	-- (--)	[--]	1.98 (--)	[--, --]
TMI (valores)	1.95 (--)	[--]	2.27 (0.51)	[1.45, 3.08]
TS (valores)	1191.47 (--)	[--]	1155.55 (811.84)	[-136.26, 2447.38]
Microciclos	Desarrollo ($n = 29$)		Desarrollo ($n = 31$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	148.38 (4.83)	[146.54, 150.22]	150.75 (7.84)	[147.87, 153.62]
RFC (valores)	.68 (.03)	[.66, .69]	.69 (.05)	[.67, .71]
S-RPE (valores)	2.24 (0.44)	[2.07, 2.41]	2.22 (0.43)	[2.06, 2.39]
VOLU (min)	542.09 (119.99)	[496.45, 587.74]	443.77 (147.59)	[389.63, 497.91]
Volumen Z1 (min)	260.21 (139.08)	[207.30, 313.11]	354.60 (146.16)	[300.98, 408.21]
Volumen Z2 (min)	193.93 (154.23)	[135.26, 252.59]	24.32 (39.70)	[9.75, 38.88]
Volumen Z3 (min)	87.95 (52.51)	[67.97, 107.92]	64.84 (39.33)	[50.42, 79.27]
TRIMP _{B&C} (valores)	1113.35 (311.50)	[994.86, 1231.84]	906.73 (269.33)	[807.93, 1005.52]
TRIMP _{MOR} (valores)	828.54 (231.81)	[740.36, 916.71]	674.77 (200.43)	[601.25, 748.29]
TL _{RPE} (valores)	138.86 (43.05)	[122.48, 155.23]	124.17 (31.44)	[112.63, 135.70]
ATL (valores)	1197.92 (397.08)	[1046.61, 1369.67]	936.32 (299.42)	[826.49, 1046.15]
CTL (valores)	1226.62 (305.30)	[916.11, 1096.40]	938.87 (210.90)	[727.76, 888.83]
ACWR (valores)	1.01 (0.29)	[1.08, 1.36]	1.08 (0.34)	[1.05, 1.33]
TMI (valores)	1.49 (0.34)	[1.36, 1.62]	1.66 (0.51)	[1.47, 1.84]
TS (valores)	1719.77 (394.58)	[1569.68, 1869.86]	1473.66 (415.96)	[1321.08, 1626.23]
Microciclos	Recuperación ($n = 14$)		Recuperación ($n = 16$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	149.39 (4.90)	[146.55, 152.22]	150.37 (7.68)	[146.28, 154.47]
RFC (valores)	.68 (.03)	[.67, .70]	.69 (.05)	[.66, .72]
S-RPE (valores)	2.65 (0.64)	[2.27, 3.02]	2.22 (0.49)	[1.95, 2.48]
VOLU (min)	362.66 (110.82)	[298.67, 426.65]	366.19 (126.22)	[298.93, 433.45]
Volumen Z1 (min)	154.49 (63.57)	[117.78, 191.20]	290.26 (128.49)	[221.79, 358.73]
Volumen Z2 (min)	146.86 (96.38)	[91.21, 202.51]	21.62 (41.00)	[-0.22, 43.47]
Volumen Z3 (min)	61.30 (49.05)	[32.97, 89.63]	54.30 (35.48)	[35.3, 73.20]
TRIMP _{B&C} (valores)	742.23 (258.46)	[593.00, 891.47]	729.87 (225.65)	[609.62, 850.11]
TRIMP _{MOR} (valores)	552.36 (192.34)	[441.30, 663.41]	543.15 (167.92)	[453.67, 632.64]
TL _{RPE} (valores)	115.23 (31.57)	[97.21, 134.95]	100.51 (20.94)	[89.35, 111.68]
ATL (valores)	865.48 (307.09)	[662.92, 1045.60]	744.78 (220.66)	[627.20, 862.37]
CTL (valores)	837.64 (142.23)	[920.54, 1124.96]	754.18 (131.949)	[751.49, 975.42]
ACWR (valores)	1.82 (0.45)	[0.65, 1.02]	1.06 (0.42)	[0.75, 1.01]
TMI (valores)	1.09 (0.43)	[1.57, 2.14]	1.68 (0.53)	[1.40, 1.96]
TS (valores)	1472.57 (425.24)	[1222.11, 1832.70]	1204.83 (387.10)	[998.55, 1411.10]

Microciclos	Competitivos ($n = 1$)		Competitivos ($n = 3$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos · min ⁻¹)	157.00 (--)	[--]	156.58 (3.97)	[146.72, 166.44]
RFC (valores)	.74 (--)	[--]	.74 (.02)	[.67, .81]
S-RPE (valores)	2.33 (--)	[--]	2.58 (0.18)	[2.12, 3.04]
VOLU (min)	364.03 (--)	[--]	313.87 (41.68)	[210.33, 417.41]
Volumen Z1 (min)	80 (--)	[--]	192.26 (73.03)	[10.84, 373.67]
Volumen Z2 (min)	148.50 (--)	[--]	12.33 (10.78)	[-14.46, 39.12]
Volumen Z3 (min)	135.53 (--)	[--]	109.28 (22.09)	[54.40, 134.15]
TRIMP _{B&C} (valores)	859.17 (--)	[--]	702.81 (28.50)	[631.99, 773.62]
TRIMP _{MOR} (valores)	639.38 (--)	[--]	523.02 (21.21)	[470.32, 575.72]
TL _{RPE} (valores)	153.18 (--)	[--]	123.41 (24.14)	[63.44, 183.38]
ATL (valores)	919.12 (--)	[--]	847.93 (56.60)	[707.32, 988.53]
CTL (valores)	-- (--)	[--]	-- (--)	[--, --]
ACWR (valores)	-- (--)	[--]	-- (--)	[--, --]
TMI (valores)	1.16 (--)	[--]	0.88 (0.24)	[0.27, 1.48]
TS (valores)	1071.77 (--)	[--]	738.90 (157.88)	[346.68, 1131.12]
Microciclos	Taper ($n = 6$)		Taper ($n = 2$)	
	$M \pm (DE)$	IC 95%	$M \pm (DE)$	IC 95%
FC _T (latidos · min ⁻¹)	156.88 (7.71)	[148.78, 164.98]	146.21 (17.80)	[-13.72, 306.15]
RFC (valores)	.74 (0.5)	[.68, .80]	.67 (.12)	[-0.45, 1.79]
S-RPE (valores)	2.62 (1.00)	[1.56, 3.68]	2.45 (0.91)	[-5.72, 10.63]
VOLU (min)	241.08 (138.48)	[95.74, 386.41]	273.96 (121.19)	[-814.96, 1362.88]
Volumen Z1 (min)	82.44 (55.09)	[24.62, 140.26]	168.33 (153.20)	[-1208.13, 1544.79]
Volumen Z2 (min)	113.83 (100.19)	[8.68, 218.97]	24.32 (34.40)	[-284.75, 333.40]
Volumen Z3 (min)	44.80 (48.92)	[-6.54, 96.15]	81.30 (66.40)	[-515.31, 677.92]
TRIMP _{B&C} (valores)	559.47 (311.83)	[232.22, 886.73]	535.02 (77.93)	[-165.15, 1235.21]
TRIMP _{MOR} (valores)	416.35 (232.06)	[172.81, 659.89]	398.16 (57.99)	[-122.90, 919.22]
TL _{RPE} (valores)	151.48 (73.07)	[74.79, 228.17]	104.82 (31.78)	[-151.27, 355.88]
ATL (valores)	641.04 (335.50)	[288.95, 993.13]	647.63 (15.74)	[506.18, 789.08]
CTL (valores)	740.37 (213.59)	[758.25, 1691.64]	-- (--)	[--, --]
ACWR (valores)	0.50 (0.27)	[0.25, 0.86]	-- (--)	[--, --]
TMI (valores)	1.35 (0.70)	[0.60, 2.09]	1.04 (0.42)	[-2.66, 4.77]
TS (valores)	800.94 (486.82)	[290.05, 1311.83]	682.15 (294.13)	[-2003.34, 3361.42]

Nota. IC 95%: intervalo de confianza al 95%; FC_T: frecuencia cardíaca de trabajo; RFC:

proporción de reserva de la frecuencia cardíaca; S-RPE: escala de esfuerzo percibido de

sesión; VOLU: volumen; TRIMP_{B&C}: dinámica de la carga de Banister y Calvert (1980);

TRIMP_{MOR}: dinámica de la carga de Morton et al. (1990); TL_{RPE}: carga de entrenamiento

percibida; ATL: carga aguda del entrenamiento; CTL: carga crónica del entrenamiento;

ACWR: índice de carga aguda-crónica; TMI: índice de Monotonía del Entrenamiento; TS:

estrés de la carga; --: no hay información disponible.

Influencia de las estructuras de la planificación y del modelo de distribución de la intensidad sobre indicadores de cuantificación de la carga

Una vez comprobado a nivel descriptivo los cambios que se dieron en el modelo de la TID entre las dos temporadas, en el siguiente apartado se analizó la influencia que tiene o no este cambio de modelo en la distribución de la carga y/o las distintas estructuras de planificación sobre los indicadores de cuantificación de la carga externa, interna y mixta. ¿Son realmente sensibles a estas modulaciones?, ¿se comportan igual algunos indicadores de control de la carga que parecen medir lo mismo?

A modo de ejemplo, se responde a preguntas como si hay o no diferencias en el indicador ACWR al comparar entre si mesociclos de diferente naturaleza (e.g., mesociclos de potencia vs. mesociclos de carga) y si esa diferencia es independiente del modelo de distribución utilizado. También, si el cambio de modelo de la TID es tan potente que afecta a estructuras de naturaleza semejante; es decir, si vemos cambios en la ACWR al comparar mesociclo de potencia no PET versus mesociclo de potencia PET.

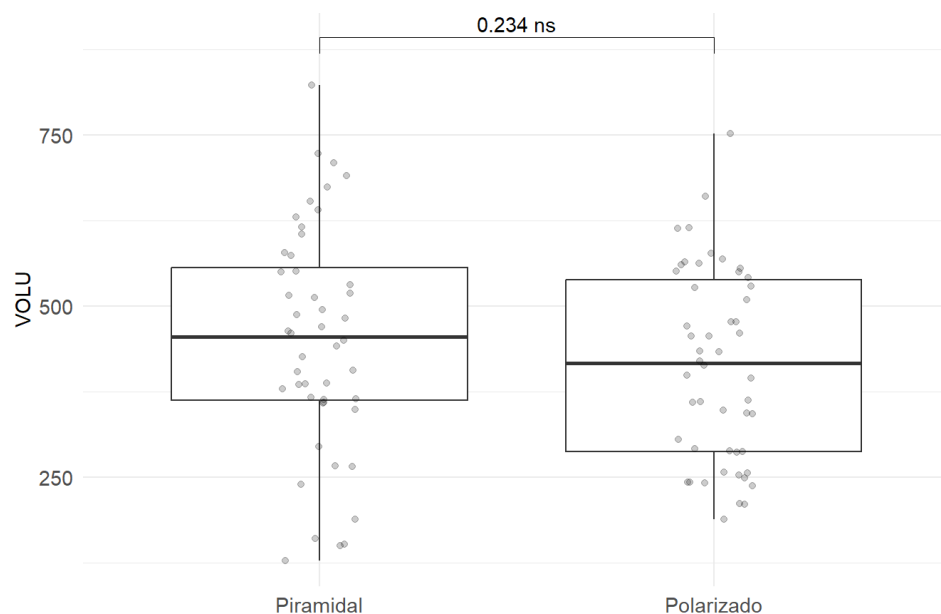
Dada la importancia del indicador de control de la carga VOLU, inicialmente se analizó la diferencia en los valores de la carga de entrenamiento realizados en la TID bajo el modelo PYR (2018-2019) frente a la TID en el modelo PET (2020-2021) en todos los mesociclos de carga, potencia y competencia. Se hace el análisis abarcando a los mesociclos mencionados debido a que éstos han presentado una dinámica de la carga importante, se han implementado con mayor frecuencia en el entrenamiento a lo largo de las temporadas y son los mismos mesociclos a los cuales se les aplicó diferentes análisis estadísticos acerca de la influencia de las estructuras de la planificación y del modelo de distribución de la intensidad sobre indicadores de cuantificación de la carga.

La prueba de autocorrelación aplicada al VOLU indica que no tiene dependencia serial en sus valores. Enseguida, se verificó la normalidad de la distribución y el supuesto de

homocedasticidad para aplicar la prueba t de medidas independientes (Figura 23). En el indicador VOLU de los mesociclos de carga, potencia y competencia en cada temporada, el análisis estadístico señaló que no había diferencias significativas entre la TID con el modelo PYR (426.16 ± 115.63) y el modelo PET (418.90 ± 147.29), $t(96) = 1.19$, $p = .23$, $r = -.17$, tamaño del efecto pequeño.

Figura 23

Análisis del VOLU en mesociclos de carga, potencia y competencia entre temporadas



Para analizar la influencia que tienen distintas estructuras de planificación y el modelo de distribución de la intensidad, se abordaron los resultados y discusión con base en cuatro aspectos, así: (i) influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos, (ii) influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID, (iii) diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la temporada y (iv) diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID.

Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos

Los resultados sobre la influencia del efecto de la TID (i.e., modelo de distribución no PET vs. PET), sobre los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en mesociclos, se presentan a continuación. La Tabla 17 contiene la información de la comparación de los indicadores de cuantificación de la carga (i.e., interna, externa y mixta) de los mesociclos de carga entre temporadas.

Tabla 17

Comparación de mesociclos de carga entre temporadas

Indicadores	Temporada 1 (2018-2019)	Temporada 2 (2020-2021)	Estadístico	p
	Mesociclo de carga	Mesociclo de carga		
FC _T (latidos · min ⁻¹)	148.27 (4.54)	151.71 (7.39)	-2.09 [†]	.04*
RFC (valores)	.68 (.03)	.70 (.05)	-1.90 [†]	.06
S-RPE (valores)	2.22 (0.52)	2.28 (0.43)	3.11 ^a	.38
VOLU (min)	510.56 (127.68)	406.09 (131.04)	2.95 [♦]	< .01*
Volumen Z1 (min)	210.32 (137.83)	312.12 (140.13)	3.40 [*]	< .01*
Volumen Z2 (min)	233.39 (133.22)	33.13 (44.35)	-3.46 [*]	< .01*
Volumen Z3 (min)	66.84 (48.92)	60.83 (36.17)	-0.75 [*]	.45
TRIMP _{B&C} (valores)	1056.84 (273.22)	844.69 (247.33)	2.99 [♦]	< .01*
TRIMP _{MOR} (valores)	786.49 (203.32)	628.60 (184.06)	2.99 [♦]	< .01*
TL _{RPE} (valores)	131.87 (31.92)	115.75 (24.60)	-2.90 [*]	< .01*
ATL (valores)	1106.76 (305.89)	867.69 (261.55)	522 ^a	< .01*
CTL (valores)	1108.20 (196.49)	867.17 (143.59)	-7.38 [*]	< .01*
ACWR (valores)	1.02 (0.28)	1.06 (0.32)	-0.39 [♦]	.69
TMI (valores)	1.50 (0.28)	1.75 (0.56)	-2.13 [†]	.03*
TS (valores)	1616.07 (361.83)	1444.86 (394.04)	437 ^a	.20

[†] Prueba *t* para heterocedásticas. ^a Prueba de Wilcoxon. [♦] Prueba *t* para homocedásticas. ^{*}

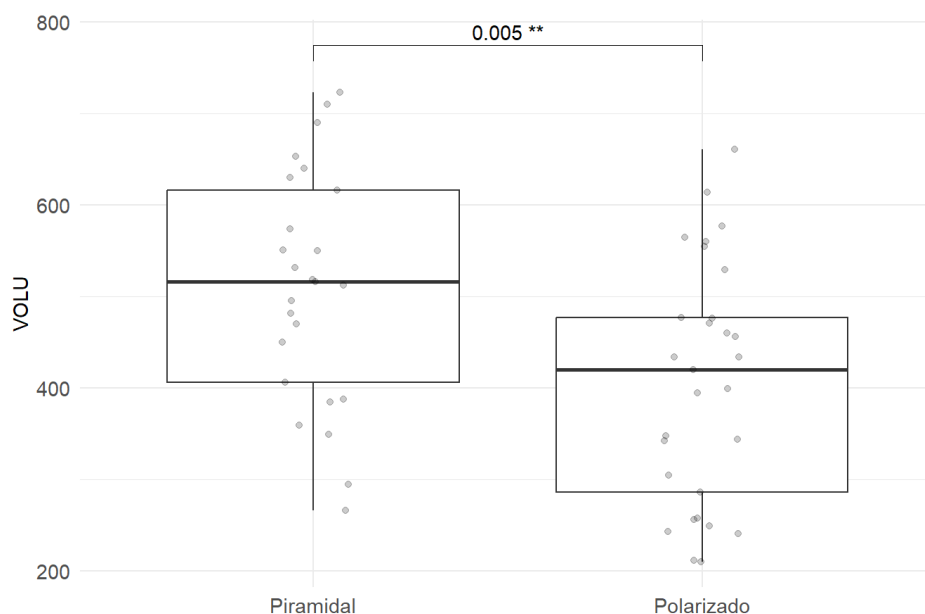
Prueba de series de tiempo interrumpidas.

* $p < .05$.

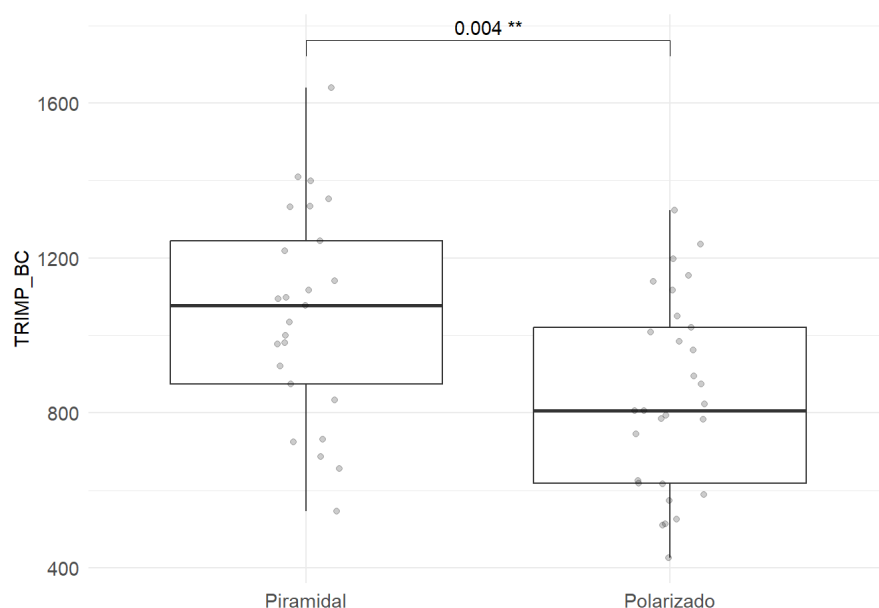
Algunos indicadores de cuantificación de la carga presentaron independencia, normalidad y homocedasticidad en sus valores y fueron analizados con la prueba t (Tabla 17). Varios de estos indicadores manifestaron diferencias significativas en los mesociclos de carga entre la T1 y la T2 (i.e., VOLU, TRIMP_{B&C}, TRIMP_{MOR}). En la Figura 24 se evidenció que al pasar de una TID bajo el modelo PYR al modelo PET el valor del VOLU general de entrenamiento se redujo de forma significativa ($p < .05$).

Figura 24

Comparativa en el VOLU para los mesociclos de carga



La Figura 24 confirma que la disminución en la magnitud de la dinámica de la carga de entrenamiento, en el modelo PET, afectó significativamente a los indicadores estrechamente relacionados, como son: TRIMP_{B&C} y TRIMP_{MOR}, tal y como se aprecia en las Figuras 25 y 26. De esta manera, en función de lo que sea más conveniente, en el entrenamiento deportivo se puede utilizar uno u otro indicador TRIMP, puesto que los dos indicadores de TRIMP se comportan igual, a diferencia de lo que plantea Morton (1990), que su propuesta TRIMP es diferente e innovadora.

Figura 25*TRIMP_{B&C} en mesociclos de carga*

Es difícil encontrar estudios que hayan aplicado el método de Banister y Calvert (1980) o el método de Morton et al. (1990) para calcular el valor del TRIMP, debido a la diversidad de métodos que los estudios emplean para calcularlo.

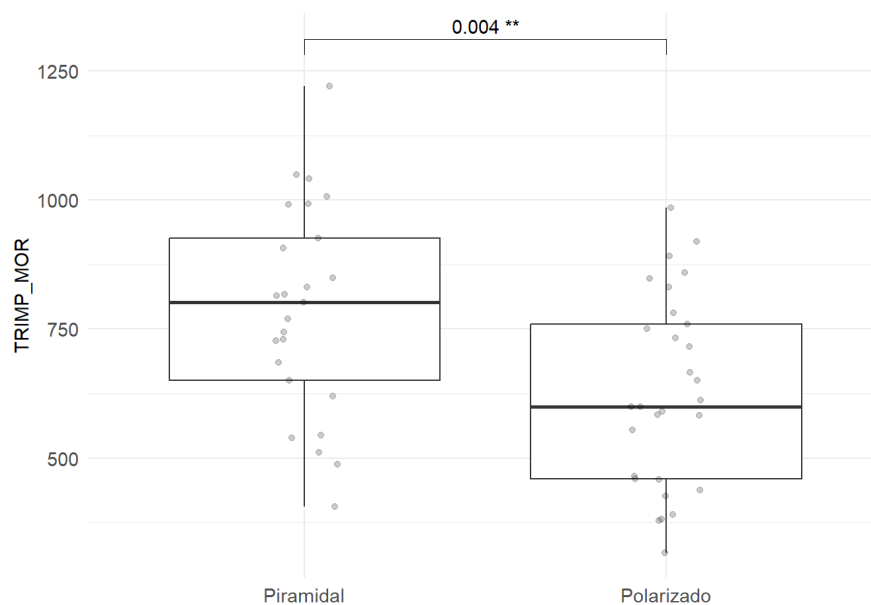
Por ejemplo, Festa et al. (2020) utilizaron una versión modificada del enfoque TRIMP planteado por Foster et al. (2001), donde al valor obtenido se multiplicaba por el tiempo acumulado en cada zona con un coeficiente ponderado y el valor total del TRIMP se obtenía sumando los puntajes de las tres zonas de intensidad. En otro estudio, García-Ramos et al. (2014) calcularon el TRIMP, pero con una modificación en el procedimiento de su cálculo, lo cual dificulta comparar los resultados reportados. En otros estudios simplemente no se mencionan los valores de TRIMP directamente encontrados (Wallace et al., 2014, Wallace, Slattery, Impellizzeri, & Coutts, 2014).

Sin embargo, Parmar et al. (2021) en su estudio de revisión, encontraron algunas investigaciones que han controlado la carga para analizar el volumen y los efectos crónicos del entrenamiento en corredores bien entrenados (Demarle et al., 2001; Garcin et al., 2002;

Slawinski et al., 2001) y a cada estudio se le calculó el indicador TRIMP, encontrando valores por microciclo de 237, 247 y 294 respectivamente. Estos valores referenciados del indicador TRIMP se encuentran por debajo con respecto a los microciclos de desarrollo (828.54) o recuperación (552.36) realizados por María Paz (Tabla 16), que son los microciclos comunes que integran a los mesociclos de carga que estamos analizando.

Figura 26

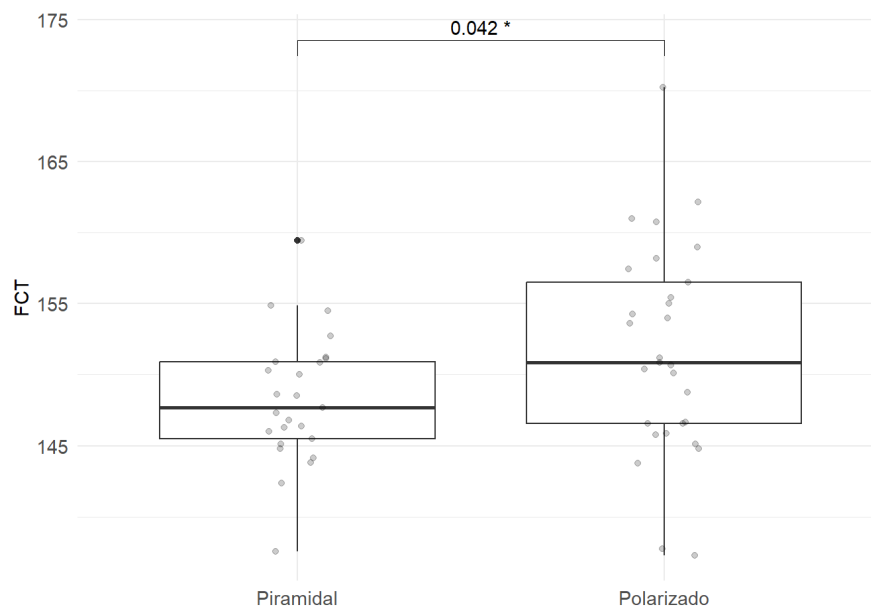
TRIMP_{MOR} en mesociclos de carga



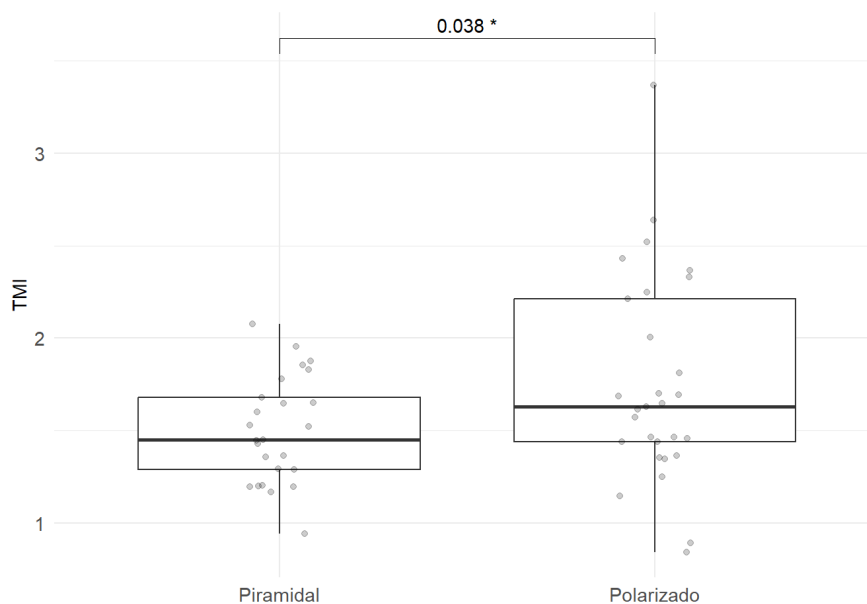
Los indicadores de cuantificación de la carga que arrojaron heterocedasticidad en sus valores se analizaron con la prueba *t*. Teniendo en cuenta los valores medios de cada microciclo, se presentan los valores del indicador FC_T (Figura 27) y de TMI (Figura 28) en los mesociclos de carga, puesto que fueron los únicos indicadores que arrojaron diferencias significativas ($p < .05$) en sus comparaciones.

Figura 27

Cambios en la FC_T en los mesociclos de carga en función de la TID

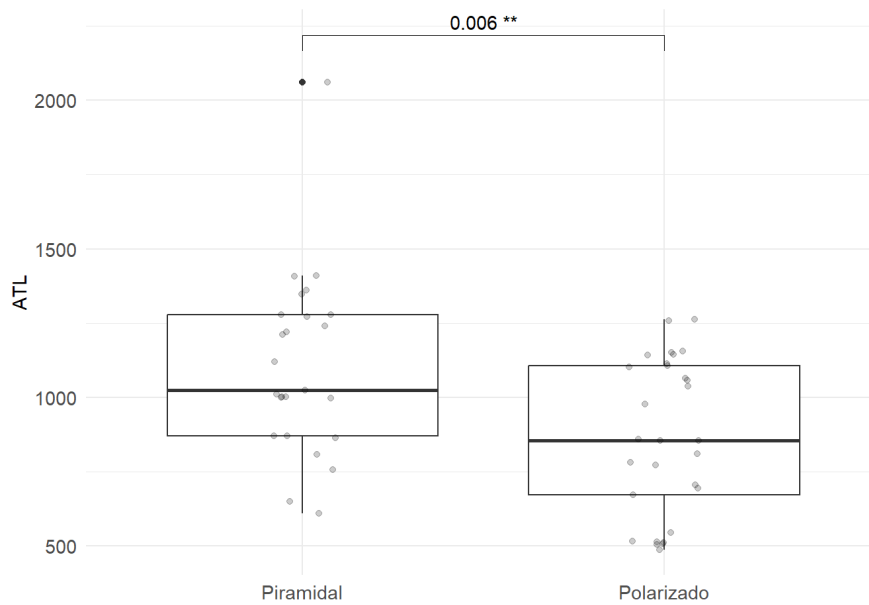


Aunque el TMI ha sido significativamente mayor en los mesociclos de carga de la TID en el modelo PET con respecto al modelo PYR (Figura 28), sigue siendo un indicador de monotonía bajo, alejado del valor 2.0 que indica una alerta de sobreentrenamiento (Foster et al., 2005). En la TID con el modelo PET, al aumentar el trabajo en *Z1* puede suponer un aumento en los valores del TRIMP y en el TMI; pero, parece que en este caso los mesociclos de carga fueron utilizados de forma adecuada.

Figura 28*TMI en mesociclos de carga*

Los valores en el indicador TMI que manifiesta María Paz rondan las 1.5 unidades lo cual permite una asimilación adecuada de las cargas de trabajo, pues se considera que bajos niveles de monotonía < 2.0 contribuyen a evitar el sobre entrenamiento (Foster et al., 2000). Así mismo, Boullosa y Foster (2018) mencionan que una baja monotonía en el entrenamiento puede contribuir adaptaciones positivas y mejores rendimientos. Estos resultados están en concordancia con lo reportado por Blázquez et al. (2021) quienes evaluaron la carga de entrenamiento y competición en un equipo de baloncesto profesional durante 21 semanas y encontraron que los valores del TMI se mantuvieron en 1.21 unidades en toda la temporada. De esta manera, el indicador de control de la carga TMI permite mantener un incremento progresivo de la carga sin consecuencias de riesgo de lesión.

Además, tal y como señala la Figura 29, el ATL fue significativamente más bajo, indicando que podemos estar acumulando menos fatiga en los mesociclos de carga de la temporada de entrenamiento con distribución PET.

Figura 29*ATL en mesociclos de carga*

Tal y como se señaló en el apartado de metodología, cuando los indicadores de cuantificación de la carga presentaban dependencia de un microciclo a otro (i.e., autocorrelación) fue necesario aplicar la prueba estadística de STI. A continuación, en la Tabla 18 se presentan los indicadores de cuantificación de la carga que estuvieron autocorrelacionados en los mesociclos de carga entre T1 y T2 y que presentaron diferencias significativas ($p < .05$) luego de su análisis.

Tabla 18*Indicadores de carga autocorrelacionados en mesociclos de carga*

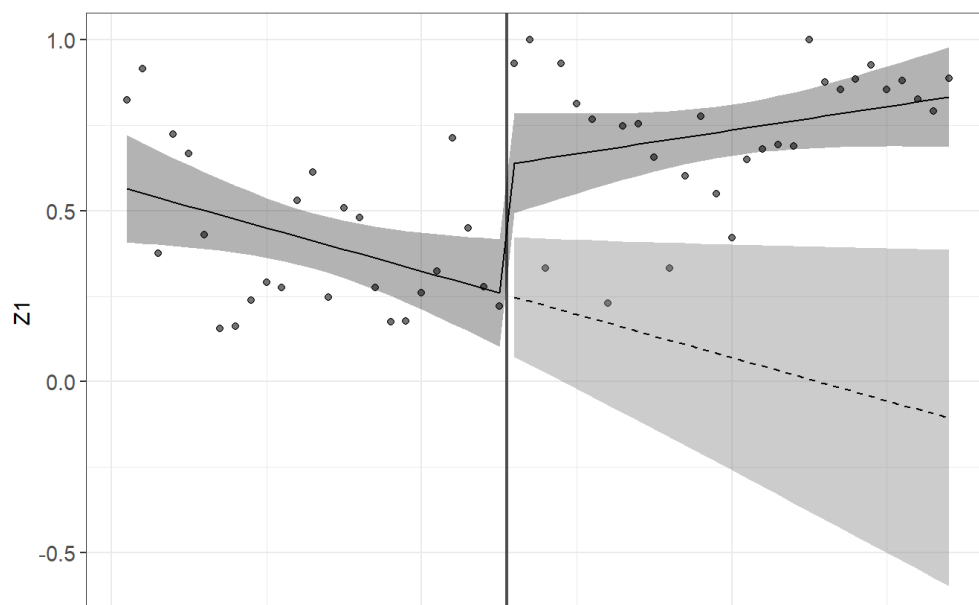
Coeficientes	Valor	EE	t	p
Volumen Z1				
Intercepto	0.57	0.08	6.95	< .01*
Tiempo	-0.01	< 0.01	-2.26	.02*
Cambio de nivel	0.37	0.10	3.40	< .01*
Tendencia en la temporada 2	0.02	< 0.01	2.73	< .01*
Volumen Z2				
Intercepto	0.34	0.07	4.63	< .01*
Tiempo	< 0.01	< .01	1.78	.08
Cambio de nivel	-0.33	0.09	-3.46	< .01*
Tendencia en la temporada 2	-0.01	< .01	-2.59	.01*
TL _{RPE}				
Intercepto	114.17	11.35	10.05	< .01*
Tiempo	1.36	0.76	1.78	.08
Cambio de nivel	-43.47	14.98	-2.90	< .01*
Tendencia en la temporada 2	-0.62	0.97	-0.64	.52
CTL				
Intercepto	989.47	61.47	16.09	< .01*
Tiempo	9.02	4.13	2.18	.03*
Cambio de nivel	-589.09	81.13	-7.26	< .01*
Tendencia en la temporada 2	7.09	5.29	1.33	.18

* $p < .05$.

Enseguida, se muestran las imágenes de la prueba de STI sobre la influencia del efecto de la temporada en los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en los mesociclos de carga. Para el indicador Volumen en Z1 (Figura 30), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la temporada PET hubo una tendencia negativa y significativa, donde el valor promedio para cada semana fue disminuído en -0.01 unidades. En el cambio de nivel entre la PYR versus PET se expone un aumento, donde el efecto inmediato fue positivo y significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores del Volumen en Z1 en 0.37 unidades. La T2 reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la T1, donde hubo un efecto sostenido estadísticamente significativo, lo cual evidenció un cambio en los valores del Volumen en Z1 por mesociclo de carga durante la T2.

Figura 30

Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z1 en mesociclos de carga



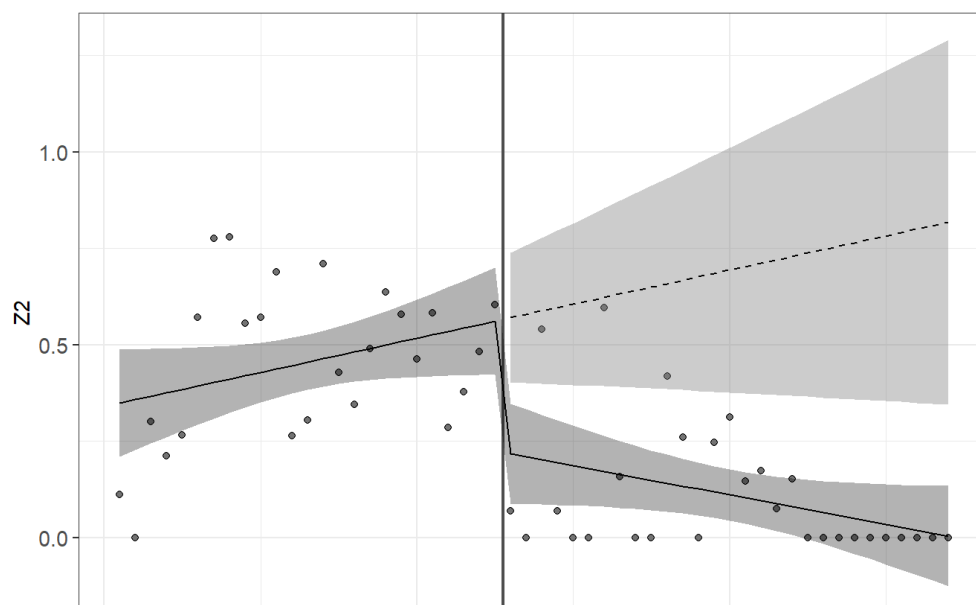
Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El coeficiente del cambio de nivel entre la T1 y la T2 ($p < .01$) y de la tendencia en la T2 ($p < .01$) resultaron significativos. El cambio en la temporada generó cambio en la tendencia y en el nivel del indicador Volumen en Z1, en los mesociclos de carga.

Para el indicador Volumen en Z2 (Figura 31), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la T2 hubo una tendencia positiva, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en < 0.01 unidades. En el cambio de nivel entre la T1 y la T2 se expone una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores del Volumen en Z2 en -0.33 unidades. La T2 reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la T1, donde hubo un efecto sostenido estadísticamente significativo, lo cual mostró un cambio en los valores del Volumen en Z1 por mesociclo durante la T2.

Figura 31

Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z2 en mesociclos de carga



Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El coeficiente del cambio de nivel entre la T1 y la T2 ($p < .01$) y de la tendencia en la T2 ($p = .01$) resultaron significativos. El cambio en la temporada generó cambio en la tendencia y en el nivel del indicador Volumen en Z2, en los mesociclos de carga.

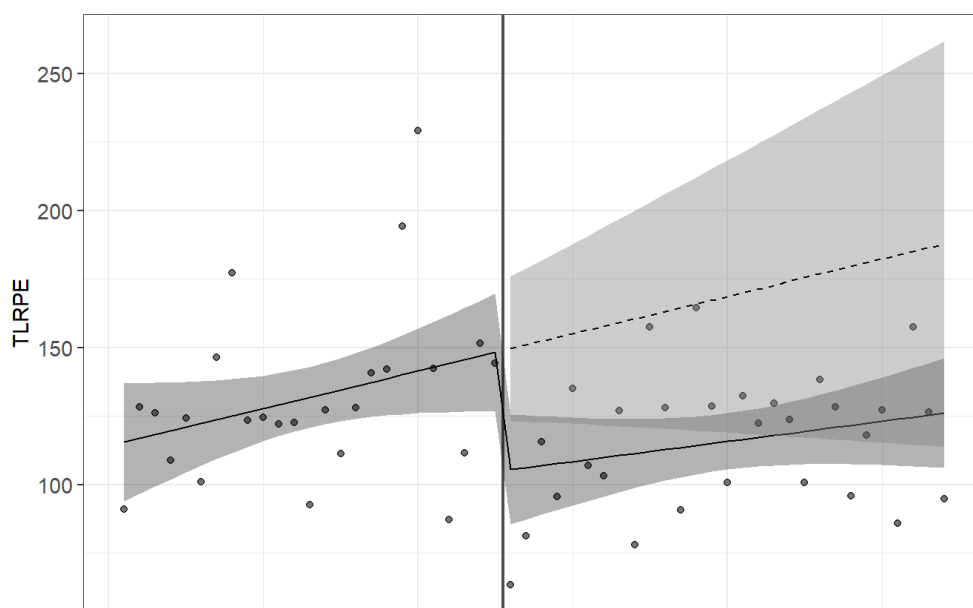
A pesar de los cambios en la Z1 y Z2 de intensidad, los valores de la Z3 no se vieron afectados. Una explicación para este hallazgo es que se necesita un entrenamiento de baja intensidad para contrarrestar los efectos potenciales negativos (e.g., estrés autonómico y hormonal, agotamiento de la energía) del entrenamiento a intensidades en el umbral de lactato (Bourgois et al., 2019). Efectivamente el cambio en la TID trasciende en un cambio global y se refleja también en los mesociclos, microciclos y sus intensidades. Lo que justifica ajustar el cambio de modelo y la estrategia de minimizar el impacto del entrenamiento de la TID, en las diferentes estructuras de la planificación, bajo el modelo ThET o PYR, como sucedió a lo largo de toda la T1. La anterior descripción pudo contribuir positivamente al rendimiento

manifestado en las competencias realizadas en la T2 o contribuir en evitar la aparición de lesiones en una deportista que año tras año prolonga la longevidad de su carrera deportiva.

Para el indicador TL_{RPE} (Figura 32), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la T2 hubo una tendencia positiva, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en 1.36 unidades. En el cambio de nivel entre la T1 y la T2 se expone una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la TL_{RPE} en -43.47 unidades. La T2 no reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la T1, lo cual mostró un cambio en los valores de la TL_{RPE} por mesociclo durante la T2.

Figura 32

Series de tiempo interrumpidas para TL_{RPE} en mesociclos de carga



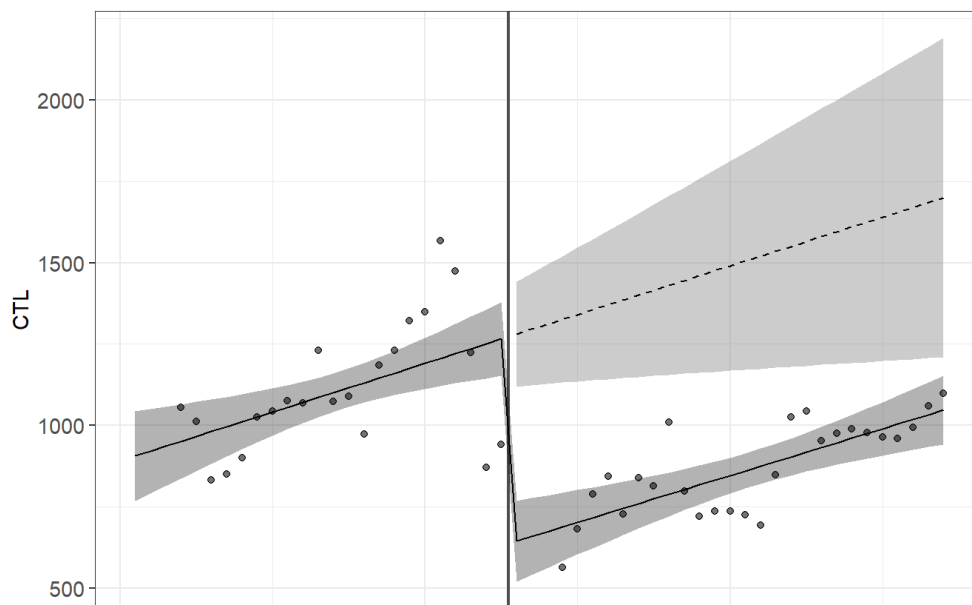
Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El coeficiente del cambio de nivel entre la T1 y la T2 resultó significativo ($p < .01$). El cambio en la temporada generó cambio en el nivel del indicador TL_{RPE} ; pero no en la tendencia de la misma en los mesociclos de carga.

Para el indicador CTL (Figura 33), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la T2 hubo una tendencia positiva y significativa, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en 9.02 unidades. En el cambio de nivel entre la T1 y la T2 se expone una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la CTL en -589.09 unidades. La T2 reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la T1, donde hubo un efecto sostenido positivo, lo cual mostró un cambio en los valores de la CTL de 7.09 unidades por mesociclo durante T2.

Figura 33

Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de carga



Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El coeficiente del cambio de nivel entre la T1 y la T2 resultó significativo ($p < .01$), el coeficiente de la tendencia en la T2 no resultó significativo ($p = .18$). El cambio en la temporada generó cambio en el nivel del indicador CTL; pero, no en la tendencia de la misma en los mesociclos de carga.

Aunque, considerando la T1 en su conjunto se manifiesta la TID bajo el modelo PYR, en el caso de los mesociclos de carga la TID del entrenamiento presentó el modelo ThET y en la T2 el modelo PET. Esta dinámica repercute en que el indicador Volumen *Z1* aumentó sus valores y el indicador Volumen *Z2* disminuyó sus valores en la T2 con respecto a la T1; esto ocasiona un cambio de nivel y de tendencia en los mesociclos de carga de los indicadores Volumen *Z1* y Volumen *Z2* entre la T1 y la T2. Al realizarse mayor cantidad trabajo en una zona de intensidad menor, en la T2, esto provoca que los indicadores ATL, CTL y la TL_{RPE} sean menores y por lo tanto, la dinámica de la carga también (i.e., $TRIMP_{B\&C}$ y $TRIMP_{MOR}$ de menor valor).

Una vez analizados los mesociclos de carga, enseguida se muestran los resultados sobre la influencia del efecto de la temporada sobre los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en mesociclos de potencia (Tabla 19). En este caso los indicadores de cuantificación de la carga con diferencias significativas ($p < .05$) entre temporadas se reducen a tres (i.e., Volumen *Z1*, Volumen *Z2* y CTL). La Tabla 20 hace referencia a éstos tres indicadores.

Tabla 19*Comparación de mesociclos de potencia entre temporadas*

Indicadores	Temporada 1 (2018-2019)	Temporada 2 (2020-2021)	Estadístico	p
	Mesociclo de potencia	Mesociclo de potencia		
FC _T (latidos · min ⁻¹)	149.10 (3.65)	152.99 (6.91)	-1.60 †	.13
RFC (valores)	.68 (.02)	.71 (.05)	-1.44 †	.17
S-RPE (valores)	2.69 (0.38)	2.35 (0.51)	1.76 ♦	.09
VOLU (min)	420.06 (108.41)	441.07 (180.93)	-0.33 ♦	.74
Volumen Z1 (min)	226.32 (81.33)	352.30 (171.25)	4.79 *	< .01*
Volumen Z2 (min)	114.92 (92.21)	11.60 (31.17)	-9.84 *	< .01*
Volumen Z3 (min)	78.81 (36.96)	77.17 (32.70)	-0.46 ♦	.64
TRIMP _{B&C} (valores)	825.29 (258.49)	899.52 (305.65)	-0.61 ♦	.54
TRIMP _{MOR} (valores)	614.17 (192.36)	669.41 (227.46)	-0.61 ♦	.54
TL _{RPE} (valores)	112.49 (25.43)	137.35 (40.76)	-1.74 ♦	.09
ATL (valores)	961.39 (289.91)	955.59 (326.06)	0.04 ♦	.96
CTL (valores)	923.63 (140.37)	957.93 (196.99)	-7.62 *	< .01*
ACWR (valores)	1.09 (0.28)	1.20 (0.42)	0.36 *	.71
TMI (valores)	1.77 (0.37)	1.52 (0.40)	1.48 ♦	.15
TS (valores)	1642.40 (400.66)	1431.53 (535.01)	1.05 ♦	.30

† Prueba *t* para heterocedásticas. ♦ Prueba *t* para homocedásticas. * Prueba de series de tiempo

interrumpidas.

* $p < .05$.**Tabla 20***Indicadores de carga autocorrelacionados en mesociclos de potencia*

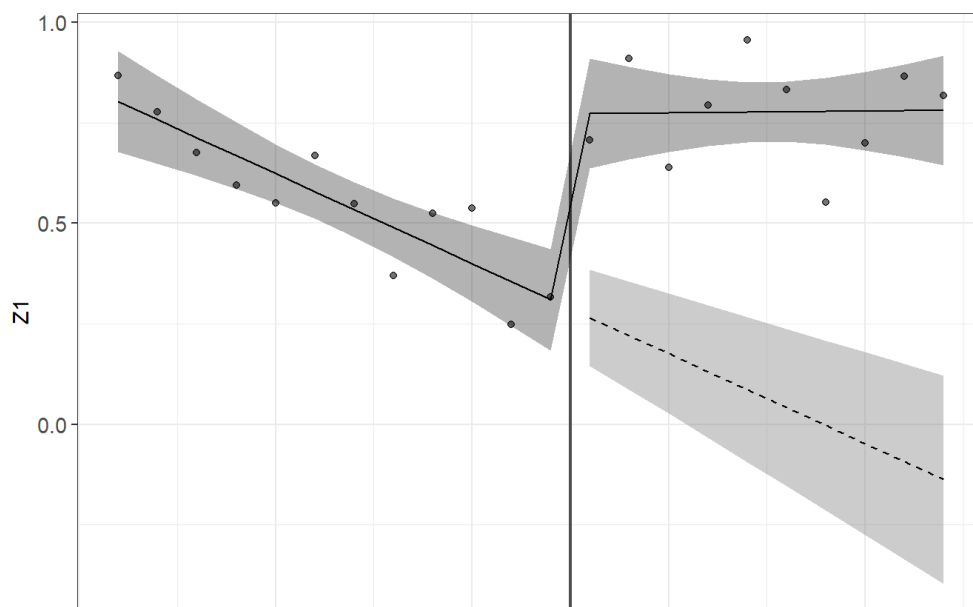
Coeficientes	Valor	EE	t	p
Volumen Z1				
Intercepto	0.84	0.06	12.48	< .01*
Tiempo	-0.04	< .01	-4.85	< .01*
Cambio de nivel	0.46	0.09	4.79	< .01*
Tendencia en la temporada 2	0.04	0.01	2.99	< .01*
Volumen Z2				
Intercepto	-0.02	0.03	-0.74	.46
Tiempo	0.04	< .01	8.82	< .01*
Cambio de nivel	-0.52	0.05	-9.84	< .01*
Tendencia en la temporada 2	-0.03	< .01	-4.57	< .01*
CTL				
Intercepto	695.46	56.55	12.29	< .01*
Tiempo	40.91	7.68	5.32	< .01*
Cambio de nivel	-611.63	80.19	-7.62	< .01*
Tendencia en la temporada 2	28.32	12.70	2.22	< .01*

* $p < .05$.

Enseguida, se muestran las imágenes de la prueba de STI sobre la influencia del efecto de la temporada en los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en los mesociclos de potencia. Para el indicador Volumen en *Z1* (Figura 34), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la T2 hubo una tendencia negativa y significativa, donde el valor promedio para cada semana fue disminuído en -0.04 unidades. En el cambio de nivel entre la T1 y la T2 se expone un aumento, donde el efecto inmediato fue positivo, significativo y presentó un cambio de escalón en los valores del Volumen en *Z1* en 0.46 unidades. La T2 reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la T1, donde hubo un efecto sostenido estadísticamente significativo, lo cual mostró que hay cambio en los valores del Volumen en *Z1* por mesociclo durante la T2.

Figura 34

Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z1 en mesociclos de potencia



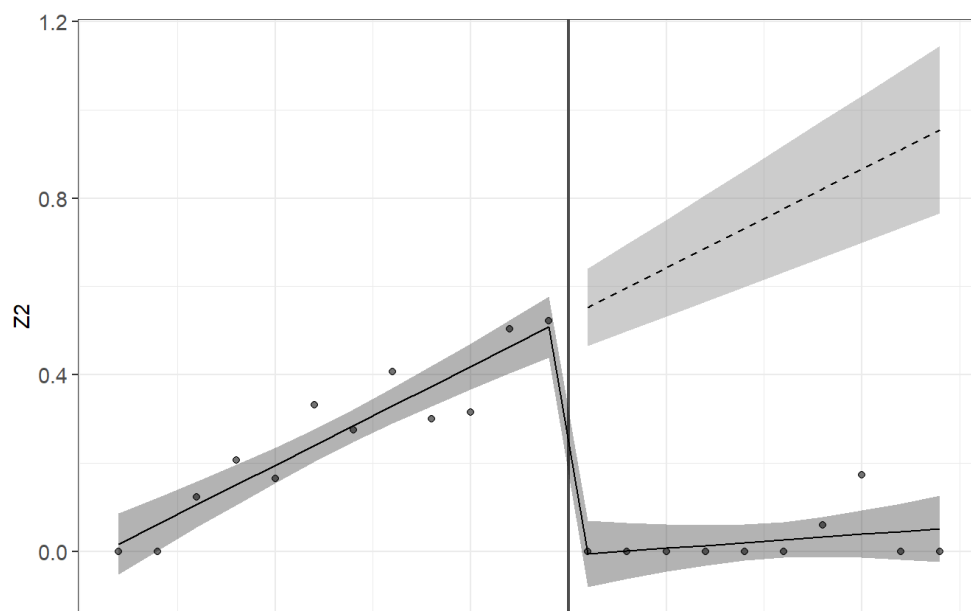
Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El coeficiente del cambio de nivel entre la T1 y la T2 ($p < .01$) y de la tendencia en la T2 ($p < .01$) resultaron significativos. El cambio en la temporada generó cambio en la tendencia y en el nivel del indicador Volumen en Z1, en los mesociclos de potencia.

Para el indicador Volumen en Z2 (Figura 35), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la T2 hubo una tendencia positiva, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en 0.04 unidades. En el cambio de nivel entre la T1 y la T2 se expone una disminución, donde el efecto inmediato es negativo y significativo, presentando un cambio de escalón en los valores del Volumen en Z2 en -0.52 unidades. La T2 reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la T1, donde hubo un efecto sostenido negativo y estadísticamente significativo en los los valores del Volumen en Z2 en -0.03 unidades, lo cual mostró que hay cambio en los valores del Volumen en Z2 por mesociclo durante la T2.

Figura 35

Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z2 en mesociclos de potencia



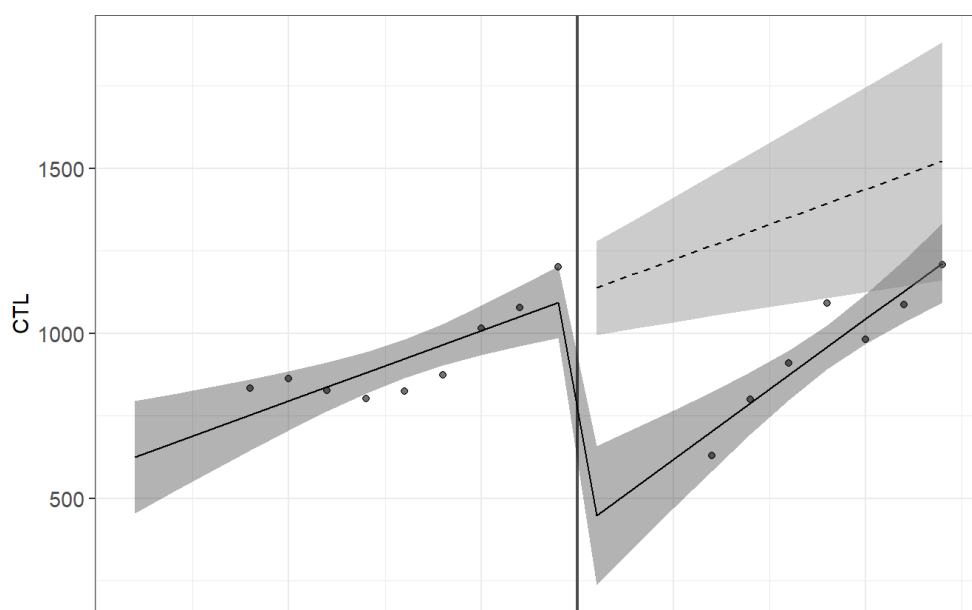
Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El cambio en la temporada generó cambio en el nivel y en la tendencia del indicador Volumen en Z2, en los mesociclos de potencia. Con esta dinámica del indicador Volumen Z2 se confirma la disminución del trabajo entre umbrales tanto en los mesociclos de carga como en los de potencia.

Para el indicador CTL (Figura 36), el coeficiente del tiempo mostró que antes de la T2 hubo una tendencia positiva y significativa, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en 40.91 unidades. En el cambio de nivel entre la T1 y la T2 se expone una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la CTL en -611.63 unidades. La T2 reflejó un cambio en la tendencia subsecuente a la intervención, donde hubo un efecto sostenido positivo y significativo, lo cual mostró que hay cambio en los valores de la CTL de 28.32 unidades por mesociclo durante la T2.

Figura 36

Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de potencia



Nota. Parte izquierda de la línea central presenta microciclos en el modelo piramidal y parte derecha presenta microciclos en el modelo polarizado.

El coeficiente del cambio de nivel entre la T1 y la T2 ($p < .01$) y de la tendencia en la T2 ($p < .01$) resultaron significativos. El cambio en la temporada generó cambio en el nivel y en la tendencia del indicador CTL en los mesociclos de potencia.

De manera general, en los mesociclos de potencia la TID del entrenamiento en la T1 presentó el modelo ThET y en la T2 el modelo PET. Esta dinámica repercute en que el indicador Volumen Z1 aumentó sus valores y el indicador Volumen Z2 disminuyó sus valores en la T2 con respecto a la T1; esto ocasiona un cambio de nivel y de tendencia en los mesociclos de potencia de los indicadores Volumen Z1 y Z2 entre la T1 y la T2. Al realizarse mayor cantidad trabajo en una zona de intensidad menor, en la T2, esto provoca que el indicador CTL sea menor. El hecho de que el ATL fuera ligeramente superior para los mesociclos de potencia en la T2, aunque no de forma significativa, estaría relacionado con que tampoco se encontraran cambios significativos en la ACWR (Tabla 19).

Finalizamos el apartado con el análisis de los mesociclos de competencia. Como se aprecia en la Tabla 21 algunos indicadores de cuantificación de la carga fueron analizados con estadísticos paramétricos.

Tabla 21*Comparación de los mesociclos de competencia entre temporadas*

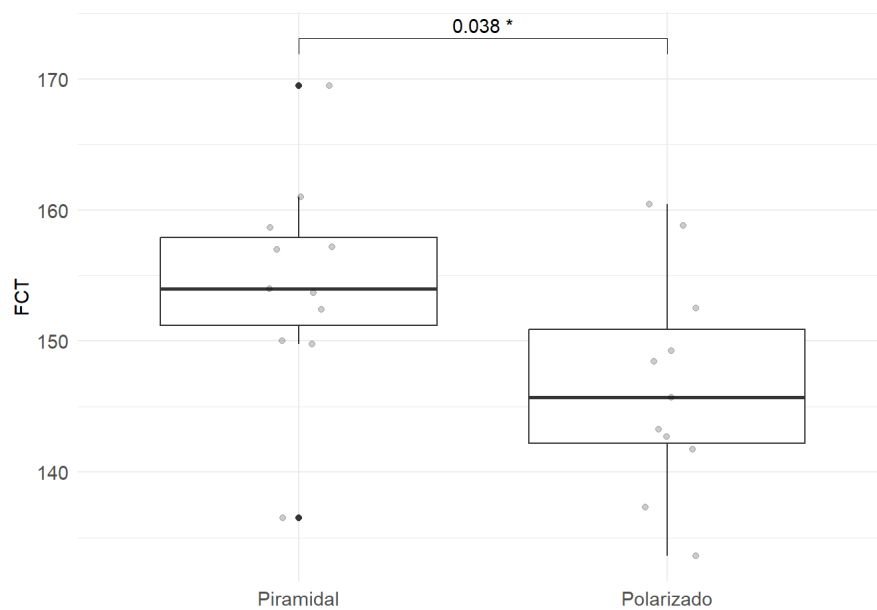
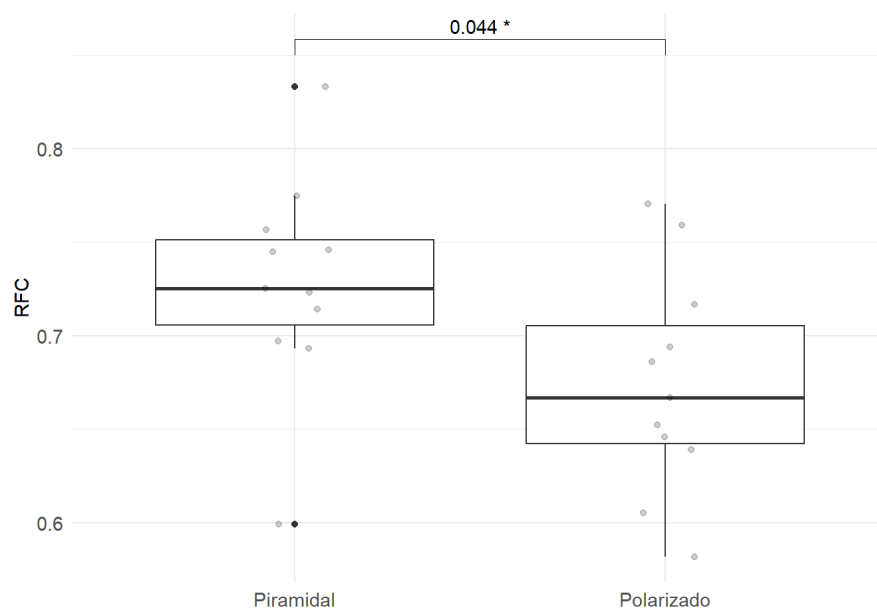
Indicadores	Temporada 1 (2018-2019)	Temporada 2 (2020-2021)	<i>Estadístico</i>	<i>p</i>
	Mesociclo competencia	Mesociclo competencia		
FC _T (latidos · min ⁻¹)	154.51 (8.18)	146.70 (8.30)	2.22 [♦]	.03*
RFC (valores)	.72 (.05)	.67 (.05)	2.15 [♦]	.04*
S-RPE (valores)	2.38 (0.86)	2.13 (0.45)	0.85 [♦]	.40
VOLU (min)	347.87 (230.81)	409.54 (129.89)	43 ^a	.27
Volumen Z1 (min)	154.05 (150.65)	327.53 (140.63)	25 ^a	.02*
Volumen Z2 (min)	113.43 (122.41)	6.24 (15.29)	106 ^a	< .01*
Volumen Z3 (min)	80.38 (75.04)	75.77 (45.76)	61 ^a	.99
TRIMP _{B&C} (valores)	803.11 (558.22)	791.62 (221.09)	0.06 [†]	.95
TRIMP _{MOR} (valores)	597.66 (415.42)	589.11 (164.53)	0.06 [†]	.95
TL _{RPE} (valores)	153.88 (76.51)	103.85 (16.93)	2.11 [†]	.06
ATL (valores)	899.52 (699.58)	839.98 (231.61)	0.26 [†]	.79
CTL (valores)	1021.59 (446.16)	844.98 (87.87)	0.62 [*]	.53
ACWR (valores)	1.01 (1.01)	0.94 (0.27)	0.00 [†]	.99
TMI (valores)	1.52 (0.76)	1.22 (0.44)	72 ^a	.47
TS (valores)	1159.43 (755.17)	988.82 (303.82)	0.69 [†]	.49

[♦] Prueba *t* para homocedásticas. ^a Prueba de Wilcoxon. [†] Prueba *t* para heterocedásticas. ^{*}

Prueba de series de tiempo interrumpidas.

* $p < .05$.

En las figuras 37 y 38 se incluyen las comparaciones de la FC_T y la RFC donde se evidencia que el comportamiento de sus valores fue menor en la T2, con respecto a la T1. Esto es posiblemente un producto de adaptación cardiovascular por un aumento del volumen de trabajo en la Z1 de intensidad.

Figura 37*FC_T en mesociclos competencia***Figura 38***RFC en mesociclos competencia*

Para analizar los indicadores de cuantificación de la carga de Volumen Z1 y Z2 se aplicó una prueba no paramétrica. En las Figuras 39 y 40 se aprecia el comportamiento de los

mencionados indicadores, donde la influencia del efecto de la temporada sobre la distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad (i.e., Z1, Z2 y Z3), realizada en los mesociclos de competencia presentaron un aumento significativo ($p < .05$) en la TID de la Z1 de intensidad entre la T2 con respecto a la T1 y una disminución significativa ($p < .05$) del volumen de entrenamiento de la Z2 de intensidad entre la T2 con respecto a la T1. Una vez más, este comportamiento es coherente con el modelo de distribución PYR y PET que caracteriza la T1 y la T2, respectivamente.

Figura 39

Volumen Z1 en mesociclos competencia

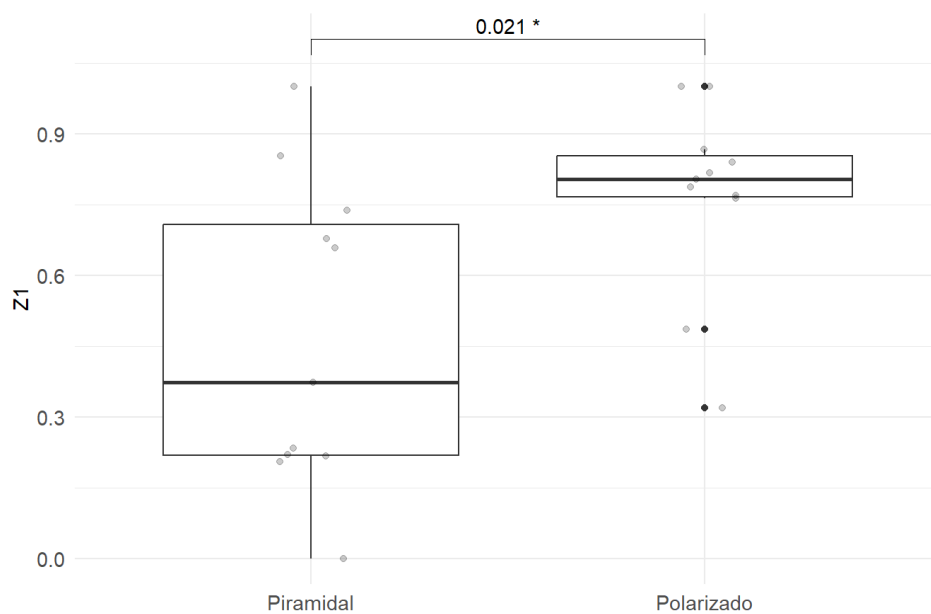
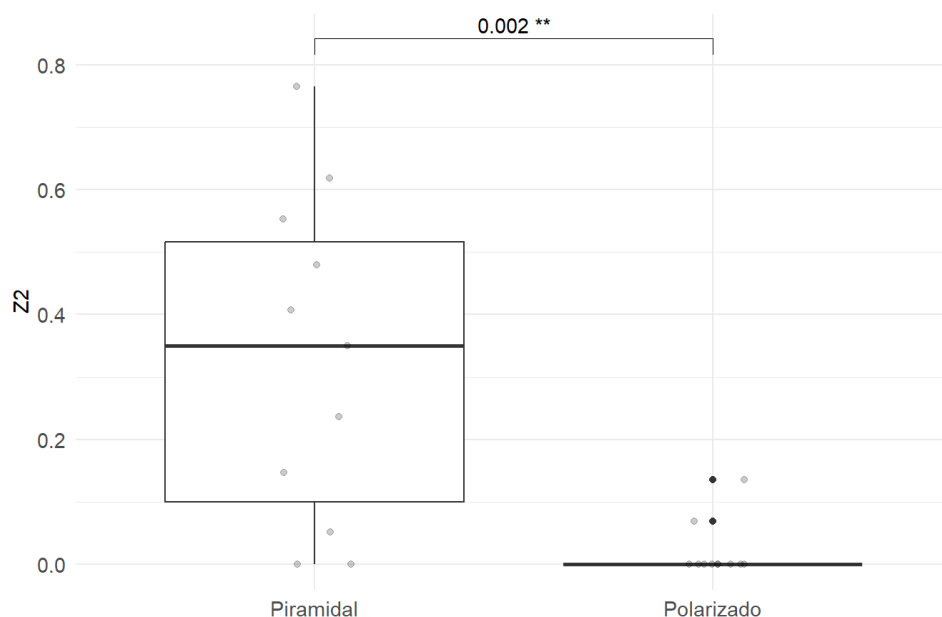


Figura 40*Volumen Z2 en mesociclos competencia*

Es en estos mesociclos de competencia donde la TID ha mostrado más consistentemente el cambio del modelo PYR al modelo PET. Esta dinámica repercutió en que el indicador Volumen Z1 aumentó sus valores y Volumen Z2 disminuyó sus valores en la T2 con respecto a T1. Al realizarse mayor cantidad trabajo en una zona de intensidad menor, en la T2, los indicadores FC_T y RFC fueran menores.

Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID

Con la finalidad de eliminar el posible efecto distorsionador de algunos mesociclos que no se comportaron como se esperaba, en un segundo sub-apartado se repitieron los análisis pero considerando: a) solo a los mesociclos que cumplieran plenamente con la TID que correspondía a la temporada a la que pertenecían (e.g., se eliminaron los análisis de los mesociclos PET en la T1); y b) solo aquellos mesociclos de igual denominación y ubicados en momentos similares de la temporada (e.g., se eliminaron de los análisis los mesociclos de competencia situados en una fase preparatoria específica [Tabla 22]).

Para llevar a cabo este análisis, se consideró la propuesta que hacen algunos autores acerca de la organización cíclica del entrenamiento en los modelos regulares, la cual se puede dividir en fases o periodos (Bompa & Haff, 2019); donde, la organización de los mesociclos se distribuye en las fases general, específica, competitiva y tránsito (Bompa & Haff, 2019; González-Ravé et al., 2021; Hermosilla et al., 2021). Esto es así porque en los deportes de resistencia suele ser necesario acumular bastante volumen (Bompa & Haff, 2019).

En la Tabla 22 se presentan los cuatro macrociclos de entrenamiento (i.e., T1_L, T1_C, T2_C y T2_L), la denominación de los mesociclos, el PI del mesociclo, la proporción del volumen del trabajo por zonas, la denominación de la TID y la fase de entrenamiento a la cual pertenece cada mesociclo. En la Tabla 22 también se puede ver que hay mesociclos que no coincidieron con la TID esperada, de acuerdo con la temporada a la que pertenecen, y estos mesociclos son de fases generales del entrenamiento, de tránsito y algunos de fase específica. Dado que estos mesociclos no cumplieron con la TID esperada (mayoritariamente asignados en las fases generales).

Atendiendo a los factores *a* y *b* mencionados al inicio del sub-apartado, los mesociclos realizados en la T1, de una misma denominación y fase de entrenamiento, se compararon contra los mesociclos de la misma denominación y fase de entrenamiento realizados en la T2 (Tabla 22). En este sentido, para los mesociclos de carga se compararon los mesociclos 4, 5, 7, 8 10, 13 y 15 de la T1, frente a los mesociclos 19, 25, 29, 30 y 32 de la T2. Para los mesociclos de potencia se compararon los mesociclos 6, 9 y 12 de la T1, frente a los mesociclos 27 y 31 de la T2. Para los mesociclos de competencia se compararon los mesociclos 11 y 16 de la T1, frente a los mesociclos 20 y 33 de la T2.

Tabla 22*Fases de entrenamiento en cada temporada y macrociclo*

Orden	Macrociclo	Mesociclo	Z1	Z2	Z3	PI	TID	Fase
1	T1 _L ^a	Introdutorio	.653	.117	.229	2.105	PET	General
2	T1 _L ^a	Carga	.791	.093	.116	1.991	No PET	General
3	T1 _L ^a	Potencia	.788	.028	.184	2.709	PET	Específica
4	T1 _L ^a	Carga	.622	.330	.047	N.A.	PYR	Específica
5	T1 _L ^a	Carga	.175	.731	.094	N.A.	ThET	Específica
6	T1 _L ^a	Potencia	.597	.222	.182	N.A.	PYR	Específica
7	T1 _L ^a	Carga	.357	.524	.119	N.A.	ThET	Específica
8	T1 _L ^a	Carga	.417	.523	.059	N.A.	ThET	Específica
9	T1 _L ^a	Potencia	.476	.331	.194	N.A.	PYR	Específica
10	T1 _L ^a	Carga	.314	.485	.201	N.A.	ThET	Específica
11	T1 _L ^a	Competencia	.290	.426	.285	N.A.	ThET	Competitiva
12	T1 _C ^a	Potencia	.372	.439	.189	N.A.	ThET	Específica
13	T1 _C ^a	Carga	.248	.528	.224	N.A.	ThET	Específica
14	T1 _C ^a	Competencia	.462	.312	.226	N.A.	PYR	Específica
15	T1 _C ^a	Carga	.407	.439	.155	N.A.	ThET	Específica
16	T1 _C ^a	Competencia	.663	.189	.148	N.A.	PYR	Competitiva
17	T2 _C ^b	Introdutorio	.946	.042	.012	N.A.	PYR	General
18	T2 _C ^b	Carga	.769	.191	.040	N.A.	PYR	General
19	T2 _C ^b	Carga	.842	.025	.133	2.644	PET	Específica
20	T2 _C ^b	Competencia	.771	.011	.218	3.172	PET	Competitiva
21	T2 _C ^b	Tránsito	1.00	.000	.000	N.A.	HVT	Tránsito
22	T2 _L ^b	Carga	.641	.203	.156	N.A.	PYR	General
23	T2 _L ^b	Potencia	.762	.000	.238	3.240	PET	General
24	T2 _L ^b	Carga	.555	.191	.254	1.868	No PET	Específica
25	T2 _L ^b	Carga	.635	.137	.227	2.021	PET	Específica
26	T2 _L ^b	Carga	.679	.140	.181	1.942	No PET	Específica
27	T2 _L ^b	Potencia	.813	.009	.179	3.224	PET	Específica
28	T2 _L ^b	Competencia	.880	.000	.120	2.987	PET	Específica
29	T2 _L ^b	Carga	.901	.000	.099	2.904	PET	Específica
30	T2 _L ^b	Carga	.890	.000	.110	2.949	PET	Específica
31	T2 _L ^b	Potencia	.799	.059	.142	2.284	PET	Específica
32	T2 _L ^b	Carga	.829	.000	.171	3.126	PET	Específica
33	T2 _L ^b	Competencia	.731	.045	.224	2.566	PET	Competitiva

Nota. N = 33 mesociclos; Z1: proporción de trabajo en la Zona 1; Z2: proporción de trabajo en

la Zona 2; Z3: proporción de trabajo en la Zona 3; PI: índice polarizado; PET: modelo

polarizado; No PET: el índice polarizado indicó que el mesociclo no es polarizado; N.A.:No

aplica, el PI no está definido; PYR: modelo piramidal; ThET: modelo entre umbrales; HVT:

modelo alto volumen.

^a Temporada 1 (2018-2019) PYR. ^b Temporada 2 (2020-2021) PET.

Las Tablas 23, 24 y 25 presentan los descriptivos para los mesociclos de carga, potencia y competencia en este nuevo análisis donde se consideraron los mesociclos que cumplieron con los criterios de la TID que correspondieron con la temporada a la que pertenecieron.

Tabla 23

Comparación de los mesociclos de carga entre temporadas considerando solo los que cumplen criterios TID

Indicadores	Temporada 1 (2018-2019)	Temporada 2 (2020-2021)	Estadístico	p
	Mesociclo de carga	Mesociclo de carga		
FC _T (latidos · min ⁻¹)	148.68 ± 3.90	150.47 ± 6.53	-0.98 [†]	.33
RFC (valores)	.68 ± .02	.69 ± .04	-0.83 [†]	.41
S-RPE (valores)	2.21 ± 0.43	2.20 ± 0.35	0.02 [♦]	.97
VOLU (min)	507.19 ± 114.86	446.53 ± 126.11	1.54 [♦]	.13
Volumen Z1 (min)	181.27 ± 80.48	373.65 ± 129.36	3.87 [*]	< .01*
Volumen Z2 (min)	258.40 ± 121.01	9.92 ± 22.56	346 ^a	< .01*
Volumen Z3 (min)	67.51 ± 51.78	62.95 ± 36.98	-0.60 [♦]	.55
TRIMP _{B&C} (valores)	1075.03 ± 265.61	910.77 ± 238.44	1.96 [♦]	.06
TRIMP _{MOR} (valores)	800.02 ± 197.67	677.78 ± 177.44	1.96 [♦]	.06
TL _{RPE} (valores)	134.17 ± 32.81	119.02 ± 23.16	220 ^a	.20
ATL (valores)	1113.75 ± 310.03	918.12 ± 250.22	246 ^a	.04*
CTL (valores)	1130.56 ± 199.03	902.40 ± 146.17	-4.80 [*]	< .01*
ACWR (valores)	1.05 ± 0.29	1.07 ± 0.39	< 0.01 [♦]	.99
TMI (valores)	1.50 ± 0.29	1.68 ± 0.52	-1.25 [†]	.22
TS (valores)	1629.63 ± 382.10	1461.52 ± 359.27	1.37 [♦]	.17

[†] Prueba *t* para heterocedásticas. [♦] Prueba *t* para homocedásticas. ^{*} Prueba de series de tiempo interrumpidas. ^a Prueba de Wilcoxon.

* $p < .05$.

La influencia del efecto de la temporada sobre el VOLU (min) general de entrenamiento provocó que los valores en este indicador fueran menores en la T2, con respecto a la T1 en los mesociclos de carga seleccionados. Este comportamiento, sumado a la ya comentada TID entre zonas, provocó que los valores de la ATL y CTL disminuyeran en la T2, con respecto a la T1.

Tabla 24

Comparación de los mesociclos de potencia entre temporadas considerando solo los que cumplen criterios TID

Indicadores	Temporada 1 (2018-2019)	Temporada 2 (2020-2021)	Estadístico	p
	Mesociclo de potencia	Mesociclo de potencia		
FC _T (latidos · min ⁻¹)	149.74 ± 3.47	152.99 ± 6.91	1.10 *	.28
RFC (valores)	.69 ± .02	.71 ± .05	0.98 *	.34
S-RPE (valores)	2.69 ± 0.42	2.35 ± 0.51	1.58 ♦	.13
VOLU (min)	431.72 ± 113.17	441.07 ± 180.93	-0.13 ♦	.89
Volumen Z1 (min)	200.65 ± 57.21	342.71 ± 0.52	-4.80 ♦	< .01*
Volumen Z2 (min)	149.60 ± 78.69	10.14 ± 22.05	89 ^a	< .01*
Volumen Z3 (min)	81.46 ± 40.64	87.77 ± 50.28	-0.43 ♦	.66
TRIMP _{B&C} (valores)	876.92 ± 263.91	899.52 ± 305.65	-0.17 ♦	.86
TRIMP _{MOR} (valores)	652.59 ± 196.40	699.41 ± 227.46	-0.17 ♦	.86
TL _{RPE} (valores)	116.60 ± 25.28	137.35 ± 40.76	-1.31 ♦	.20
ATL (valores)	1004.15 ± 290.62	955.59 ± 326.06	0.34 ♦	.73
CTL (valores)	965.17 ± 158.63	957.93 ± 196.99	-8.21 *	< .01*
ACWR (valores)	1.16 ± 0.26	1.20 ± 0.42	0.40 *	.69
TMI (valores)	1.72 ± 0.39	1.52 ± 0.40	1.06 ♦	.30
TS (valores)	1662.34 ± 376.27	1431.53 ± 535.01	1.07 ♦	.29

* Prueba de series de tiempo interrumpidas. ♦ Prueba *t* para homocedásticas. ^a Prueba de

Wilcoxon.

* $p < .05$.

El indicador S-RPE arrojó valores menores en la T2 con relación a la T1, debido posiblemente a una disminución significativa del volumen de trabajo en la Z2 de intensidad. Sin embargo, otros indicadores como la FC_T y la RFC presentaron valores muy similares entre temporadas en los mesociclos seleccionados de potencia.

Tabla 25

Comparación de los mesociclos de competencia entre temporadas considerando solo los que cumplen criterios TID

Indicadores	Temporada 1 (2018-2019)	Temporada 2 (2020-2021)	Estadístico	p
	Mesociclo competencia	Mesociclo competencia		
FC _T (latidos · min ⁻¹)	154.08 ± 10.17	149.31 ± 7.77	0.80 [♦]	.44
RFC (valores)	.72 ± .07	.69 ± .05	0.76 [♦]	.45
S-RPE (valores)	2.28 ± 1.09	2.21 ± 0.41	0.11 [♦]	.91
VOLU (min)	258.53 ± 132.53	443.39 ± 116.33	-2.31 [♦]	.04*
Volumen Z1 (min)	108.85 ± 87.58	327.66 ± 76.26	-1.31 [♦]	.22
Volumen Z2 (min)	88.50 ± 102.38	7.53 ± 15.07	--	--
Volumen Z3 (min)	61.18 ± 60.34	107.74 ± 61.63	-0.27 [♦]	.79
TRIMP _{B&C} (valores)	582.77 ± 303.41	892.19 ± 158.22	-1.87 [♦]	.09
TRIMP _{MOR} (valores)	433.69 ± 225.79	663.95 ± 117.74	-1.87 [♦]	.09
TL _{RPE} (valores)	136.42 ± 72.11	111.57 ± 17.15	0.87 [†]	.41
ATL (valores)	615.04 ± 341.127	937.84 ± 190.00	-1.72 [♦]	.11
CTL (valores)	645.81 ± 233.92	955.14 ± --	--	--
ACWR (valores)	0.68 ± 0.48	0.92 ± --	--	--
TMI (valores)	1.72 ± 0.89	1.04 ± 0.29	1.44 [♦]	.18
TS (valores)	884.89 ± 487.05	988.02 ± 369.85	-0.36 [♦]	.72

[♦] Prueba *t* para homocedásticas. [†] Prueba *t* para heterocedásticas. --: no aplica.

* $p < .05$.

Una vez que se eliminaron los mesociclos distorsionadores y luego de realizar la comparación de los mesociclos entre temporadas, pero solo considerando los que cumplen criterios de la TID de la temporada correspondiente (Figura 41), se puede advertir que todos los indicadores de cuantificación de la carga que presentaron diferencias significativas en los mesociclos de carga y potencia (i.e., Volumen Z1 y Volumen Z2, ATL y CTL) son repetidos con respecto a algunos indicadores encontrados el análisis en función de todos los mesociclos de carga y potencia (i.e., columnas de la izquierda). Solo el indicador VOLU de los mesociclos de competencia, que cumplió criterios de la TID de la temporada correspondiente, presentó novedad en evidenciar diferencias significativas ($p < .05$) en sus comparaciones (i.e., columnas de la derecha). De la misma manera, algunos indicadores desaparecieron en el

segundo análisis, como en los mesociclos de carga: FC_T , VOLU, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$, TL_{RPE} y TMI y en los mesociclos de competencia: FC_T , RFC, Volumen Z1 y Z2 (Figura 41).

Figura 41

Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga

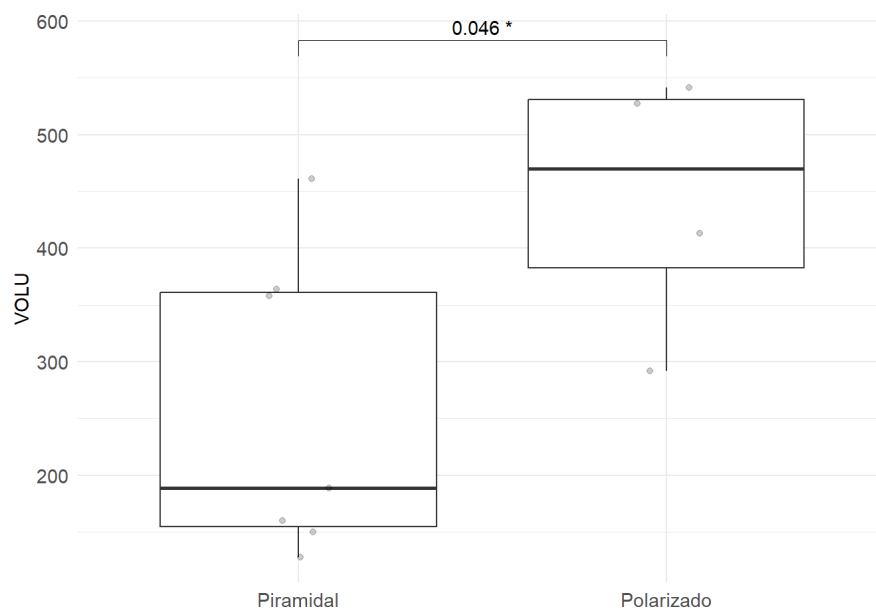
Indicadores // Temporada	Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos			Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID		
	Carga	Potencia	Competencia	Carga	Potencia	Competencia
FC_T (latidos $\cdot$ min ⁻¹)	*		*			
RFC (valores)			*			
S-RPE (valores)						
VOLU (min)	*					*
Volumen Z1 (min)	*	*	*	*	*	
Volumen Z2 (min)	*	*	*	*	*	
Volumen Z3 (min)						
$TRIMP_{B\&C}$ (valores)	*					
$TRIMP_{MOR}$ (valores)	*					
TL_{RPE} (valores)	*					
ATL (valores)	*			*		
CTL (valores)	*	*		*	*	
ACWR (valores)						
TMI (valores)	*					
TS (valores)						

Nota. Casillas gris claro: indicadores que presentaron diferencias en sus comparaciones.

Cuadros gris oscuro: indicadores repetidos que presentaron diferencias en sus comparaciones.

* $p < .05$.

En la Figura 42 se ilustra el indicador de cuantificación de la carga que presentó independencia y en el análisis estadístico se encontró diferencia significativa ($p < .05$) en los mesociclos que cumplieron con los criterios de la TID de la temporada entre la T1 y la T2. El indicador VOLU aumentó significativamente en la T2 comparándolo con la T1. De otro lado, los indicadores $TRIMP_{B\&C}$ y $TRIMP_{MOR}$, como indicadores generales de la carga, no manifestaron diferencias significativas en sus valores entre las temporadas.

Figura 42*VOLU en mesociclos de competencia seleccionados*

Cuando solo se consideraron los mesociclos de competencia que cumplieron con los criterios de la TID de su misma temporada, resultaron incluidos solo los mesociclos de una *fase de competencia* y no quedaron incluidos mesociclos competitivos *de fases específicas* (e.g., mesociclos 14 y 28 en la Tabla 22), lo cual ocasionó que no hubiera diferencias significativas en el volumen de la Z1 y Z2. Situación contraria cuando se consideró a todos aquellos mesociclos de competencia preparatorios, donde si se vieron diferencias significativas entre el indicador Volumen Z1 y Z2, porque en estos mesociclos también se entrena y el volumen de trabajo no es del todo bajo.

Retomando la información de la Figura 41 se evidenció que el cambio de TID del modelo PYR al modelo PET estuvo presente a lo largo de todos los mesociclos de carga potencia y competencia y en todos los microciclos de las mismas denominaciones de las dos temporadas de entrenamiento (Tablas 15 y 16).

El principal cambio que se evidenció fue un aumento en el volumen de trabajo en el indicador Volumen Z1 y una disminución de los valores en el indicador Volumen Z2. Esta

dinámica trae como consecuencia un aumento del volumen sistólico y mejora la eficiencia de los componentes metabólicos debido a las adaptaciones moleculares para la biogénesis mitocondrial y capilar (Romijn et al., 1993).

Por su parte, Zinner et al. (2018) encuentran que en los atletas recreativos, donde la mayoría del entrenamiento se realiza en *Z1* de intensidad, mejoran la RE y que este hallazgo no se presentó en otras distribuciones del entrenamiento. Una explicación para este hallazgo es que se necesita un entrenamiento de baja intensidad para contrarrestar los efectos potenciales negativos (e.g., estrés autonómico y hormonal, agotamiento de la energía) del entrenamiento a intensidades en el umbral de lactato (Bourgois et al., 2019).

Estas diferencias también conducen a cambios en los tipos de estrés biomecánico (e.g., generación de fuerza por músculos y articulaciones, frecuencia de movimiento, impacto en músculos y articulaciones) asociados con deportes que involucran principalmente las piernas o los brazos y/o con deportes que implican soportar peso y aquellos que no (Bourgois et al., 2019; Sandbakk et al., 2021).

Como se mencionó en el apartado de la introducción, el entrenamiento realizado a baja intensidad (*Z1*) inicia al 50% de la velocidad aeróbica máxima o del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. (Hebisz et al. (2022; Seiler & Tønnessen, 2009) y abarca hasta un rango justo debajo del primer punto de inflexión de lactato. En concordancia con lo analizado en los datos de la presente investigación, la *Z1* de intensidad representa un amplio rango en atletas de resistencia como María Paz, por lo cual se podría diferenciar entre la mitad inferior y la mitad superior de la zona para poder optimizar el entrenamiento en la *Z1*, ya que podría ser mejor para entrenar de acuerdo con el análisis realizado.

El indicador ACWR no presentó diferencias significativas en el análisis del efecto de la temporada sobre los indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos o considerando solo los mesociclos que cumplen con el criterio de TID

seleccionado. A pesar de esto, es importante comentar que los entrenamientos de María Paz durante la TID bajo el modelo PET arrojaron valores alrededor de 1.0 en el indicador ACWR. Estos valores son ligeramente superiores a los de la TID con el modelo PYR y aunque se conoce que aumentos excesivos y rápidos en las cargas de entrenamiento son probablemente responsables de la mayoría de las lesiones en deportes sin contacto (Gabbett et al., 2016), la deportista no sufrió lesión alguna durante las dos temporadas de entrenamiento analizadas.

El concepto original del ACWR sugiere que si un deportista ha realizado más entrenamiento, con respecto para el que está preparado, estará en gran riesgo de lesión y obtendrá valores muy superiores a 1.0 (Andrade et al., 2020; Gabbett et al., 2019; Hulin et al., 2014). Valores de ACWR entre 0.8 y 1.3 son considerados como de *punto óptimo o zona segura* (Gabbett, 2016; Maupin et al., 2020), mientras que valores por encima de 1.5 son considerados *zona de peligro* de sufrir una lesión (Gabbett, 2016). Pero, este no es el caso de María Paz, porque los valores del indicador ACWR normalmente estuvieron en la zona de *punto óptimo o zona segura* (i.e., valores entre 0.8 y 1.3), valores similares a los que reportaron Tibana et al. (2019) con una deportista de fitness funcional durante 38 semanas, donde el promedio de la ACWR fue de 1.1.

Andrade et al. (2020) en su trabajo de revisión sistemática, no encontraron evidencia que respalde una zona de *punto óptimo o zona segura* de la ACWR (i.e., 0.8–1.3) que esté relacionada con una disminución en el riesgo de lesiones. Así mismo, en jugadores de fútbol élite los valores de la ACWR se mantienen por encima de 1.5-2.0 durante la mayor parte de la temporada (Nobari et al., 2022b). No obstante, Maupin et al. (2020), en su estudio de revisión sistemática, encontraron una tendencia del menor riesgo de lesiones hacia la zona de *punto óptimo* ACWR.

Al final de la temporada de entrenamiento con TID bajo el modelo PYR (i.e., T1) María Paz sufrió una lesión de desgarro del músculo isquiotibial de la pierna izquierda que la

mantuvo alejada de los entrenamientos por varios meses. Aún cuando, la causa y el efecto de la relación entre la carga de entrenamiento y el padecimiento de una lesión debe ser objeto de investigaciones específicas, el seguimiento al control de la carga de entrenamiento a través de herramientas sencillas, como el ACWR, no debe abandonarse (Andrade et al., 2020; Zouhal et al., 2021), puesto que se considera una herramienta eficaz para prevenir lesiones en deportistas de élite y en deportes de no contacto (Myers et al., 2020) o para minimizar los picos en la carga de trabajo durante diferentes fases de la planificación (Andrade et al., 2020), como fue en el caso de la modalidad deportiva practicada por María Paz durante la temporada de entrenamiento con TID bajo el modelo PET.

A modo de resumen y en respuesta a la pregunta si la repercusión del tipo de TID utilizado en la temporada considerando los mesociclos que la integran, de forma particular se acepta la hipótesis de que si afecta en los mesociclos de carga para los indicadores de: FC_T , VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$, TL_{RPE} , ATL, CTL y TMI. Para los mesociclos de potencia se acepta en los indicadores de Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL y para los mesociclos de competencia se acepta en los indicadores de: FC_T , RFC, Volumen Z1 y Volumen Z2.

En el mismo orden de ideas y en respuesta a la pregunta si la influencia en la TID escogida para una temporada ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga considerando solo los mesociclos que cumplen con el criterio de TID seleccionado, de forma particular se acepta la hipótesis para mesociclos de carga en los indicadores de: Volumen Z1, Volumen Z2, ATL y CTL. Para los mesociclos de potencia se cumple en los indicadores de Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL y para los mesociclos de competencia se cumple solo en el indicador de: VOLU.

Cambios en los indicadores de control de la carga en función de la TID aplicada y el tipo de mesociclo

Deseábamos saber el hecho de si utilizar un tipo de TID concreta afecta a estos indicadores de cuantificación de la carga al comparar los mesociclos más importantes entre sí (i.e., carga, potencia y competencia). Este hecho es esperable en los modelos de planificación tradicionales. Sin embargo, al proponer la estructura PET, se propone una alternancia en las cargas y una eliminación drástica en la Z2, tal como hemos demostrado en María Paz, que puede ser tan potente como para afectar la concepción clásica de lo que es un mesociclo de carga, potencia o competencia. De esta forma parece necesario conocer si las diferencias entre estos tres tipos de mesociclos se mantuvieron en María Paz al cambiar de la T1 (PYR) a la T2 (PET).

Diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la temporada con TID piramidal

En la Tabla 26 se encuentra información acerca de la prueba de autocorrelación, la prueba de normalidad y la prueba de homogeneidad para cada uno de los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en función del tipo de mesociclos en la T1 (i.e., mesociclos de carga, potencia y competencia).

Como la gran mayoría de los indicadores de cuantificación de la carga analizados presentaron diferencias en su varianza (i.e., heterocedasticidad), se verificó la diferencia de cada indicador de cuantificación de la carga con respecto al tipo de mesociclo con la prueba de Anova de una vía. Los descriptivos de estos cuantificadores pueden consultarse en las Tablas 23, 24 y 25, para los mesociclos de carga, potencia y competencia, respectivamente; donde, los valores de los mesociclos de la TID bajo el modelo PYR se encuentran en la parte izquierda de las tablas (i.e., segunda columna).

Tabla 26

Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en los indicadores de la temporada piramidal

Indicadores	Autocorrelación	Normalidad	Homogeneidad
FC _T (latidos · min ⁻¹)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
RFC (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
S-RPE (valores)	Independencia	No-Paramétrica	--
VOLU (min)	Independencia	No-Paramétrica	--
Volumen Z1 (min)	Dependencia	STI	--
Volumen Z2 (min)	Dependencia	STI	--
Volumen Z3 (min)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TRIMP _{B&C} (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TRIMP _{MOR} (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TL _{RPE} (valores)	Dependencia	STI	--
ATL (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
CTL (valores)	Dependencia	STI	--
ACWR (valores)	Independencia	No-Paramétrica	--
TMI (valores)	Independencia	No-Paramétrica	--
TS (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica

Nota. --: no aplica.

Cuando el modelo de la TID fue PYR, los indicadores de cuantificación de la carga: FCT, RFC, Volumen Z3, ATL y TS no arrojaron diferencias entre los mesociclos de diversa denominación ($p > .05$).

Por el contrario, se encontró un efecto estadísticamente significativo ($p < .05$) de las diferentes estructuras de la planificación sobre los indicadores TRIMP_{B&C} y TRIMP_{MOR}. En las Figuras 43 y 44 se incluyen las comparaciones múltiples (i.e., prueba post-hoc de Games-Howell), donde se evidenció que solo existen diferencias significativas ($p < .05$) en el TRIMP_{B&C} y en el TRIMP_{MOR} entre los mesociclos de carga frente a los de potencia debido a que el indicador VOLU es muy alto en los mesociclos de carga. En las demás comparaciones múltiples no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > .05$).

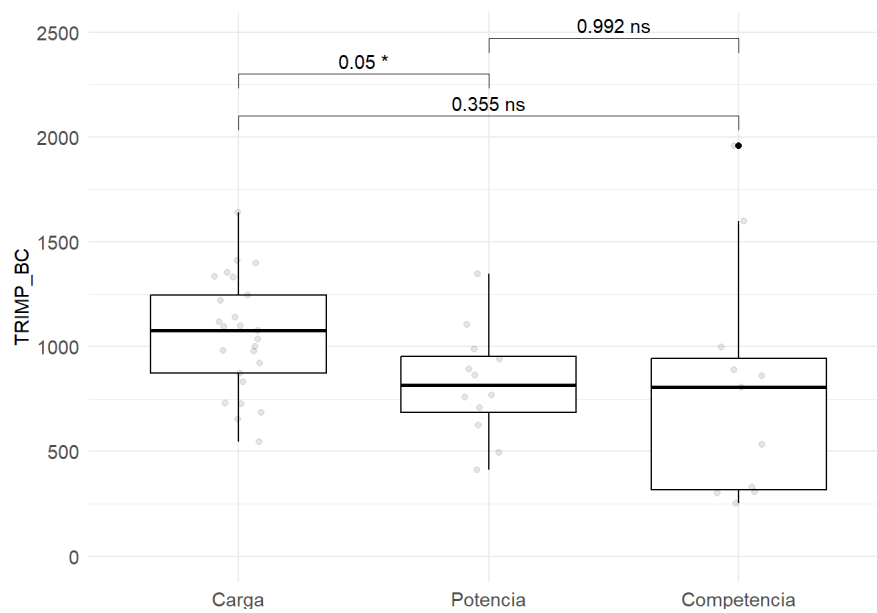
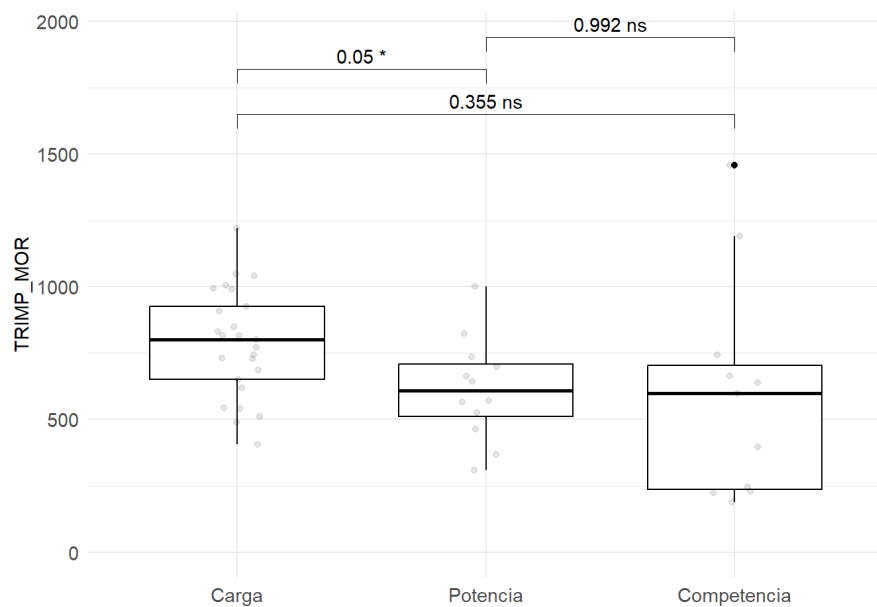
De nuevo se confirma que en los indicadores de control de la carga del TRIMP_{B&C} y TRIMP_{MOR} se comportan de manera similar, donde no se presenta diferencia al emplear uno u

otro TRIMP, simplemente los valores difieren un poco entre ellos; situación diferente a lo que propuso Morton (1990) cuando planteaba la novedad de su propuesta de dinámica de la carga.

De acuerdo con la búsqueda de antecedentes del estudio, no se encontró estudio alguno que haya evaluado al TRIMP como un indicador de control de la carga en el deporte de la marcha. Solo se encontraron estudios en otros deportes de resistencia, diferentes a la marcha, como en ciclismo con varones que compiten a nivel local ($n = 12$), con remeros ($n = 14$) o atletas de nivel recreativo ($n = 10$) (Moya-Ramón et al., 2018; Tran et al., 2015).

En deportes de conjunto, como el fútbol, estas unidades generalmente varían entre 300 y 500 unidades para sesiones de menor intensidad y de 700 a 1000 unidades para sesiones de mayor intensidad (Gabbett, 2016). Por otro lado, Cross et al. (2016) reportaron con jugadores de Rugby que una semana con $> 1,245$ unidades de TRIMP estaban asociadas a un alto riesgo de lesiones.

Los anteriores datos demuestran que los valores de TRIMP encontrados en las dos temporadas de entrenamiento de María Paz se mantienen muy por debajo de los valores reportados en otros deportes de conjunto, debido a que el promedio de $TRIMP_{B\&C}$ en los mesociclos de carga se mantienen un poco por encima y un poco por debajo de las 1,000 unidades en los modelos de TID con el modelo PYR (1075.03 ± 265.61) y con el modelo PET (910.77 ± 238.44) respectivamente.

Figura 43*Comparaciones múltiples del $TRIMP_{B\&C}$ en la temporada 1***Figura 44***Comparaciones múltiples del $TRIMP_{MOR}$ en la temporada 1*

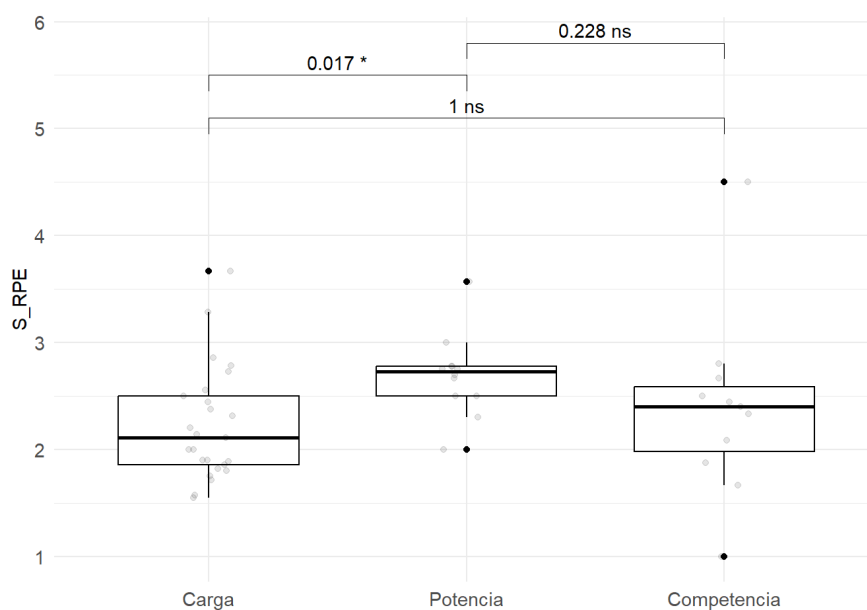
En los indicadores de cuantificación de la carga que no presentaron normalidad en la distribución de sus valores (i.e., S-RPE, VOLU, ACWR y TMI [Tabla 26]) se analizaron las

diferencias con la prueba de Kruskal-Wallis; donde, los indicadores ACWR y TMI no presentaron diferencias significativas ($p > .05$) entre alguno de los tipos de mesociclos.

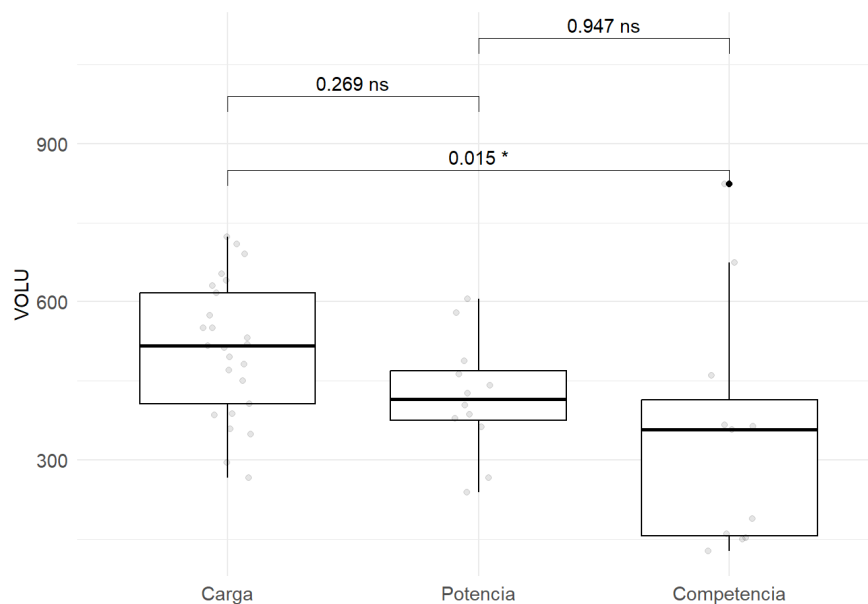
El indicador S-RPE si presentó diferencias significativas ($p < .05$) al realizar las comparaciones múltiples (i.e., prueba post-hoc de Dunn), donde se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < .05$) entre los mesociclos de carga frente a los de potencia (Figura 45); posiblemente, debido a que los datos presentan mayor dispersión en los mesociclos de carga y competencia y existe una mayor homogeneidad en los mesociclos de potencia.

Figura 45

Comparaciones múltiples del S-RPE en la temporada 1



Según se aprecia en la Figura 46, el indicador VOLU también presentó diferencias significativas ($p < .05$) y en las comparaciones múltiples (i.e., prueba post-hoc de Dunn) se evidenció que solo entre los mesociclos de carga frente a los de competencia hubo diferencias significativas ($p < .05$).

Figura 46*Comparaciones múltiples del VOLU en la temporada 1*

En las comparaciones múltiples de los anteriores indicadores de control de la carga (i.e., $TRIMP_{B\&C}$ y $TRIMP_{MOR}$ S-RPE y VOLU), el rango intercuartílico en los mesociclos de potencia siempre presentó menor dispersión y por lo tanto diferencia significativa con los mesociclos de carga o con los de competencia.

A continuación, la Tabla 27 contiene los indicadores de cuantificación de la carga que se encuentran autocorrelacionados en los diferentes mesociclos y que presentaron diferencias significativas ($p < .05$) luego del análisis de STI.

El indicador de cuantificación de la carga TL_{RPE} no presentó diferencias significativas ($p > .05$) en la prueba de autocorrelación, por esto, no se incluyó información alguna de éste indicador en la Tabla 27. Enseguida, en las Figuras 47, 48 y 49 se muestra la prueba estadística de STI de los indicadores Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL, respectivamente.

Tabla 27*Indicadores autocorrelacionados en la temporada 1*

Coeficientes	Valor	EE	t	p
Volumen Z1				
Intercepto	0.57	0.08	6.50	< .01*
Tiempo	-0.01	< 0.01	-2.11	.04*
Cambio de nivel	0.58	0.15	3.75	< .01*
Tendencia mesociclo de potencia	-0.03	0.01	-1.69	.09
Cambio de nivel	-0.07	0.18	-0.41	.68
Tendencia mesociclo de competencia	0.08	0.02	3.08	< .01*
Volumen Z2				
Intercepto	0.34	0.08	4.19	< .01*
Tiempo	< 0.01	< 0.01	1.61	.11
Cambio de nivel	-0.58	0.14	-4.11	< .01*
Tendencia mesociclo de potencia	0.03	0.01	2.06	.04*
Cambio de nivel	-0.13	0.16	-0.83	.40
Tendencia mesociclo de competencia	-0.05	0.02	-2.06	.04*
CTL				
Intercepto	891.04	131.58	6.77	< .01*
Tiempo	14.97	8.31	1.80	.08
Cambio de nivel	-683.59	287.21	-2.38	.02*
Tendencia mesociclo de potencia	27.74	33.00	0.84	.40
Cambio de nivel	140.15	335.77	0.41	.67
Tendencia mesociclo de competencia	-71.13	49.77	-1.42	.16

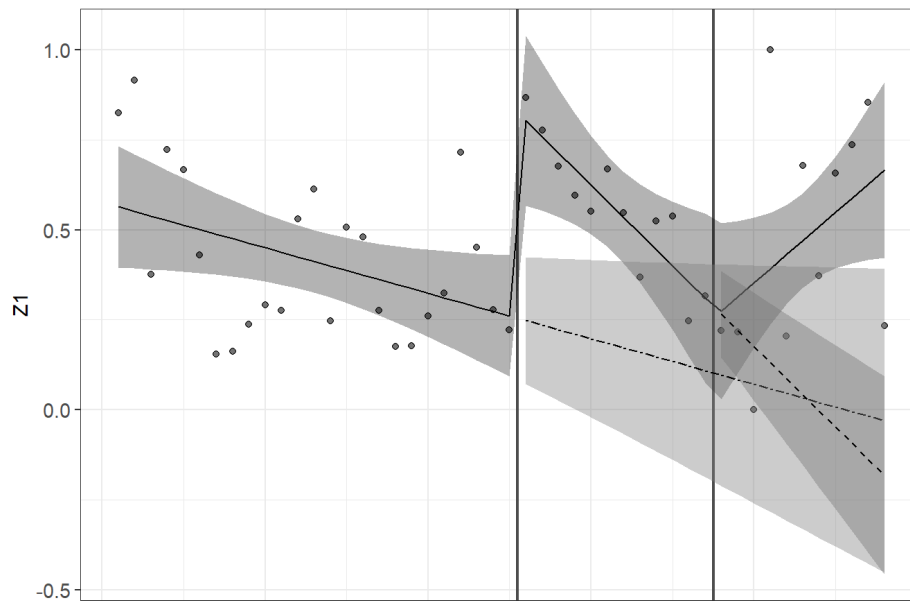
* $p < .05$.

Para el indicador Volumen Z1 (Figura 47), el coeficiente del tiempo mostró que en los mesociclos de carga hubo una tendencia negativa, donde el valor promedio para cada semana fue disminuido en -0.01 unidades significativamente. En el cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia se presentó un aumento, donde el efecto inmediato es positivo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la Volumen Z1 en 0.58 unidades. En los mesociclos de potencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto sostenido negativo en los valores de la Volumen Z1 de -0.03 unidades. Luego, en el cambio de nivel entre los mesociclos de potencia y competencia se presentó una disminución, donde el efecto inmediato es negativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la Volumen Z1 en -0.07 unidades. En los mesociclos de competencia se reflejó un cambio en la

tendencia, donde hubo un efecto positivo, sostenido y significativo en los valores de la Volumen Z1 de 0.08 unidades.

Figura 47

Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z1 en mesociclos de la temporada 1



Nota. Parte izquierda presenta mesociclos de carga, en medio mesociclos de potencia y derecha de competencia.

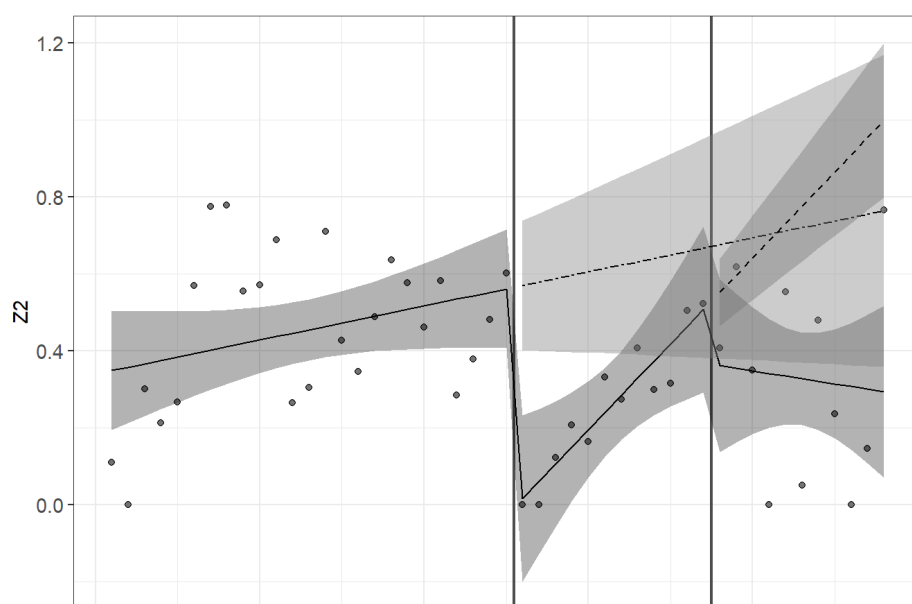
El coeficiente de cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia resultó significativo ($p < .01$). La tendencia en los mesociclos de potencia y competencia presentó cambios significativos ($p < .01$). El cambio de mesociclos generó cambio en el nivel del indicador entre los mesociclos de carga y potencia y cambio en la tendencia en los mesociclos de potencia y competencia del indicador Volumen Z1 durante la T1.

Para el indicador Volumen Z2 (Figura 48), el coeficiente del tiempo mostró que en los mesociclos de carga hubo una tendencia positiva, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en < 0.01 unidades. **En el cambio de nivel** entre los mesociclos de carga y potencia se presentó una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y

se presentó un cambio de escalón en los valores de la Volumen Z2 en -0.58 unidades. En los mesociclos de potencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto sostenido positivo y significativo en los valores de la Volumen Z2 de 0.03 unidades. Luego, en el cambio de nivel entre los mesociclos de potencia y competencia se presentó una disminución, donde el efecto inmediato es negativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la Volumen Z2 en -0.13 unidades. En los mesociclos de competencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto sostenido negativo y significativo en los valores de la Volumen Z2 de -0.05 unidades.

Figura 48

Series de tiempo interrumpidas para Volumen Z2 en mesociclos de la temporada 1



Nota. Parte izquierda presenta mesociclos de carga, en medio mesociclos de potencia y derecha de competencia.

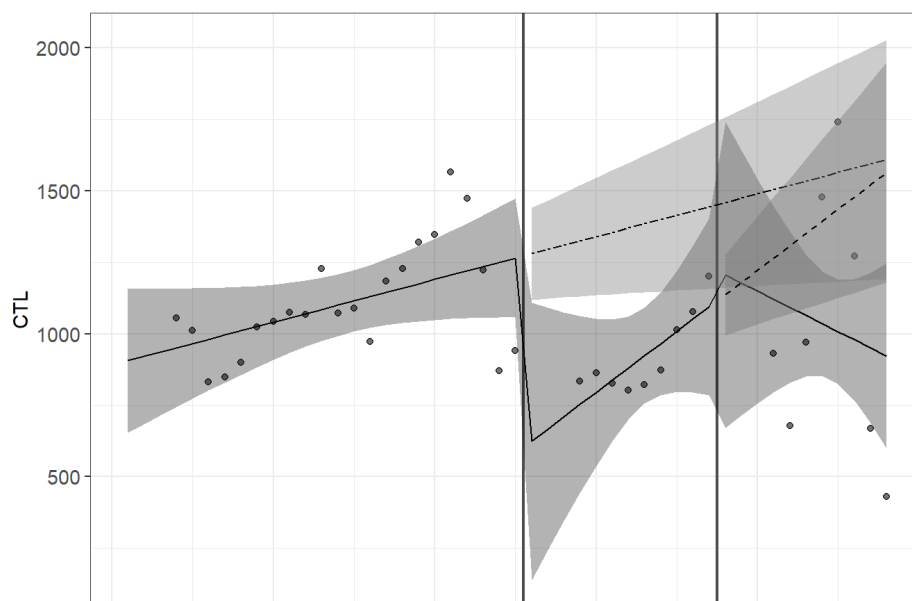
El coeficiente de cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia resultó significativo ($p < .01$). La tendencia en los mesociclos de potencia y competencia presentó cambios significativos ($p < .01$). El cambio de mesociclos generó cambio en el nivel del

indicador entre los mesociclos de carga y potencia y cambio en la tendencia en los mesociclos de potencia y competencia del Volumen Z2 durante la T1.

Para el indicador CTL (Figura 49), el coeficiente del tiempo mostró que en los mesociclos de carga hubo una tendencia positiva, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado en 14.97 unidades. En el cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia se presentó una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la CTL en -683.593 unidades. En los mesociclos de potencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto sostenido positivo en los valores de la CTL de 27.74 unidades. Luego, en el cambio de nivel entre los mesociclos de potencia y competencia se presentó un aumento, donde el efecto inmediato es positivo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la CTL en 140.15 unidades. En los mesociclos de competencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto sostenido negativo en los valores de la CTL de -71.13 unidades.

Figura 49

Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de la temporada 1



Nota. Parte izquierda presenta mesociclos de carga, en medio mesociclos de potencia y derecha de competencia.

El coeficiente de cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia resultó significativo ($p < .01$). El cambio de mesociclos generó cambio en el nivel del indicador solo entre los mesociclos de carga y potencia; pero no generó cambio en la tendencia en los mesociclos del indicador CTL durante la T1.

De manera general, la TID en los mesociclos de carga, potencia y competencia en la T1 arrojaron un modelo de distribución ThET, PYR y PYR respectivamente. En las comparaciones entre los mesociclos de carga frente a los de potencia se presentó un aumento en los valores del indicador S-RPE, reflejando un aumento de la intensidad del entrenamiento debido a la incursión en zonas de trabajo con intensidades mayores (i.e., Z2 y Z3).

Los cambios producidos en el Volumen Z1 y Z2 se pueden entender siguiendo las directrices clásicas de entrenamiento; es decir, los mesociclos de carga se caracterizan por tener un alto volumen en Z1 y bajo en Z2 en deportes de larga duración. Pero, cuando nos

encontramos en los mesociclos de potencia el trabajo a mayores intensidades requiere de una disminución del volumen en Z1 y un aumento de la zona específica de competición (i.e., Z2) siempre de forma progresiva. Por último, los mesociclos de competencia se caracterizan por el trabajo de afinamiento basado en un trabajo de recuperación en la Z1 y ciertas sesiones de intensidad en Z2.

La similitud entre la dinámica del indicador Volumen Z2 y CTL para los tres mesociclos (Figuras 48 y 49) estaría explicada por el tipo de modelo, ya que en la primera temporada la TID en los tres mesociclos fue no PET. Además, en las comparaciones entre los mesociclos de carga y potencia se observó que el CTL caía significativamente al cambiar de mesociclo, aunque se mantenía en ambos la misma tendencia. Esta caída de la CTL entre mesociclos se interpreta como un correcto manejo de las cargas para contener una acumulación excesiva del CTL. Teniendo en cuenta que la CTL se relaciona con el estado de forma y el rendimiento subsiguiente, parece que el entrenador está manejando adecuadamente las cargas; pero, la similitud con el volumen en Z2 aconsejaba cambiar a un modelo polarizado.

De acuerdo con la búsqueda de información realizada no se encontraron valores del indicador CTL en marchadoras. Adicional a esto, algunos estudios no reportan los valores de la CTL (Bowen et al., 2019; Damji et al., 2021; Myers et al., 2020). Sin embargo, en otros deportes diferentes a la marcha se han encontrado valores del indicador de CTL con los cuales poder tener una referencia de los valores encontrado en el presente estudio.

Nobari et al. (2022b) durante 45 semanas de entrenamiento evaluaron a jugadores profesionales ($n = 21$) de fútbol. Los valores semanales del indicador CTL los ordenaron del valor más alto al más bajo y el promedio de los valores del primer tercio fue tomado como *alta carga* (i.e., 547 unidades). A pesar que los valores reportados por Nobari et al. son considerados como *alta carga*, se encuentran muy por debajo de los valores reportados en los

entrenamientos realizados por María Paz en los mesociclos de carga, potencia o competencia en la temporada PYR (1108, 923 y 1021 unidades respectivamente).

Por otro lado, en las comparaciones entre los mesociclos de carga y competencia se presentó una disminución en los valores de los indicadores VOLU y S-RPE. Esto sucede como una consecuencia de la disminución general de la magnitud de la carga con el objetivo de alcanzar un estado de forma óptimo para afrontar las competencias.

Diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la temporada con TID polarizada

Para analizar la influencia del efecto que tienen estructuras de planificación diferentes (e.g., mesociclo de carga vs. mesociclo de potencia) sobre los indicadores de cuantificación de la carga que están agrupados en la T2, los descriptivos de los indicadores de cuantificación de la carga pueden consultarse en las Tablas 23, 24 y 25, para los mesociclos de carga, potencia y competencia, respectivamente. Los valores de los mesociclos de la TID polarizada se encuentran en la parte derecha de las tablas (i.e., tercera columna).

En la Tabla 28 se encuentra información acerca de la prueba de autocorrelación, la prueba de normalidad y la prueba de homogeneidad para cada uno de los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en estos tres tipos de mesociclos.

Los indicadores que presentaron criterio de independencia, normalidad y homogeneidad en las varianzas en la T2, fueron: FC_T , RFC, S-RPE, VOLU, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$ y ACWR (Tabla 28). Luego de analizar estos indicadores con el estadístico paramétrico correspondiente, no se encontró un efecto estadísticamente significativo ($p < .05$) de los diferentes tipos de mesociclos que pertenecen a la TID bajo el modelo PET.

Tabla 28*Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en la temporada polarizada*

Indicadores	Autocorrelación	Normalidad	Homogeneidad
FC _T (latidos · min ⁻¹)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
RFC (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
S-RPE (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
VOLU (min)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
Volumen Z1 (min)	Independencia	No-Paramétrica	--
Volumen Z2 (min)	Independencia	No-Paramétrica	--
Volumen Z3 (min)	Dependencia	STI	--
TRIMP _{B&C} (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
TRIMP _{MOR} (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
TL _{RPE} (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
ATL (valores)	Independencia	No-Paramétrica	--
CTL (valores)	Dependencia	STI	--
ACWR (valores)	Dependencia	Paramétrica	Homocedástica
TMI (valores)	Independencia	No-Paramétrica	--
TS (valores)	Dependencia	No-Paramétrica	--

Nota. --: no aplica.

El indicador de cuantificación de la carga TL_{RPE} no presentó homogeneidad en la distribución de sus varianzas. Debido a esto, se analizó la diferencia entre mesociclos con la prueba Anova de una vía; donde, el indicador TL_{RPE} no presentó diferencias significativas ($p > .05$).

Los indicadores de cuantificación de la carga que no presentaron normalidad en la distribución de sus valores se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis. El ATL ($p = .68$), Volumen Z1 ($p = .88$) y Volumen Z2 ($p = .08$) tampoco presentaron diferencias significativas.

Es destacable que el indicador TMI que hasta este momento nunca había reflejado diferencias en las comparaciones entre mesociclos, ahora si presentó diferencias ($p < .01$) y a éste se le realizaron comparaciones múltiples (i.e., prueba post-hoc de Dunn), donde se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < .05$) entre los mesociclos de carga frente a los de competencia; situación parecida a la que ocurrió con el indicador TS (Figura 49 y 50 respectivamente).

Tanto para el indicador TMI (Figura 50) como para el indicador TS (Figura 51), los mesociclos de carga frente a los de potencia ($p = .91$; $p = .99$ respectivamente) y competencia frente a los de potencia ($p = .19$; $p = .09$ respectivamente) no arrojaron diferencias estadísticamente significativas. De hecho, se puede observar que en los mesociclos de potencia los valores se sitúan en un valor intermedio entre carga y competencia.

El indicador TMI se comportó con valores < 2.0 unidades en los diferentes tipos de mesociclos que integran la TID bajo el modelo PET. Estos valores se encuentran muy por debajo de los valores encontrados (2.52 unidades) en jugadores élite de fútbol juvenil ($n = 53$), que habían experimentado enfermedad durante dos temporadas de competencia (Brink et al., 2010). Sin embargo, los valores en el indicador TMI que manifiesta María Paz son similares a los que una deportista de fitness funcional presentó (1.3 unidades) durante 38 semanas de entrenamiento (Tibana et al., 2019) y a los que se encontraron en 13 jugadores de futsal de alto rendimiento (1.13 ± 0.31) en un periodo de 37 semanas (Miloski et al., 2012).

Figura 50

Comparaciones múltiples de la TMI en la temporada 2

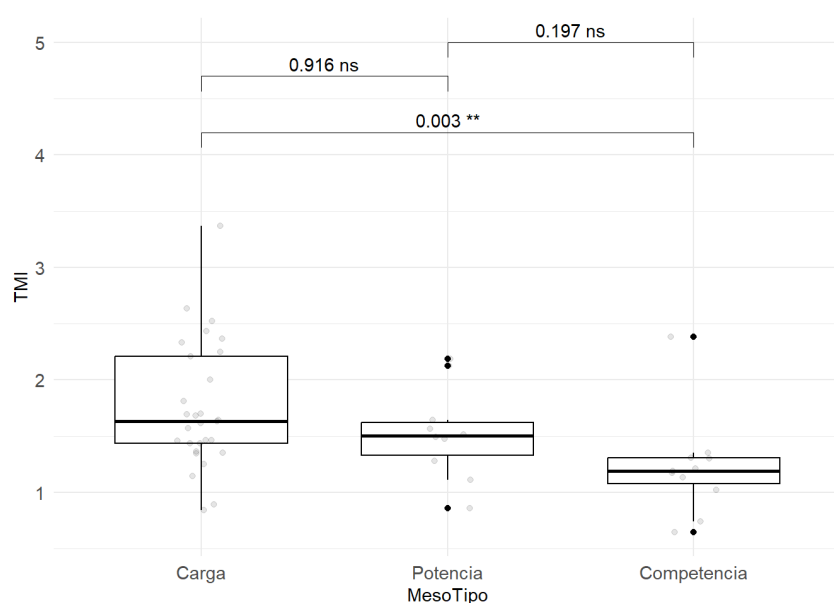
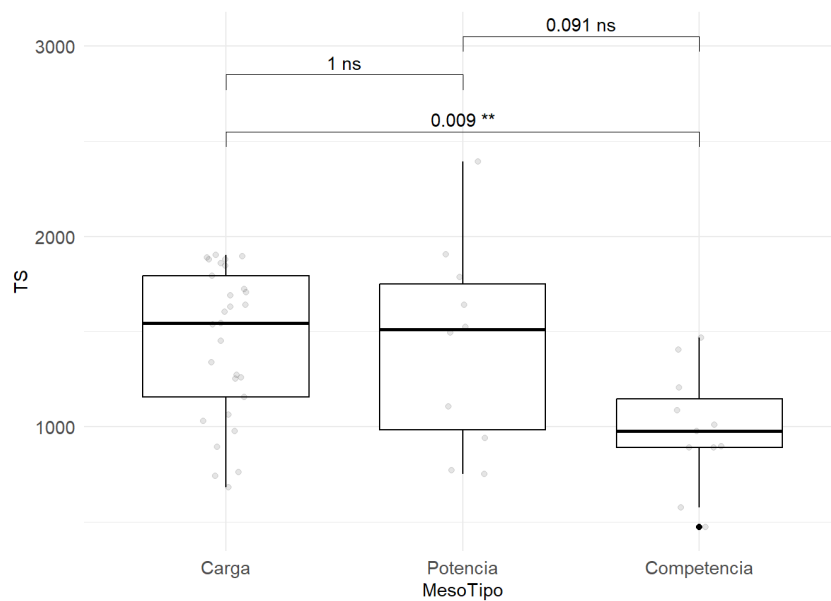


Figura 51

Comparaciones múltiples de la TS en la temporada 2



A continuación, la Tabla 29 contiene el único indicador de cuantificación de la carga que se encontró autocorrelacionado en los diferentes mesociclos de la T2 y la Figura 52 complementa la información. Solo se presentan los valores de la autocorrelación para el indicador CTL, debido a que Volumen Z3 y ACWR no presentaron diferencias significativas ($p < .05$).

Tabla 29

Indicadores autocorrelacionados en la temporada 2

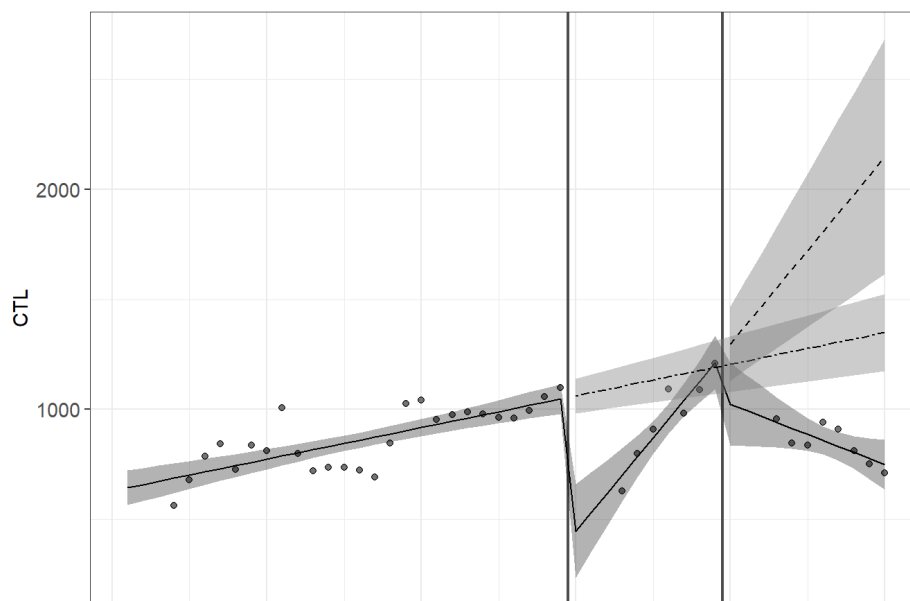
Coeficientes	Valor	EE	t	p
CTL				
Intercepto	629.90	41.29	15.25	< .01*
Tiempo	14.38	2.27	6.31	< .01*
Cambio de nivel	-684.36	124.37	-5.50	< .01*
Tendencia mesociclo de potencia	70.67	16.62	4.25	< .01*
Cambio de nivel	-161.95	120.98	-1.33	.18
Tendencia mesociclo de competencia	-112.54	21.25	-5.29	< .01*

* $p < .05$.

Para el indicador CTL (Figura 52), el coeficiente del tiempo mostró que en los mesociclos de carga hubo una tendencia positiva, donde el valor promedio para cada semana fue aumentado significativamente en 14.38 unidades. En el cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia se presentó una disminución, donde el efecto inmediato es negativo, significativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la CTL en -684.36 unidades. En los mesociclos de potencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto positivo sostenido en los valores de la CTL de 70.67 unidades. Luego, en el cambio de nivel entre los mesociclos de potencia y competencia se presentó una disminución, donde el efecto inmediato es negativo y se presentó un cambio de escalón en los valores de la CTL en -161.95 unidades. En los mesociclos de competencia se reflejó un cambio en la tendencia, donde hubo un efecto negativo, sostenido y significativo en los valores de la CTL de -112.54 unidades.

Figura 52

Series de tiempo interrumpidas para CTL en mesociclos de la temporada 2



Nota. Parte izquierda presenta mesociclos de carga, en medio mesociclos de potencia y derecha de competencia.

El coeficiente de cambio de nivel entre los mesociclos de carga y potencia y potencia y competencia resultaron significativos ($p < .01$). La tendencia en los mesociclos de potencia y competencia presentó cambios significativos ($p < .01$). Una vez más, el cambio de mesociclos generó cambio en el nivel del indicador entre los mesociclos de carga y potencia y entre los mesociclos de potencia y competencia. Así mismo, el cambio de mesociclos generó cambio en la tendencia en los mesociclos de potencia y competencia del indicador CTL durante la T2. De esta forma el indicador CTL ha sido sensible a todos los análisis realizados en esta tesis mostrando ser un indicador robusto en el control de la carga.

Para analizar la influencia del efecto de los mesociclos sobre los indicadores de cuantificación de la carga que pertenecen a la TID polarizada, se evidenciaron pocas diferencias entre los mesociclos. En las comparaciones entre los mesociclos de potencia frente a los de competencia se presentó una disminución en los valores del indicador TMI y un cambio en la tendencia en el indicador CTL. En las comparaciones entre los mesociclos de carga frente a los de potencia se presentó un cambio de nivel en el indicador CTL.

Durante la TID de la T2, los mesociclos de carga, potencia y competencia arrojaron un modelo de distribución PET. Esta distribución de la intensidad se manifestó de manera independiente del tipo de estructura del mesociclo; es decir, la característica de la distribución del modelo polarizado se cumple a plenitud en estos mesociclos (i.e., *Zona 1 > Zona 3* y *Zona 3 > Zona 2*) y la estructura de los mismos pasa a un nivel secundario. Esta situación afirma la idea de que las estructuras de la planificación de mesociclo y microciclo perdieron el sentido bajo el modelo de distribución de la intensidad PET en la T2 de entrenamiento.

De manera general, la proporción de una estructura de entrenamiento PET se ha identificado como una proporción de trabajo 80:20; donde, aproximadamente el 80% de las sesiones de entrenamiento en deportes de resistencia se realizan a intensidades por debajo del LT_{Aer} , o a concentración de lactato en sangre $\leq 2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. El restante 20% de las sesiones

se distribuyen entre entrenamiento en o cerca del LT_{An} (Z2) y entrenamiento de intervalos en la Z3 de intensidad (Seiler & Tønnessen, 2009).

El modelo de TID bajo el modelo PET muchas veces se basa en el número de sesiones de trabajo. Pero, cuando esta misma proporción de TID se calcula con base en las horas de entrenamiento, la TID se puede convertir a 90:10; es decir, siempre el cambio se dirige hacia la Z1 de trabajo (Seiler, 2023). En la presente investigación se demostró que en la estructura de entrenamiento PET realizada, a pesar que el cálculo se realizó con base en el método de registro *tiempo en zona* (Sylta et al., 2014b; y Filipas et al., 2022), la marchadora María Paz fue capaz de soportar proporciones de trabajo 77:23 (Figura 18), proporciones muy diferentes a las que propone Seiler (90:10).

El quid del asunto acerca de la discrepancia entre datos propuestos desde referentes más teóricos o desde referentes con otras poblaciones de deportistas radica desde una perspectiva metodológica, donde los experimentos que involucran una TID estática son convenientes para estudios científicos que comparan las diferencias entre grupos; pero, una TID estática no refleja escenarios de entrenamiento reales en deportes de alto rendimiento, en los que la TID se moldean *dinámicamente* con aumento de porcentajes de entrenamiento en Z2 y Z3 antes de las competencias (Treff et al., 2017).

Debido a lo anterior, es difícil encontrar experimentos con estudios de caso donde reporten los porcentajes de trabajo en cada una de las zonas de intensidad. De otro lado, incluir grupos de control dentro de esta población de deportistas de alto rendimiento presenta desafíos debido a que los corredores bien entrenados potencialmente no están dispuestos a participar en un entrenamiento reducido de volumen o intensidad para un bloque de entrenamiento (Parmar et al., 2021). Por ello, evaluar la eficacia de los diferentes métodos de formación en el nivel de élite es difícil, ya que los horarios de éstos atletas tampoco dejan lugar para experimentos controlados (Orie et al., 2021).

El entrenamiento de la T2 de María Paz se caracterizó por tener una TID bajo el modelo PET, lo cual le brindó diferencias en algunos indicadores de control de la carga, a favor del modelo PET con respecto al modelo PYR, a saber: aumento del volumen de trabajo en Z1 y disminución del volumen en Z2, valores de ACWR, TMI, CTL y ATL bajos y lejos de valores que se han identificado con mayores riesgos de padecer una lesión.

Algunos autores plantean que la distribución de la intensidad más frecuente para lograr excelentes rendimientos con atletas bien entrenados o de élite es la distribución de la intensidad polarizada (Ingham et al., 2012; Neal et al., 2013). Esto es debido a que se ha comprobado que el entrenamiento bajo el modelo PET induce altas adaptaciones al entrenamiento de resistencia, como mejorar el $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, el umbral anaeróbico, eficiencia aeróbica y el tiempo hasta el agotamiento durante un test incremental (Stöggl & Sperlich, 2014), el rendimiento en una carrera de 10 km (Muñoz et al., 2014b), la economía de carrera y el rendimiento con ultracorredores (Pérez et al., 2019).

Así mismo Muñoz et al. (2014b) encontraron que en corredores recreativos, a pesar del bajo volumen de entrenamiento que realizan, el entrenamiento PET mejora el rendimiento en 10 km en mayor medida que el modelo ThET. También, la TID bajo el modelo PET puede mejorar el rendimiento de resistencia potencialmente con menos estrés y aburrimiento autonómico y hormonal o grandes mejoras en el rendimiento. Esto está respaldado por experimentos en remeros bien entrenados, quienes enfatizaron el entrenamiento en la Z3 (Driller et al., 2009; Ní Chéilleachair et al., 2016). En este sentido, el entrenamiento de alta intensidad (Z3), como el que realizó María Paz en la T2, puede inducir adaptaciones metabólicas y funcionales del rendimiento muscular comparables al entrenamiento de baja intensidad, según lo menciona Laursen (2010).

Diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID piramidal

Con la finalidad de eliminar el posible efecto distorsionador de algunos mesociclos que no se comportaron como se esperaba, en este sub-apartado se repitieron los análisis pero considerando: *a*) solo a los mesociclos que cumplieran plenamente con la TID que correspondía a la temporada a la que pertenecían (e.g., se eliminaron de los análisis a los mesociclos PET de la T1); y *b*) solo aquellos mesociclos de igual denominación ubicados en momentos similares de la temporada (e.g., se eliminaron de los análisis los mesociclos de competencia situados en el periodo preparatorio específico [Tabla 22]).

Atendiendo a los factores *a* y *b* anteriormente mencionados, los mesociclos realizados en la T1, de una misma denominación y fase de entrenamiento, se compararon contra los mesociclos de la misma denominación y fase de entrenamiento realizados en la T2 (Tabla 22). Entonces, en la T1 (i.e., PYR) se compararon los mesociclos de carga número 2, 4, 5, 7, 8, 10, 13, y 15, frente a los mesociclos de potencia número 6, 9 y 12 y frente a los mesociclos de competencia 11, 14 y 16. También, los mesociclos de potencia (i.e., 6, 9 y 12) se compararon frente a los mesociclos de competencia (i.e., 11, 14 y 16), según se expone en la Tabla 22.

Enseguida, en la Tabla 30 se encuentra información acerca de la prueba de autocorrelación, la prueba de normalidad y la prueba de homogeneidad para cada uno de los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID bajo el modelo PYR (T1).

Tabla 30*Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en la TID piramidal*

Indicadores	Autocorrelación	Normalidad	Homogeneidad
FC _T (latidos · min ⁻¹)	Dependencia	STI	--
RFC (valores)	Dependencia	STI	--
S-RPE (valores)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
VOLU (min)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
Volumen Z1 (min)	Dependencia	STI	--
Volumen Z2 (min)	Dependencia	STI	--
Volumen Z3 (min)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TRIMP _{B&C} (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TRIMP _{MOR} (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TL _{RPE} (valores)	Dependencia	STI	--
ATL (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
CTL (valores)	Dependencia	STI	--
ACWR (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
TMI (valores)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
TS (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica

Nota. --: no aplica.

Una vez que se eliminaron los mesociclos distorsionadores y luego de repetir los análisis ya señalados en el apartado anterior, se identificó que los indicadores de cuantificación de la carga que presentaron diferencias significativas (i.e., S-RPE, VOLU, Volumen Z1 y Volumen Z2 y CTL) son los mismos que presentaron diferencias en el análisis en función del mesociclo en la temporada con TID bajo el modelo PYR (Figura 53); a excepción de los indicadores TRIMP_{B&C} y TRIMP_{MOR} que desaparecieron o no arrojaron diferencias significativas, como si lo hicieron en el análisis anterior. En este caso por tanto no es necesario presentar los resultados.

Figura 53

Cambios en los indicadores de control de la carga en función de la TID aplicada y el tipo de mesociclo

Indicadores // Temporada	Influencia del efecto de la TID sobre los indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la temporada		Diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID.	
	Piramidal	Polarizada	Piramidal	Polarizada
FC _T (latidos · min ⁻¹)				
RFC (valores)				
S-RPE (valores)	*		*	
VOLU (min)	*		*	
Volumen Z1 (min)	*		*	
Volumen Z2 (min)	*		*	
Volumen Z3 (min)				
TRIMP _{B&C} (valores)	*			
TRIMP _{MOR} (valores)	*			
TL _{RPE} (valores)				
ATL (valores)				
CTL (valores)	*	*	*	*
ACWR (valores)				
TMI (valores)		*		*
TS (valores)		*		*

Nota. Cuadros gris claro: indicadores que presentaron diferencias en sus comparaciones.

Cuadros gris oscuro: indicadores repetidos que presentaron diferencias en sus comparaciones.

* $p < .05$.

Diferencias en los indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID polarizada

Atendiendo a estos mismos criterios de selección de los mesociclos para la TID del modelo polarizado, en este caso se analizaron los mesociclos de carga número 19, 25, 29, 30 y 32, se compararon frente a los mesociclos de potencia número 23, 27 y 31 y frente a los mesociclos de competencia 20, 28 y 33. Estos mismos mesociclos de potencia se compararon frente a los mesociclos de competencia.

Enseguida, en la Tabla 31 se encuentra información acerca de la prueba de autocorrelación, la prueba de normalidad y la prueba de homogeneidad para cada uno de los indicadores de cuantificación de la carga agrupados en diferentes denominaciones de mesociclos en la TID polarizada.

Tabla 31

Prueba de autocorrelación, normalidad y homogeneidad en la TID polarizada

Indicadores	Autocorrelación	Normalidad	Homogeneidad
FC _T (latidos · min ⁻¹)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
RFC (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
S-RPE (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
VOLU (min)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
Volumen Z1 (min)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
Volumen Z2 (min)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
Volumen Z3 (min)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
TRIMP _{B&C} (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
TRIMP _{MOR} (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
TL _{RPE} (valores)	Independencia	Paramétrica	Heterocedástica
ATL (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica
CTL (valores)	Dependencia	STI	--
ACWR (valores)	Dependencia	STI	--
TMI (valores)	Independencia	No-paramétrica	Kruskal-Wallis
TS (valores)	Independencia	Paramétrica	Homocedástica

Nota. --: no aplica.

Una vez que se eliminaron los mesociclos distorsionadores y luego de repetir los análisis ya señalados en el apartado anterior, se identificó que los indicadores de cuantificación de la carga que presentaron diferencias significativas (i.e., CTL, TMI y TS) son los mismos que presentaron diferencias en el análisis *en función del mesociclo en la temporada con TID polarizada* al considerar a todos los mesociclos (Figura 53). Por tanto, no corresponde de nuevo presentar los mismos resultados.

Análisis sobre el índice polarizado propuesto por Treff et al. (2019)

Dada la trascendencia para la elaboración de esta tesis y sus análisis, se introducen a continuación los comentarios sobre el índice polarizado enviados a la Revista *Frontiers in Physiology* como corrección al trabajo de Treff et al. (2019). Esta publicación, que sirvió de consulta para la elaboración de la investigación, presentó confusión en la manera de usar las Ecuaciones 14 y 15, pues las indicaciones para aplicarlas no tuvieron en cuenta si una TID presentaba estructura polarizada. Más aún, se encontró poco intuitivo y con errores el análisis de la gráfica allí propuesta; así como también, se encontraron errores en algunos ejemplos numéricos.

Problemas sobre el índice polarizado

En primer lugar, se destaca que calcular el PI de una TID debe llevarse a cabo siempre y cuando esta TID tenga estructura polarizada (i.e., que cumpla la condición [i]). Si una TID no tiene estructura polarizada, ésta será no polarizada sin importar el valor del PI que obtengamos al usar las ecuaciones 14 y 15.

Treff et al. (2019) indicaron que si la $Zona\ 3 = 0$, el PI es cero por definición. En este caso estamos tratando con un TID que no satisface la estructura polarizada (i.e., condición [i]): pues no es posible tener $0 \leq Zona\ 2 < 0$ con algún valor de $Zona\ 2$ en el intervalo $[0, 1]$. Entonces, se tiene que simplemente, el caso $Zona\ 3 = 0$ no es parte de los casos en los que se desea definir el PI.

Treff et al. (2019) también mencionaron que si $la\ Zona\ 3 > Zona\ 1$, el PI no es válido y no se debe calcular y dan una justificación que se considera es errada ya que simplemente se está tratando con un TID que no satisface la estructura polarizada.

Adicionalmente, en Treff et al. (2019) se realizaron algunos cálculos a lo largo del análisis del PI. En particular explican que dos TID diferentes, $Zona\ 1 = 0.90$, $Zona\ 2 = 0.05$, $Zona\ 3 = 0.05$ y $Zona\ 1 = 0.74$, $Zona\ 2 = 0.13$, $Zona\ 3 = 0.13$ pueden dar el mismo resultado

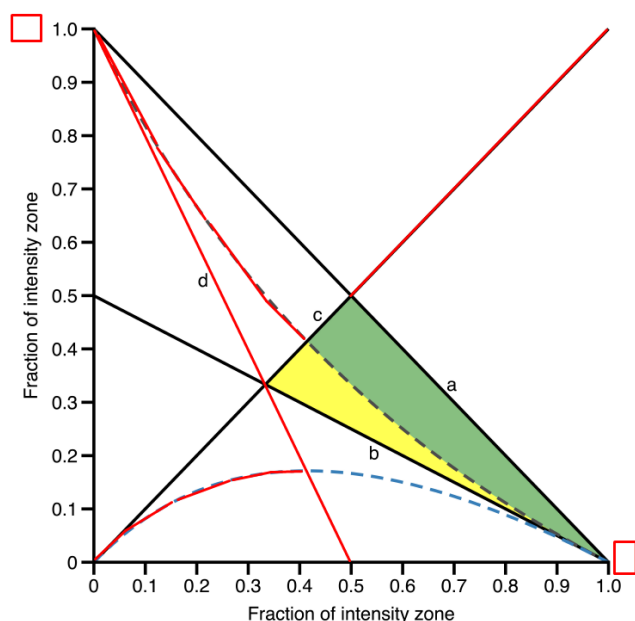
de $PI = 2.0$. Este ejemplo se presta a confusión, porque no cumplen la condición (i) y como ya se señaló, simplemente no vale el esfuerzo de usar las ecuaciones 14 y 15 para calcular el PI. Sin embargo, si se quiere calcular un PI para estos valores, se emplearían las Ecuaciones 14 y 15 y se obtendrían los correspondientes resultados, que se consignan a continuación en las Ecuaciones 18 y 19.

$$\log_{10} \left(100 \left(\frac{0.90}{0.05} \right) (0.05) \right) = \log_{10} (90) \approx 1.9542 \quad (18)$$

$$\log_{10} \left(100 \left(\frac{0.74}{0.13} \right) (0.13) \right) = \log_{10} (74) \approx 1.8692 \quad (19)$$

Es evidente que estos valores de la TID no son iguales o cercanos a un $PI = 2.0$.

El razonamiento para llegar al punto de corte $PI = 2$ es explicado con base en la Figura 2 de Treff et al. (2019), misma Figura 16 consignanada en esta tesis, que muestra un gráfico en dos dimensiones que intenta capturar la interacción de tres números. Esta figura en realidad presenta varios errores y se reproduce de nuevo en la Figura 54 donde se incluyen algunas líneas con color rojo para comprender mejor la explicación.

Figura 54*Errores en los límites y condiciones del índice polarizado*

Nota. Tomado y adaptado de Treff et al. (2019).

Primer error: la figura muestra dos ejes con escala entre 0 y 1, esto significa que muestra la relación entre dos valores de zonas, pero no es claro acerca de qué pareja de zonas está hablando ya que no tiene etiquetas en los ejes.

Segundo error: siguiendo la explicación de la Figura, el lector debe llevar a cabo algunos cálculos para obtener una idea del valor de la tercera zona que no se muestra (i.e., teniendo en cuenta que $Zona\ 1 + Zona\ 2 + Zona\ 3 = 1$), lo que además implica que la línea que va del punto (0.5, 0.5) a (1, 1) es inadecuada porque implica que la tercera zona, no mostrada en la Figura, debe ser negativa, lo que no es consistente con el análisis (las zonas están medidas con números entre 0 y 1).

Tercer error: leyendo la explicación en la leyenda de la Figura 16, se podría inferir que se está observando una Figura de *Zona 1* versus *Zona 3*; pero, también la línea *d* es descrita como el límite inferior de *Zona 3* para una *Zona 1* dada. Esto es confuso porque primero se

infiere que se está viendo una Figura *Zona 1* versus *Zona 3*, luego, la leyenda de la figura informa que se está viendo una figura *Zona 1* versus *Zona 2*. Lo anterior deja en evidencia que Treff et al. (2019) están pretendiendo analizar tres variables en apenas dos ejes.

Cuarto error: en la leyenda de la Figura 16, las áreas coloreadas son descritas como el rango de valores en donde las condiciones *a-d* se cumplen, es así como la línea *d* es redundante (inútil y confuso dibujarla) porque si no se dibujara, el área coloreada sería la misma. Esto tiene una explicación, las condiciones *b* y *c* son suficientes para obtener la condición *d* (i.e., por la propiedad transitiva de los números reales), puesto que, al trabajar con las condiciones *b* y *c*, se está trabajando con la condición *d* implícitamente.

La línea *c* dibujada sin los puntos (0.5, 0.5) a (1, 1) y la línea *d* son la misma línea en diferentes perspectivas: *c* está un plano *Zona 1* versus *Zona 3* y *d* en un plano *Zona 1* versus *Zona 2*. Esta línea única está un espacio de tres dimensiones, entre (0.5, 0, 0.5) y (0, 1, 0).

Quinto error: la línea discontinua gris es más larga de lo que debería ser. Calcular el PI sólo debe importar por las TID que tienen estructura polarizada, que es lo mismo cuando las condiciones *a* y *c* se cumplen. La porción señalada en rojo En la Figura no debería dibujarse, pues son TID que no tienen estructura polarizada.

Sexto error: la línea discontinua azul está en un plano *Zona 1* versus *Zona 2*, como explica la leyenda de la gráfica. Esto no tiene relación alguna con las áreas coloreadas que están un plano *Zona 1* versus *Zona 3*. También es el caso que esta línea es más larga de lo que debería ser ya que sólo se quiere calcular el PI para TID con estructura polarizada.

Después de analizar con bastante detalle lo propuesto por Treff et al. (2019) e intentar implementar las Ecuaciones 14 y 15 para el cálculo del PI de todos los datos de entrenamiento de María Paz durante las T1 y T2, en el lenguaje de programación R versión 4.1.1, se decidió reorganizar y ajustar lo expuesto por los autores para presentar estas ideas de manera más intuitiva y formal en el sentido matemático, para así lograr una correcta definición del PI. Este

trabajo ha resultado en una guía más precisa para implementar el PI en el lenguaje de programación estadístico R y prácticamente en cualquier software científico.

Reorganización de la propuesta del índice polarizado

Las mediciones de la intensidad de trabajo en las tres zonas: *Zona 1* (intensidad baja), *Zona 2* (intensidad umbral) y *Zona 3* (intensidad alta) se denotan con z_1 , z_2 y z_3 respectivamente, estas son proporciones en lugar de porcentajes. Al ser proporciones, es importante tener en cuenta que estas medidas no tienen unidades, z_1 , z_2 y z_3 son números reales en el intervalo $[0, 1]$; es decir, $0 \leq z_1, z_2, z_3 \leq 1$ tales que $z_1 + z_2 + z_3 = 1$. La condición (i) para una TID polarizada, puede escribirse simplemente como $0 \leq z_1 < z_3 < z_2 \leq 1$. El cálculo del PI y el punto de corte igual a 2, será lo que determine si se cumple la condición (ii).

Esto implica que el cálculo de PI sólo tiene sentido para aquellas TID que tienen estructura polarizada; es decir, cumplen la condición (i). De lo contrario, estaríamos calculando el PI de un TID que no cumple la condición (i), por lo que nunca será un TID polarizado independientemente del valor de su PI. Lo anterior motiva la siguiente definición:

Definición del índice polarizado

Dada una TID basada en un modelo de tres zonas, con medidas z_1 , z_2 y z_3 de *Zona 1*, *Zona 2* y *Zona 3* respectivamente, tal que $z_1, z_2, z_3 \in [0, 1]$ y $z_1 + z_2 + z_3 = 1$, se define el índice polarizado PI en la Ecuación 20, así:

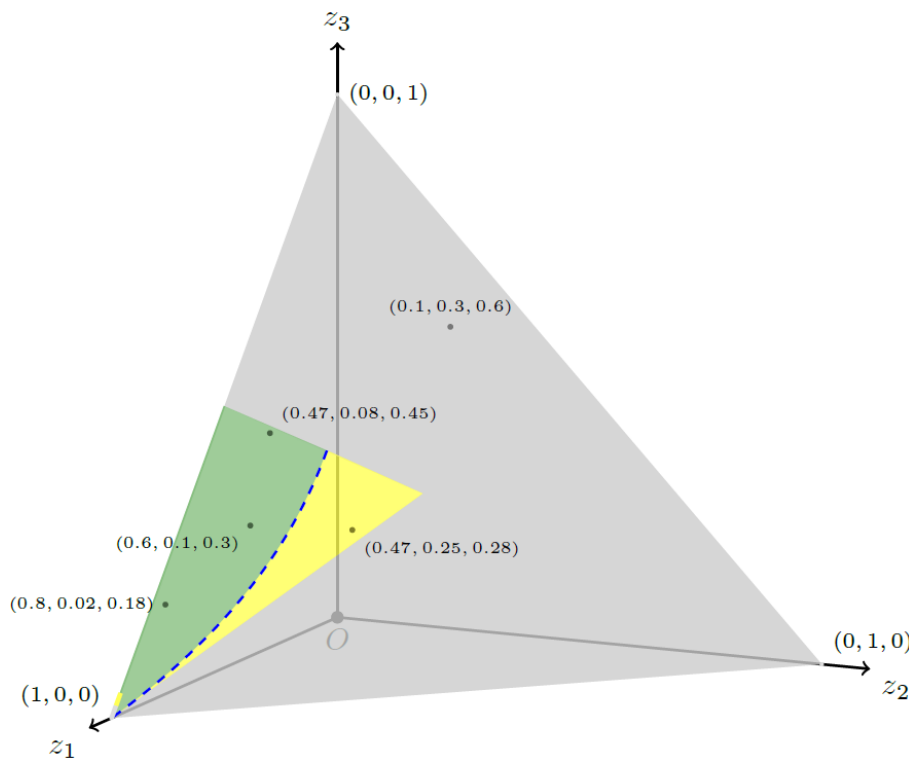
$$PI = PI(z_1, z_2, z_3) = \begin{cases} \log_{10} \left(100 \left(\frac{z_1}{0.01} \right) (z_3 - 0.01) \right), & \text{si } z_2 = 0 \text{ y } 0.01 < z_3 \text{ y } 0 < z_1, \\ \log_{10} \left(100 \left(\frac{z_1}{z_2} \right) (z_3) \right), & \text{si } 0 < z_2 \text{ y } z_2 < z_3 \text{ y } z_3 \leq z_1. \end{cases} \quad (20)$$

En cualquier otro caso, el PI no está definido.

La función (una función a trozos) PI definida en la Ecuación 20 hace explícitas las condiciones adecuadas sobre z_1 , z_2 y z_3 para tener un buen comportamiento de las fórmulas 14 y 15 planteadas por Treff et al. (2019), sobre una base matemática más consistente y una notación estándar. En la Figura 55 se puede apreciar el dominio de la función PI definida en la Ecuación 20.

Figura 55

Dominio de la función del índice polarizado



Nota. El dominio de la función PI , un subconjunto de un espacio 3D de puntos (z_1, z_2, z_3) , coloreados con verde, azul y amarillo. Estos puntos satisfacen la condición (i) o tienen estructura polarizada. Los puntos verdes son aquellos tales que $PI(z_1, z_2, z_3) > 2.0$ (i.e., TID polarizada). Los puntos azules (línea discontinua) son aquellos tales que $PI(z_1, z_2, z_3) = 2.0$ (i.e., TID en punto de corte y no polarizada). Los puntos amarillos son aquellos tales que $PI(z_1, z_2, z_3) < 2.0$ (i.e., TID no polarizada). Los puntos grises completan el conjunto de puntos tales que $z_1, z_2, z_3 \in [0, 1]$ y $z_1 + z_2 + z_3 = 1$. Se muestran algunos puntos etiquetados.

Describir los puntos que son punto de corte 2, es equivalente a describir la superficie de nivel $PI(z_1, z_2, z_3) = 2$. Esta superficie de nivel es la curva punteada azul contenida en el plano $z_1 + z_2 + z_3 = 1$ con $z_1, z_2, z_3 \in [0, 1]$. Este plano es el triángulo que se forma entre los puntos $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ y $(0, 0, 1)$.

Implementando el índice polarizado

Ahora se presenta una implementación de la nueva definición de índice polarizado en software científico, en este caso escrita en el lenguaje de programación estadística R (R Core Team, 2021). Esta implementación verifica todas las características de una TID y valida si tiene estructura polarizada (cumplir la condición [i]) para calcular el PI únicamente en los casos válidos.

Para implementar el índice polarizado se usan las funciones `dplyr::near()` y `dplyr::case_when()` del paquete `dplyr` que es parte de *tidyverse* (Wickham et al., 2019). Las funciones permiten escribir de manera más legible el código necesario para implementar el PI.

```
f_PI <- function(z1, z2, z3){
  # Primer paso: validamos que estamos trabajando
  # con una TID, es decir que 0 <= z1, z2, z3 <=1 and z1 + z2 + z3 = 1
  if(0 <= z1 & z1 <= 1 & 0 <= z2 & z2 <= 1 &
    0 <= z3 & z3 <= 1 & dplyr::near(z1 + z2 + z3, 1)) {
    # Segundo paso: la función a trozos PI verifica la condición (i)
    dplyr::case_when(
      0 < z2 & z2 < z3 & z3 < z1 ~ log10(100 * (z1/z2) * (z3)),
      dplyr::near(z2, 0) & 0.01 < z3 & z3 < z1 ~ log10(100 * (z1/0.01) * (z3-0.01)),
      TRUE ~ as.double(NA)) # TID no cumple la condición (i)
    } else {
      # La entrada no es una TID
      as.double(NA)
    }
  }
}
```

Finalmente, se presentan algunos ejemplos de cálculo usando esta función implementada en R:

```
f_PI(0.6, 0.15, .25)
# [1] 2
```

```
# ** Ejemplos de Treff et al., (2019)
```

```
f_PI(0.6, 0.19, 0.21)
#> [1] 1.821617
f_PI(0.6, 0.14, 0.26)
#> [1] 2.046997
f_PI(0.8, 0.08, 0.12)
#> [1] 2.079181
f_PI(0.9, 0.05, 0.05)
#> [1] NA
f_PI(0.74, 0.13, 0.13)
#> [1] NA
```

```
# ** Algunos ejemplos con  $z_2 = 0$ 
```

```
f_PI(1, 0, 0)
#> [1] NA
f_PI(0.99, 0, 0.01)
#> [1] NA
f_PI(0.9899, 0, 0.0101)
#> [1] -0.004408676
f_PI(0.9799, 0, 0.0201)
#> [1] 1.995503
f_PI(0.9701, 0, 0.0299)
#> [1] 2.165096
```

CAPÍTULO 5

Conclusiones

Conclusiones

El objetivo general que persigue esta investigación es analizar la repercusión en el cambio de modelo de distribución de la intensidad de la carga a lo largo de dos temporadas en una marchadora de nivel Olímpico (20 km), con especial atención al uso de las estructuras de planificación del entrenamiento y a los principales indicadores de cuantificación de la carga. En virtud de los resultados obtenidos en la investigación, enseguida se detallan las conclusiones que se han extraído de la misma.

En respuesta al objetivo específico 1, *Describir las estructuras cíclicas de la planificación del entrenamiento respecto a la tipología, frecuencia de uso, la distribución de la carga de entrenamiento por zonas de intensidad en función de diferentes estructuras y las características generales de la carga (i.e., volumen, intensidad y métodos de entrenamiento) a lo largo de dos temporadas.*

- 1) Las estructuras cíclicas de la planificación utilizadas fueron las tradicionales como son los microciclos, mesociclos, fases y macrociclos del entrenamiento. Los dos años de entrenamiento se distribuyeron en cuatro macrociclos, 33 mesociclos, 109 microciclos y 812 sesiones de entrenamiento. Los mesociclos más utilizados fueron los de carga, potencia y competencia. En cuanto a los microciclos, los más utilizados fueron los de desarrollo y recuperación.
- 2) La distribución de la intensidad entre temporadas se presentó como una distribución PYR en la T1 y una distribución PET en la T2. El volumen de entrenamiento se comportó de manera similar en las dos temporadas.

En respuesta al objetivo específico 2, *Determinar los principales indicadores de cuantificación de la carga empleados en diferentes estructuras de la planificación.*

- 3) Los principales indicadores de cuantificación de la carga empleados en las diversas estructuras de la planificación que son sensibles a los cambios en la distribución de la intensidad, son: S-RPE, VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, ATL, CTL, TMI y TS.

La H_1 se cumple parcialmente ya que ha habido un mayor número de indicadores de cuantificación de la carga que son importantes a tener en cuenta.

En respuesta al objetivo específico 3, *Analizar la influencia que tienen estructuras de planificación distintas sobre los indicadores de cuantificación de la carga dentro del mismo modelo de distribución de la intensidad y entre estructuras de planificación semejantes, pero de modelos de distribución diferentes.*

- 4) La influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función de los mesociclos de carga (i.e., FC_T , VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$, TL_{RPE} , ATL, CTL y TMI), potencia (i.e., Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL) y competencia (i.e., FC_T , RFC, Volumen Z1 y Volumen Z2).

Se cumple totalmente la H_2 acerca de la influencia que la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función del tipo de mesociclos.

- 5) La influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga considerando los criterios de TID en los mesociclos de carga (i.e., Volumen Z1, Volumen Z2, ATL y CTL), potencia (i.e., Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL) y competencia (i.e., VOLU).

Se cumple totalmente la H_3 acerca de la influencia de la TID ejerce un efecto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga considerando los mesociclos que cumplen con los criterios de TID.

- 6) La influencia del tipo de mesociclo ejerce un impacto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función del mesociclo en la TID bajo el modelo PYR, como son: S-RPE, VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2, $TRIMP_{B\&C}$, $TRIMP_{MOR}$, y CTL; y en la TID bajo el modelo PET, como son: CTL, TMI y TS.

Se cumple totalmente la H₄ acerca influencia del tipo de mesociclo ejerce un impacto sobre algunos indicadores de cuantificación de la carga en función de la TID.

- 7) Cuando se consideran solo aquellos mesociclos de la temporada que coinciden con los criterios TID que la definen (i.e., mismo TID en temporada que en mesociclo), la influencia de éstos ejerce un impacto significativo sobre algunos indicadores agrupados bajo el modelo PYR, como son: S-RPE, VOLU, Volumen Z1, Volumen Z2 y CTL; y en la TID bajo el modelo PET, como son: CTL, TMI y TS.

Se cumple totalmente la H₅ acerca la influencia del efecto de mesociclos que cumplen con los criterios de la TID ejerce un impacto sobre algunos indicadores.

Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación

La ausencia en la cuantificación de una temporada de entrenamiento (i.e., 2019-2020), a causa de la pandemia mundial por el virus COVID-19, deja en duda la posibilidad de si los cambios de nivel o de tendencia en los análisis de STI, de la TID en el modelo PET, se vieran afectados por la temporada que no se entrenó. No obstante, situaciones como la descrita son muy normales en la vida de una deportista, como las situaciones que acontecen en el padecimiento de una lesión.

El análisis estadístico comparativo entre los modelos de TID se realizó solamente a nivel de mesociclos, lo que tal vez pudo enmascarar alguna modulación en la dinámica de la carga y su influencia en los distintos indicadores de cuantificación de la misma.

Durante la implementación del presente trabajo han surgido algunos interrogantes que motivan la implementación de futuras líneas de investigación, las cuales se consideran relevantes para el desarrollo de las Ciencias del Deporte.

- Evaluar la distribución de la intensidad del entrenamiento de la resistencia identificando cinco zonas de intensidad con deportistas de la categoría élite durante al menos un macrociclo de entrenamiento.

- Establecer las diferencias entre dos métodos de cuantificación de las zonas de intensidad (i.e., método de registro tiempo en zona y método de objetivo de la sesión) y su repercusión en diferentes indicadores del control de la carga con deportistas poco entrenados y altamente entrenados.
- Investigar la elaboración de un índice de distribución de la intensidad bajo el modelo HIIT que permita distinguir la diferencia entre ese modelo con respecto a otros y representar gráficamente el índice en la figura propuesta por Montenegro et al. (2023).

CAPÍTULO 6

Referencias

Referencias

- Adami, A., Sivieri, A., Moia, C., Perini, R., & Ferretti, G. (2013). Effects of step duration in incremental ramp protocols on peak power and maximal oxygen consumption. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2647-2653.
<https://doi.org/10.1007/s00421-013-2705-9>
- Afonso, J., Clemente, F. M., Ribeiro, J., Ferreira, M., & Fernandes, R. J. (2020). Towards a de facto Nonlinear Periodization: Extending Nonlinearity from Programming to Periodizing. *Sports*, 8(8), 110. <https://doi.org/10.3390/sports8080110>
- Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1473-1480.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2012.712711>
- American Psychological Association. (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Andrade, R., Wik, E. H., Rebelo-Marques, A., Blanch, P., Whiteley, R., Espregueira-Mendes, J., & Gabbett, T. J. (2020). Is the acute: chronic workload ratio (ACWR) associated with risk of time-loss injury in professional team sports? A systematic review of methodology, variables, and injury risk in practical situations. *Sports Medicine*, 50(9), 1613-1635. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01308-6>
- Auersperger, I., Jurov, I., Laurencak, K., Leskosek, B., & Skof, B. (2020). The effect of a short-term training period on physiological parameters and running performance in recreationally active female runners. *Sport Mont Journal*, 18(1), 69-74.
<https://doi.org/10.26773/smj.200212>
- Augustyn, K., Augustyn, R., Bieniek, P., & Wilk, E. (2014) Training loads variability in race walking during 4-year preparation cycle for the XXIX Olympic Games in Beijing 2008.

Journal of Health Sciences, 4(9), 173-180.

[https://www.researchgate.net/publication/277720804_Training_loads_variability_in_race_walking_during_4-](https://www.researchgate.net/publication/277720804_Training_loads_variability_in_race_walking_during_4-year_preparation_cycle_for_the_XXIX_Olympic_Games_in_Beijing_2008)

[year_preparation_cycle_for_the_XXIX_Olympic_Games_in_Beijing_2008](https://www.researchgate.net/publication/277720804_Training_loads_variability_in_race_walking_during_4-year_preparation_cycle_for_the_XXIX_Olympic_Games_in_Beijing_2008)

Bailey, S. P., & Pate, R. R. (1991). Feasibility of improving running economy. *Sports Medicine*, 12(4), 228-236. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112040-00002>

Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 5(3), 170-176. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6778623/>

Banister, E. W., & Hamilton, C. L. (1985). Variations in iron status with fatigue modelled from training in female distance runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(1), 16-23. <https://doi.org/10.1007/bf00426292>

Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Australian Journal in Sports Medicine*, 7(3), 57-61. https://www.researchgate.net/publication/281506189_A_systems_model_of_training_for_athletic_performance

Bara, M. G., Caetano, F., Nogueira, R., & Nakamura, F. (2013). Comparisson of different methods of internal load control in volleyball players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 19(2), 143-146. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000200015>

Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine - Open*, 1, Article 8. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0007-y>

Baron, B., Noakes, T. D., Dekerle, J., Moullan, F., Robin, S., Matran, R., & Pelayo, P. (2008). Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? *British*

- Journal of Sports Medicine*, 42(10), 828-833.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2007.040444>
- Bassett, D. R., Jr, & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Beaver, W. L., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *Journal of Applied Physiology*, 59(6), 1936-1940. <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.59.6.1936>
- Bellinger, P., Arnold, B., & Minahan, C. (2020). Quantifying the Training-Intensity Distribution in Middle-Distance Runners: The Influence of Different Methods of Training-Intensity Quantification. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 319-323. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0298>
- Beneke R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 95-99.
<https://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1>
- Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E., & Batterham, A. M. (2001). Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(12), 2077-2081.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200112000-00016>
- Bentley, D. J., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37(7), 575-586. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737070-00002>
- Bentley, D. J., Wilson, G. J., Davie, A. J., & Zhou, S. (1998). Correlations between peak power output, muscular strength and cycle time trial performance in triathletes. *The*

Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 38(3), 201-207.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9830826/>

Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Paidotribo.

https://www.academia.edu/10943974/FISIOLOGÍA_Y_METODOLOGÍA_DEL_ENTRENAMIENTO

Billat, V. L., Demarle, A., Slawinski, J., Paiva, M., & Koralsztein, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(12), 2089-2097. <https://doi.org/10.1097/00005768-200112000-00018>

Billat, V. L., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G., & Koralsztein, J. P. (1999). Interval training at $\dot{V}O_{2\max}$: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(1), 156-163. <https://doi.org/10.1097/00005768-199901000-00024>

Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J. P., & Mercier, J. (2003a). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology, and sport science. *Sports Medicine*, 33(6), 407-426. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00003>

Billat, V., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., Laurence, M. H., Salim, D., & Koralsztein, J. P. (2003b). Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 297-304. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053556.59992.A9>

Bishop, D., Jenkins, D. G., & Mackinnon, L. T. (1998a). The effect of stage duration on the calculation of peak $\dot{V}O_2$ during cycle ergometry. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1(3), 171-178. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(98\)80012-1](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(98)80012-1)

Bishop, D., Jenkins, D. G., & Mackinnon, L. T. (1998b). The relationship between plasma lactate parameters, W_{peak} and 1-h cycling performance in women. *Medicine and*

- Science in Sports and Exercise*, 30(8), 1270-1275. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00014>
- Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2015). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(8), 471-475. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095445>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327(8476), 307-310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Blázquez, J. A., García, S., Ferriz, A., & Olaya, J. (2021). Cuantificación de la carga de entrenamiento y competición: análisis comparativo por posiciones en un equipo de la Liga Española de Baloncesto Oro. *Retos*, 42, 882-890. <https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.87268>
- Bompa, T., & Haff, G. (2019). *Periodization. Theory and Methodology of Training*. 6th Edition. Human Kinetics. https://us.humankinetics.com/products/periodization-6th-edition?_pos=4&_sid=e10fc395d&_ss=r
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16(1), 55-58. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Quantifying Training Load: A Comparison of Subjective and Objective Methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 16-30. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.1.16>

- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795.
<https://doi.org/10.2165/11317780-0000000000-00000>
- Boullosa, D. A., & Foster, C. (2018). “Evolutionary” based periodization in a recreational runner. *Sport Performance and Science Reports*. 1(36), 1-3.
- Boullosa, D. A., Abreu, L., Varela-Sanz, A., & Mujika, I. (2013). Do olympic athletes train as in the Paleolithic era?. *Sports Medicine*, 43(10), 909-917.
<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0086-1>
- Boullosa, D. A., Nakamura, F. Y., Ruiz, J. R., Seiler, S., Esteve-Lanao, J., Lucia, A., Hawley, J. A., & Martin, D. T. (2010). Letters to the Editor [Editorial]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 431-436.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.5.4.431>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2161-S2170. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Bourgois, J. G., Bourgois, G., & Boone, J. (2019). Perspectives and Determinants for Training-Intensity Distribution in Elite Endurance Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(8), 1151-1156.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0722>
- Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., Bruce-Low, S., & Li, F. X. (2020). Spikes in acute:chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5-7 times greater injury rate in English Premier League football players: a comprehensive 3-year study. *British*

- Journal of Sports Medicine*, 54(12), 731-738. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099422>
- Bradbury, D. G., Landers, G. J., Benjanuvatra, N., & Goods, P. (2020). Comparison of linear and reverse linear periodized programs with equated volume and intensity for endurance running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1345-1353. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002805>
- Bragada, J. A., Santos, P. J., Maia, J. A., Colaço, P. J., Lopes, V. P., & Barbosa, T. M. (2010). Longitudinal study in 3,000 m male runners: Relationship between performance and selected physiological parameters. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 439-444. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149638/>
- Brink, M. S., Visscher, C., Arends, S., Zwerver, J., Post, W. J., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(11), 809-815. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.069476>
- Brodáni, J., Czakova, M., Tóth, M., & Pavlović, R. (2015). Periodization of training load during preparatory and performance shaping phases of a 50 and 20 km race walker. *Sport Science - International Scientific Journal of Kinesiology*, 8(2), 49-54. <https://www.sposci.com/PDFS/BR08S2/SVEE/04%20CL%2006%20JB.pdf>
- Bruin, G., Kuipers, H., Keizer, H. A., & Vander, G. J. (1994). Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *Journal of Applied Physiology*, 76(5), 1908-1913. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.5.1908>
- Buchfuhrer, M. J., Hansen, J. E., Robinson, T. E., Sue, D. Y., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *Journal of Applied Physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 55(5), 1558-1564. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.5.1558>

- Cairns, M. A., Burdett, R. G., Pisciotta, J. C., & Simon, S. R. (1986). A biomechanical analysis of racewalking gait. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(4), 446-453. https://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1986/08000/A_biomechanical_analysis_of_racewalking_gait.15.aspx
- Campos, Y., Casado, A., Vieira, J. G., Guimarães, M., Sant'Ana, L., Leitão, L., da Silva, S. F., Silva Marques de Azevedo, P. H., Vianna, J., & Domínguez, R. (2021). Training-intensity Distribution on Middle- and Long-distance Runners: A Systematic Review. *International Journal of Sports Medicine*, 43(4), 305-316. <https://doi.org/10.1055/a-1559-3623>
- Carnes, A. J., & Mahoney, S. E. (2019). Polarized vs. high intensity multimodal training in recreational runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 105-112. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0040>
- Carr, A. J., Vallance, B. S., Rothwell, J., Rea, A. E., Burke, L. M., & Guy, J. H. (2022). Competing in hot conditions at the tokyo olympic games: preparation strategies used by australian race walkers. *Frontiers in Physiology*, 13, Article 836858. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.836858>
- Casado, A., González-Mohíno, F., González-Ravé, J. M., & Foster, C. (2022). Training periodization, methods, intensity distribution, and volume in highly trained and elite distance runners: A Systematic Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(6), 820-833. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0435>
- Casado, A., Hanley, B., Santos-Concejero, J., & Ruiz-Pérez, L. M. (2021). World-Class long-distance running performances are best predicted by volume of easy runs and deliberate practice of short-interval and tempo runs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9), 2525-2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003176>

- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A. C., Keizer, H. A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 13(7), 518-522. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021309>
- Chicharro, J. L., Hoyos, J., & Lucía, A. (2000). Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 34(6), 450-455. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.6.450>
- Coh, M., Babic, V., & Mackata, K. (2010). Biomechanical, Neuro-muscular and Methodical Aspects of Running Speed Development. *Journal of Human Kinetics*, 26(1), 73-81. <https://doi.org/10.2478/v10078-010-0051-0>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. <https://doi.org/10.1037//0033-2909.112.1.155>
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley Estatutaria 1581 de 2012 (octubre 17) Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Recuperado Febrero 25, 2020, de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=49981
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5), 357-360. https://www.researchgate.net/publication/15744615_Running_economy_and_distance_running_performance_of_highly_trained_athletes
- Corbetta, P. (2007). *Metodología y Técnicas de Investigación Social*. McGraw-Hill. <https://www.mheducation.es/metodologia-y-tecnicas-de-investigacion-social-9788448156107-spain-group>

- Coyle, E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 23, 25-63.
<https://doi.org/10.1249/00003677-199500230-00004>
- Coyle, E. F., Martin, W. H., Ehsani, A. A., Hagberg, J. M., Bloomfield, S. A., Sinacore, D. R., & Holloszy, J. O. (1983). Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. *Journal of Applied Physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 54(1), 18-23. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.54.1.18>
- Coyne, J. O. C., Nimphius, S., Newton, R. U., & Haff, G. G. (2019). Does Mathematical Coupling Matter to the Acute to Chronic Workload Ratio? A Case Study From Elite Sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1447-1454. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0874>
- Cross, M. J., Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S. P., & Stokes, K. A. (2016). The Influence of In-Season Training Loads on Injury Risk in Professional Rugby Union. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 350-355.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0187>
- Damji, F., MacDonald, K., Hunt, M. A., Taunton, J., & Scott, A. (2021). Assessing acute:chronic workload ratio methodologies for the prediction of knee pain in men's elite volleyball. *Translational Sports Medicine*, 00, 1-7.
<https://doi.org/10.1002/tsm2.250>
- Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(3), 332-338. <https://doi.org/10.1249/00005768-198506000-00006>
- Dantas, E., García-Manso, J. M., Godoy, E. S., Sposito-Araujo, C. A., & Gomes, A. C. (2010). Aplicabilidad de los modelos de periodización del entrenamiento deportivo.

- Una revisión sistemática. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 20(6), 231-241. <http://www.cafyd.com/REVISTA/02005.pdf>
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 353-358. <https://doi.org/10.1519/R-13113.1>
- Demarle, A. P., Slawinski, J. J., Laffite, L. P., Bocquet, V. G., Koralsztejn, J. P., & Billat, V. L. (2001). Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 90(3), 947-953. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.3.947>
- Desgorces, F-D., Hourcade, J-C., Dubois, R., Toussaint, J-F., & Noirez, P. (2020). Training load quantification of high intensity exercises: Discrepancies between original and alternative methods. *PLoS ONE*, 15(8), Article e0237027. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237027>
- Di Prampero, P. E., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P., & Soule, R. G. (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology* 74(5), 2318-2324. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.5.2318>
- Donatti, A. (2001). El desarrollo de la amplitud y frecuencia de zancada en carreras de velocidad. *Nuevos Estudios en Atletismo*, (1)0.
- Donskoi, D. (1982). *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Pueblo y Educación.
- Drake, A., & James, R. (2011). Physiological variables related to 20 km race walk performance. In P. Martin (Ed.), *World Race Walking Research* (pp. 71-79). Univerzita Mateja Bela, FHV Banská Bystrica.

<file:///C:/Users/Oscar%20Montenegro/Downloads/Tlac%20World%20race%20walkin%20research.pdf>

Drake, A., Cox, V., Godfrey, R., & Brooks, S. (2003). Physiological variables related to 20 km race walk performance. *Journal of Sports Sciences*, 21(4), 269-270.

<https://doi.org/10.1080/0264041031000109964>

Driller, M. W., Fell, J. W., Gregory, J. R., Shing, C. M., & Williams, A. D. (2009). The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(1), 110-121.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.4.1.110>

Edwards, S. (1993). High performance training and racing. In S. Edwards (Ed.), *The heart rate monitor book* (pp. 113-123). Feet Fleet Press.

https://www.researchgate.net/publication/232156598_The_Heart_Rate_Monitor_Book

Emig, T., & Peltonen, J. (2020). Human running performance from real-world big data.

Nature Communications, 11(1), 1-9. <https://doi.org/doi:10.1038/s41467-020-18737-6>

Enoksen, E., Tjelta, A. R., & Tjelta, L. I. (2011). Distribution of training volume and intensity of elite male and female track and marathon runners. *International Journal of Sports*

Science & Coaching, 6(2), 273-293. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.6.2.273>

Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 21(3), 943-949. [https://doi.org/10.1519/00124278-](https://doi.org/10.1519/00124278-200708000-00048)

[200708000-00048](https://doi.org/10.1519/00124278-200708000-00048)

Esteve-Lanao, J., San Juan, A. F., Earnest, C. P., Foster, C., & Lucia, A. (2005). How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 37(3), 496-504.

<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000155393.78744.86>

- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469-490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Festa, L., Tarperi, C., Skroce, K., La Torre, A., & Schena, F. (2020). Effects of Different Training Intensity Distribution in Recreational Runners. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, Article 70. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00070>
- Filipas, L., Bonato, M., Gallo, G., & Codella, R. (2022). Effects of 16 weeks of pyramidal and polarized training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(3), 498-511. <https://doi.org/10.1111/sms.14101>
- Fiskerstrand, A., & Seiler, K. S. (2004). Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(5), 303-310. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.370.x>
- Fletcher, J. R., Esau, S. P., & Macintosh, B. R. (2009). Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*, 107(6), 1918-1922. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2009>
- Forteza, A. (2009). *Entrenamiento Deportivo. Preparación para el Rendimiento*. Kinesis. <https://editorial-kinesis.com/libreria-kinesis/entrenamiento/entrenamiento-deportivo-preparacion-para-el-rendimiento/?v=42983b05e2f2>
- Foss, Ø., & Hallén, J. (2005). Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. *International Journal of Sports Medicine*, 26(7), 569-575. <https://doi.org/10.1055/s-2004-821317>
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164-1168. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>

- Foster, C., Casado, A., Esteve-Lanao, J., Haugen, T., & Seiler, S. (2022a). Polarized training is optimal for endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(6), 1028-1031. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002871>
- Foster, C., Daines, E., Hector, L., Snyder, A. C., & Welsh, R. (1996). Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal*, 95(6), 370-374. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8693756/>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Foster, C., Hector, L. L., Welsh, R., Schrager, M., Green, M. A., & Snyder, A. C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(4), 367-372. <https://doi.org/10.1007/bf00865035>
- Foster, C., Hoyos, J., Earnest, C., & Lucia, A. (2005). Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(4), 670-675. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000158183.64465.bf>
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. (2017). Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2-8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0388>
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Gabbett, T. J., & Whiteley, R. (2017). Two training-load paradoxes: can we work harder and smarter, can physical preparation and medical be teammates? *International Journal of*

- Sports Physiology and Performance*, 12(S2), S2:50-S2:54.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0321>
- García, J. M., Navarro, M., & Ruiz, J. A. (1996). *Planificación del entrenamiento Deportivo*. Gymnos.
- García, J., Navarro, M., Ruiz, J., & Martín R. (1998). *La Velocidad*. Gymnos.
- García-Ramos, A., Feriche, B., Calderón, C., Iglesias, X., Barrero, A., Chaverri, D., Schuller, T., & Rodríguez, F. A. (2014). Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 85-93. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.922621>
- Garcin, M., Fleury, A., & Billat, V. (2002). The ratio HLa : RPE as a tool to appreciate overreaching in young high-level middle-distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 23(1), 16-21. <https://doi.org/10.1055/s-2002-19275>
- Gomez-Ezeiza, J., Torres-Unda, J., Tam, N., Irazusta, J., Granados, C., & Santos-Concejero, J. (2018). Race walking gait and its influence on race walking economy in world-class race walkers. *Journal of Sports Sciences*, 36(19), 2235-2241.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1449086>
- González, J. M., Pereira, P. M., Navarro, F. J. (2007). La planificación del entrenamiento deportivo: cambios vinculados a las nuevas formas de entender las estructuras deportivas contemporáneas. *CONEXÕES, Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas*, 5(1). 1-22. <https://doi.org/10.20396/conex.v5i1.8637976>
- González-Ravé, J. M., González-Mohino, F., Rodrigo-Carranza, V., & Pyne, D. B. (2022). Reverse Periodization for Improving Sports Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 8(1), Article 56. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00445-8>

- González-Ravé, J. M., Hermosilla, F., González-Mohíno, F., Casado, A., & Pyne, D. B. (2021). Training Intensity Distribution, Training Volume, and Periodization Models in Elite Swimmers: A Systematic Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(7), 913-926. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0906>
- Goodwin, M. L., Harris, J. E., Hernández, A., & Gladden, L. B. (2007). Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 1(4), 558-569. <https://doi.org/10.1177/193229680700100414>
- Guellich, A., & Seiler, S. (2010). Lactate profile changes in relation to training characteristics in junior elite cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 316-327. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.316>
- Haddad, M., Chaouachi, A., Castagna, C., Wong, d., Behm, D. G., & Chamari, K. (2011). The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male Taekwondo athletes. *International Journal of Sports Physiology and performance*, 6(2), 252-263. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.2.252>
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11, Article 612. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00612>
- Halsen S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine* 44,(Suppl 2), S139-S147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hanley, B., Bissas, A., & Drake, A. (2008). Initial findings of a biomechanical analysis at the 2008 IAAF World Race Walking Cup, *New Studies in Athletics*, 23(4), 27-34. <https://www.worldathletics.org/nsa/article/filter?&articleTitle=Initial%20findings%20of%20a%20biomechanical%20analysis%20at%20the%202008%20IAAF%20World%20Race%20Walking%20Cup>

- Hanley, B., Bissas, A., & Drake, A. (2011). Kinematic characteristics of elite men's and women's 20 km race walking and their variation during the race. *Sports Biomechanics*, 10(2), 110-124. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.569566>
- Hanley, B., Bissas, A., & Drake, A. (2013). Kinematic characteristics of elite men's 50 km race walking. *European Journal of Sport Science*, 13(3), 272-279. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.630104>
- Hartmann, U., & Mader, A. (1990). Heart rate and lactate during endurance training programs in rowing and its relation to the duration of exercise by top elite rowers. FISA Coaching Development Programme Course - Level III *FISA Coach 1*, 121-127.
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Enoksen, E., Seiler, S., & Tønnessen, E. (2021). Crossing the Golden Training Divide: The Science and Practice of Training World-Class 800- and 1500-m Runners. *Sports Medicine*, 51(9), 1835-1854. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01481-2>
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Seiler, S., & Tønnessen, E. (2022). The training characteristics of world-class distance runners: an integration of scientific literature and results-proven practice. *Sports Medicine - Open*, 8(1), Article 46. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00438-7>
- Hauser, T., Bartsch, D., Baumgärtel, L., & Schulz, H. (2013). Reliability of maximal lactate-steady-state. *International Journal of Sports Medicine*, 34(3), 196-199. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1321719>
- Hawley J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 29(3), 218-222. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2002.03623.x>
- Hebisz, P., & Hebisz, R. (2021a). The Effect of Polarized Training (SIT, HIIT, and ET) on Muscle Thickness and Anaerobic Power in Trained Cyclists. *International Journal of*

Environmental Research and Public Health, 18(12), Article 6547.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18126547>

Hebisz, P., Hebisz, R., & Drelak, M. (2021b). Comparison of Aerobic Capacity Changes as a Result of a Polarized or Block Training Program among Trained Mountain Bike Cyclists. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), Article 8865. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18168865>

Hebisz, R., Hebisz, P., Danek, N., Michalik, K., & Zatoń, M. (2022). Predicting Changes in Maximal Oxygen Uptake in Response to Polarized Training (Sprint Interval Training, High-Intensity Interval Training, and Endurance Training) in Mountain Bike Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(6), 1726-1730.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003619>

Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6(3), 117-130. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025824>

Hermosilla, F., González-Rave, J. M., Del Castillo, J. A., & Pyne, D. B. (2021). Periodization and programming for Individual 400 m medley swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), Article 6474.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18126474>

Hill, A.V., Long, C. N., & Lupton, H. (1924). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilisation of oxygen. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 97(682), 155-176.

<https://doi.org/10.1098/rspb.1924.0045>

Hoga, K., Ae, M., Enomoto, Y., & Fujii, N. (2003). Mechanical energy flow in the recovery leg of elite race walkers. *Sports Biomechanics*, 2(1), 1-13.

<https://doi.org/10.1080/14763140308522804>

- Hoga, K., Ae, M., Enomoto, Y., Yokozawa, T., & Fujii, N. (2006). Joint torque and mechanical energy flow in the support legs of skilled race walkers. *Sports Biomechanics*, 5(2), 167-182. <https://doi.org/10.1080/14763140608522872>
- Hopkins, W. G. (1999). Polarized training and hypoxic muscles: highlights of the ACSM annual meeting. *Sportscience*, 3(5), <https://sportsci.org/jour/9902/wghacsm.html>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hornsby, W. G., Fry, A. C., Haff, G. G., & Stone, M. H. (2020). Addressing the Confusion within Periodization Research. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(3), Article 68. <https://doi.org/10.3390/jfmk5030068>
- Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr, & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(9), 1292-1301. <https://doi.org/10.1249/00005768-199509000-00009>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Blanch, P., Chapman, P., Bailey, D., & Orchard, J. W. (2014). Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *British Journal of Sports Medicine*, 48(8), 708-712. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092524>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Caputi, P., Lawson, D. W., & Sampson, J. A. (2016). Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 50(16), 1008-1012. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095364>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Lawson, D. W., Caputi, P., & Sampson, J. A. (2015). The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease

- injury risk in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 50(4), 231-236. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094817>
- Hydren, J. R., & Cohen, B. S. (2015). Current Scientific Evidence for a Polarized Cardiovascular Endurance Training Model. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3523-3530. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001197>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128199.23901.2f>
- Ingham, S. A., Fudge, B. W., & Pringle, J. S. (2012). Training distribution, physiological profile, and performance for a male international 1500-m runner. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 193-195. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.193>
- Jamnick, N. A., Botella, J., Pyne, D. B., & Bishop, D. J. (2018). Manipulating graded exercise test variables affects the validity of the lactate threshold and $\dot{V}O_{2peak}$. *PLoS ONE*, 13(7), Article e0199794. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199794>
- Jaramillo, C. A. (2004). *Atletismo básico* (2^a ed.). Kinesis. <https://kinesis-editorial.com/producto/atletismo-basico-fundamentos-de-pista-y-campo/>
- Johansson, F., Cools, A., Gabbett, T., Fernandez-Fernandez, J., & Skillgate, E. (2022). Association between spikes in external training load and shoulder injuries in competitive adolescent tennis players: The SMASH cohort study. *Sports Health*, 14(1), 103-110. <https://doi.org/10.1177/19417381211051643>

- Jones, A. M. (2006). The Physiology of the World Record Holder for the Women's Marathon. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 1(2), 101-116.
<https://doi.org/10.1260/174795406777641258>
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>
- Joyner M. J. (1991). Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *Journal of Applied Physiology*, 70(2), 683-687.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.2.683>
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Medicine*, 5(5), 303-312.
<https://doi.org/10.2165/00007256-198805050-00002>
- Karvonen, M., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, 35(3), 307-315.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13470504/>
- Kenneally, M., Casado, A., & Santos-Concejero, J. (2018). The effect of periodization and training intensity distribution on middle- and long-distance running performance: a systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1114-1121. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0327>
- Kenneally, M., Casado, A., Gomez-Ezeiza, J., & Santos-Concejero, J. (2021). Training intensity distribution analysis by race pace vs. physiological approach in world-class middle- and long-distance runners. *European Journal of Sport Science*, 21(6), 819-826. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1773934>
- Kenneally, M., Casado, A., Gomez-Ezeiza, J., & Santos-Concejero, J. (2022). Training characteristics of a world championship 5000-m finalist and multiple continental

record holder over the year leading to a world championship final. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(1), 142-146.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0114>

Kiely J. (2012). Periodization paradigms in the 21st century: evidence-led or tradition-driven? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 242-250.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.7.3.242>

Kim, T. H., Han, J. K., Lee, J. Y., & Choi, Y. C. (2021). The effect of polarized training on the athletic performance of male and female cross-country skiers during the general preparation period. *Healthcare*, 9(7), Article 851.

<https://doi.org/10.3390/healthcare9070851>

Kindermann, W., Simon, G., & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(1), 25-34.

<https://doi.org/10.1007/BF00421101>

Kinugasa, T., Cerin, E., & Hooper, S. (2004). Single-subject research designs and data analyses for assessing elite athletes' conditioning. *Sports Medicine*, 34(15), 1035-1050.

<https://doi.org/10.2165/00007256-200434150-00003>

Krüger, A. (2016). From Russia with Love? Sixty years of proliferation of L.P. Matveyev's concept of Periodisation? *Staps*, 114, 51-59. <https://doi.org/10.3917/sta.114.0051>

Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., & Goodpaster, B. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 552-560. <https://doi.org/10.1097/00005768-200203000-00025>

- Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring Training Load in Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 406-411.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.406>
- Laursen P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 Suppl 2, 1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x>
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200232010-00003>
- Lolli, L., Batterham, A. M., Hawkins, R., Kelly, D. M., Strudwick, A. J., Thorpe, R., Gregson, W., & Atkinson, G. (2019). Mathematical coupling causes spurious correlation within the conventional acute-to-chronic workload ratio calculations. *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 921-922. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098110>
- Londeree, B. R. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(6), 837-843.
<https://doi.org/10.1097/00005768-199706000-00016>
- Lovell, T. W., Sirotic, A. C., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2013). Factors affecting perception of effort (session rating of perceived exertion) during rugby league training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 62-69.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.8.1.62>
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, 31(5), 325-337. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>

- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M., & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1777-1782. <https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00018>
- Lucía, A., Pardo, J., Duránte, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 19(5), 342-348. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971928>
- Lundberg, M. A., Hughson, R. L., Weisiger, K. H., Jones, R. H., & Swanson, G. D. (1986). Computerized estimation of lactate threshold. *Computers and Biomedical Research, and International Journal*, 19(5), 481-486. [https://doi.org/10.1016/0010-4809\(86\)90042-x](https://doi.org/10.1016/0010-4809(86)90042-x)
- Machado, F. A., Nakamura, F. Y., & Moraes, S. M. (2012). Influence of regression model and incremental test protocol on the relationship between lactate threshold using the maximal-deviation method and performance in female runners. *Journal of Sports Sciences*, 30(12), 1267-1274. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.702424>
- Malone, S., Doran, D., Akubat, I., & Collins, K. (2016). The Integration of Internal and External Training Load Metrics in Hurling. *Journal of Human Kinetics*, 53, 211-221. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0024>
- Manzi, V., Bovenzi, A., Castagna, C., Sinibaldi Salimei, P., Volterrani, M., & Iellamo, F. (2015). Training-Load Distribution in Endurance Runners: Objective Versus Subjective Assessment. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 1023-1028. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0557>
- Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1399-1406. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d7552a>

- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F. M., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between Individualized Training Impulses and Performance in Distance Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 2090-2096.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181a6a959>
- Marlow, P. (1990). A brief history of race walking. *New Studies in Athletics*, 5(3), 21-24.
<https://www.worldathletics.org/nsa/article/filter?&articleTitle=A%20brief%20history%20of%20race%20walking>
- Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Paidotribo. http://www.paidotribo.com/entrenamiento-deportivo/544-manual-de-metodologia-del-entrenamiento-deportivo.html?search_query=Manual+de+metodologia&results=241
- Matveev, L. P. (1983). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Raduga.
- Matzka, M., Leppich, R., Holmberg, H-C., Sperlich, B., & Zinner, C. (2022a). The relationship between the distribution of training intensity and performance of kayak and canoe sprinters: A retrospective observational analysis of one season of competition. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, Article 788108.
<https://doi.org/10.3389/fspor.2021.788108>
- Matzka, M., Leppich, R., Sperlich, B., & Zinner, C. (2022b). Retrospective analysis of training intensity distribution based on race pace versus physiological benchmarks in highly trained sprint kayakers. *Sports Medicine-Open*, 8(1), Article 1.
<https://doi.org/10.1186/s40798-021-00382-y>
- Maupin, D., Schram, B., Canetti, E., & Orr, R. (2020). The Relationship Between Acute: Chronic Workload Ratios and Injury Risk in Sports: A Systematic Review. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 11, 51-75.
<https://doi.org/10.2147/OAJSM.S231405>

- McLellan, T. M., & Gass, G. C. (1989). The relationship between the ventilation and lactate thresholds following normal, low and high carbohydrate diets. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(6), 568-576.
<https://doi.org/10.1007/BF00418501>
- McLellan, T. M., & Skinner, J. S. (1981). The use of the aerobic threshold as a basis for training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences. Journal Canadien des Sciences Appliquees au Sport*, 6(4), 197-201.
https://www.researchgate.net/publication/15881239_The_use_of_the_aerobic_threshold_as_a_basis_for_training
- McNaughton, L. R., Roberts, S., & Bentley, D. J. (2006). The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: effects of incremental exercise test design. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 157-161. <https://doi.org/10.1519/R-15914.1>
- Meyer, T., Faude, O., Gabriel, H., & Kindermann, W., (2000). Ventilatory threshold and individual anaerobic threshold are reliable prescriptors for intensity of cycling training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(5), S171.
https://www.researchgate.net/publication/263843719_Ventilatory_threshold_and_individual_anaerobic_threshold_are_reliable_prescriptors_for_intensity_of_cycling_training
- Meyer, T., Scharhag, J., & Kindermann, W. (2005). Peak oxygen uptake. Myth and truth about an internationally accepted reference value. *Zeitschrift für Kardiologie*, 94(4), 255-264. <https://doi.org/10.1007/s00392-005-0207-4>
- Miloski, B., de Freitas, V. H., & Bara-Filho. (2012). Monitoring of the internal training load in futsal players over a season. *Revista Brasileira de Cineantropometria e*

- Desempenho Humano*, 14(6), 671-679. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2012v14n6p671>
- Ministerio de Salud de Colombia. (1993). *Resolución número 8430 (octubre 4) Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. Recuperado Febrero 22, 2020, de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Montenegro, O. A., Montenegro, J., Blasco-Lafarga, C., & Cordellat, A. (2023). General commentary: The Polarization-Index: A Simple Calculation to Distinguish Polarized From Non-polarized Training Intensity Distributions. *Frontiers in Physiology*, 14, Article 1179769. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1179769>
- Morgan, D. W., Martin, P. E., & Krahenbuhl, G. S. (1989). Factors affecting running economy. *Sports Medicine*, 7(5), 310-330. <https://doi.org/10.2165/00007256-198907050-00003>
- Morton, R. H. (1989). Detection of a lactate threshold during incremental exercise? *Journal of Applied Physiology* 67(2), 885-888. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.2.885>
- Morton, R. H., Fitz-Clarke, J. R., & Banister, E. W. (1990). Modeling human performance in running. *Journal of Applied Physiology*, 69(3), 1171-1177. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.69.3.1171>
- Moya-Ramón, M., Javaloyes, A., & Sarabia, J. M. (2018). Hayes & Quinn's TRIMP Concurrent Validity for Cycling. *Journal for Science and Cycling*, 7(1), 17-23. <https://doi.org/10.28985/180130.jsc.04>
- Mujika, I. (2009). *Tapering and Peaking for Optimal Performance*. Human Kinetics. <https://us.humankinetics.com/products/tapering-and-peak-ing-for-optimal-performance-pdf>

Mujika, I., & Padilla, S. (2003). Scientific bases for precompetition tapering strategies.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 35(7), 1182-1187.

<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000074448.73931.11>

Müller, H., & Ritzdorf, W. (2009). *¡Correr! ¡Saltar! ¡Lanzar! Guía oficial IAAF para la enseñanza del atletismo. Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo.* Ediciones Lux.

Mulligan, M., Adam, G., & Emig, T. (2018). A minimal power model for human running performance. *PLoS ONE*, 13(11), Article e0206645.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206645>

Muñoz, I., & Varela-Sanz, A. (2018). Training intensity distribution and performance of a recreational male endurance runner. A case report. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(4), 2257-2263. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.04340>

Muñoz, I., Cejuela, R., Seiler, S., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014a). Training-intensity distribution during an ironman season: relationship with competition performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 332-339.

<https://doi.org/10.1123/ijspp.2012-0352>

Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014b). Does Polarized Training Improve Performance in Recreational Runners? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 265-272.

<https://doi.org/10.1123/ijspp.2012-0350>

Myakinchenko, E. B., Kriuchkov, A. S., Adodin, N. V., Dikunets, M. A., & Shestakov, M. P. (2021). One-year periodization of training loads of Russian and Norwegian elite cross-country skiers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(3), 701-710.

<https://doi.org/10.14198/jhse.2021.163.18>

- Myers, N. L., Mexicano, G., & Aguilar, K. V. (2020). The Association Between Noncontact Injuries and the Acute-Chronic Workload Ratio in Elite-Level Athletes: A Critically Appraised Topic. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(1), 127-130.
<https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0207>
- Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., DeVito, G., & Galloway, S. D. R. (2013). Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 114(4), 461-471.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00652.2012>
- Ní Chéilleachair, N. J., Harrison, A. J., & Warrington, G. D. (2016). HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1052-1058.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1209539>
- Noakes, T. D., Myburgh, K. H., & Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the $\dot{V}O_{2\max}$ test predicts running performance. *Journal of Sports Sciences*, 8(1), 35-45.
<https://doi.org/10.1080/02640419008732129>
- Nobari, H., Aquino, R., Clemente, F. M., Khalafi, M., Adsuar, J. C., & Pérez-Gómez, J. (2020a). Description of acute and chronic load, training monotony and strain over a season and its relationships with well-being status: A study in elite under-16 soccer players. *Physiology & Behavior*, 225, Article 113117.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113117>
- Nobari, H., Oliveira, R., Clemente, F. M., Adsuar, J. C., Pérez-Gómez, J., Carlos-Vivas, J., & Brito, J. P. (2020b). Comparisons of Accelerometer Variables Training Monotony and Strain of Starters and Non-Starters: A Full-Season Study in Professional Soccer

- Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), Article 6547. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186547>
- Nobari, H., Arslan, E., Martins, A. D., & Oliveira, R. (2022a). Are acute:chronic workload ratios of perceived exertion and running based variables sensible to detect variations between player positions over the season? A soccer team study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation.*, 14(1), Article 51. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00445-x>
- Nobari, H., Khalili, S. M., Zamorano, A. D., Bowman, T. G., & Granacher, U. (2022b). Workload is associated with the occurrence of non-contact injuries in professional male soccer players: A pilot study. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 925722. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.925722>
- Nybo, L., Schmidt, J. F., Fritzdorf, S., & Nordsborg, N. B. (2014). Physiological characteristics of an aging Olympic athlete. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(11), 2132-2138. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000331>
- Orie, J., Hofman, N., de Koning, J. J., & Foster, C. (2014). Thirty-eight years of training distribution in Olympic speed skaters. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 93-99. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0427>
- Orie, J., Hofman, N., Meerhoff, L. A., & Knobbe, A. (2021). training distribution in 1500-m speed skating: a case study of an olympic gold medalist. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(1), 149-153. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0544>
- Padilla, S., Mujika, I., Orbañanos, J., & Angulo, F. (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(4), 850-856. <https://doi.org/10.1097/00005768-200004000-00019>

- Padulo, J., Annino, G., D'Ottavio, S., Vernillo, G., Smith, L., Migliaccio, G. M., & Tihanyi, J. (2013). Footstep Analysis at Different Slopes and Speeds in Elite Race Walking. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 125-129.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182541eb3>
- Papadopoulos, C., Doyle, J. A., & LaBudde, B. D. (2006). Relationship between running velocity of 2 distances and various lactate parameters. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(3), 270-283. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.3.270>
- Parmar, A., Jones, T. W., & Hayes, P. R. (2021). The dose-response relationship between interval-training and VO_{2max} in well-trained endurance runners: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 39(12), 1410-1427.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1876313>
- Pavei, G., Cazzola, D., La Torre, A., & Minetti, A. E. (2014). The biomechanics of race walking: Literature overview and new insights. *European Journal of Sport Science*, 14(7), 661-670. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.878755>
- Pavei, G., Cazzola, D., Torre, A. L., & Minetti, A. E. (2019). Race Walking ground reaction forces at increasing speeds: A comparison with walking and running. *Symmetry*, 11(7), Article 873. <https://doi.org/10.3390/sym11070873>
- Pérez, A., Ramos-Campo, D. J., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. E. (2019). Effect of two different intensity distribution training programmes on aerobic and body composition variables in ultra-endurance runners. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 636-644.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1539124>
- Pérez, A., Ramos-Campo, D. J., Marín-Pagan, C., Martínez-Noguera, F. J., Chung, L. H., & Alcaraz, P. E. (2020). Impact of polarized versus threshold training on fat metabolism

- and neuromuscular variables in ultrarunners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 375-382. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0113>
- Pla, R., Meur, Y. L., Aubry, A., Toussaint, J.-F., & Hellard, P. (2018). Effects of a 6-Week Period of Polarized or Threshold Training on Performance and Fatigue in Elite Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-22. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0179>
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2\max}$: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ is no longer acceptable. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 997-1002. <https://doi.org/10.1152/jap.01063.2016>
- Prestes, J., De Lima, C., Frollini, A. B., Donatto, F. F., & Conte, M. (2009). Comparison of linear and reverse linear periodization effects on maximal strength and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 266-274. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874bf3>
- Putlur, P., Foster, C., Miskowski, J. A., Kane, M. K., Burton, S. E., Scheett, T. P., & McGuigan, M. R. (2004). Alteration of immune function in women collegiate soccer players and college students. *Journal of Sports Science & Medicine*, 3(4), 234-243. <https://www.jssm.org/volume03/iss4/cap/jssm-03-234.pdf>
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rhea, M. R., Phillips, W. T., Burkett, L. N., Stone, W. J., Ball, S. D., Alvar, B. A., & Thomas, A. B. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 82-87. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0082:acolad>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0082:acolad>2.0.co;2)
- Rius, J. (2005). *Metodología y Técnicas del atletismo*. Paidotribo.

- Rivera-Kofler, T., Zavala-Crichton, J., Olivares-Arancibia, J., & Yáñez-Sepúlveda, R. (2020). Efecto de dos programas de entrenamiento con diferente distribución de intensidad (polarizada vs. umbral) en el rendimiento aeróbico en ciclistas entrenados *Retos*, (39), 685-690. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.80432>
- Rodríguez-Marroyo, J. A., García-López, J., Juneau, C. E., & Villa, J. G. (2009). Workload demands in professional multi-stage cycling races of varying duration. *British Journal of Sports Medicine*, 43(3), 180-185. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.043125>
- Rodríguez-Marroyo, J. A., Medina, J., García-López, J., García-Tormo, J. V., & Foster, C. (2014). Correspondence Between Training Load Executed by Volleyball Players and the One Observed by Coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1588-1594. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000324>
- Röhrken, G., Held, S., & Donath, L. (2020). Six weeks of polarized versus moderate intensity distribution: a pilot intervention study. *Frontiers in Physiology*, 11, Article 534688. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.534688>
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *The American Journal of Physiology*, 265(3 Pt 1), E380-E391. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1993.265.3.E380>
- Roos, L., Taube, W., Brandt, M., Heyer, L., & Wyss, T. (2013). Monitoring of daily training load and training load responses in endurance sports: What do coaches want? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 61(4), 30-36. https://www.researchgate.net/publication/288102352_Monitoring_of_daily_training_load_and_training_load_responses_in_endurance_sports_What_do_coaches_want

- Sandbakk, Ø., Haugen, T., & Ettema, G. (2021). The Influence of Exercise Modality on Training Load Management. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(4), 605-608. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0022>
- Sansone, P., Tschan, H., Foster, C., & Tessitore, A. (2018). Monitoring Training Load and Perceived Recovery in Female Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2929-2936. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002971>
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Mayer, F., & Scharhag, J. (2011). How to test maximal oxygen uptake: a study on timing and testing procedure of a supramaximal verification test. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 36(1), 153-160. <https://doi.org/10.1139/H10-099>
- Schneeweiss, P., Schellhorn, P., Haigis, D., Niess, A. M., Martus, P., & Krauss, I. (2022). Effect of two different training interventions on cycling performance in mountain bike cross-country olympic athletes. *Sports*, 10(4), Article 53. <https://doi.org/10.3390/sports10040053>
- Sedeaud, A., De Laroche Lambert, Q., Moussa, I., Brasse, D., Berrou, J. M., Duncombe, S., Antero, J., Orhant, E., Carling, C., & Toussaint, J. F. (2020). Does an Optimal Relationship Between Injury Risk and Workload Represented by the "Sweet Spot" Really Exist? An Example From Elite French Soccer Players and Pentathletes. *Frontiers in Physiology*, 11, Article 1034. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.01034>
- Sedeaud, A., De Laroche Lambert, Q., Moussa, I., Brasse, D., Berrou, J.-M., Duncombe, S., Antero, J., Orhant, E., Carling, C., & Toussaint, J. F. (2020). Does an Optimal Relationship Between Injury Risk and Workload Represented by the “Sweet Spot”

- Really Exist? An Example From Elite French Soccer Players and Pentathletes. *Frontiers in Physiology*, 11, Article 1034. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.01034>
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(1), 49-56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>
- Seiler, S. (2010). What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 276-291. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.276>
- Seiler, S. (2021, June 16). *Long, low intensity endurance sessions: When is low too low? When is long too long?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=3GXc474Hu5U&t=74s>
- Seiler, S. (2023, June 4). *Escuela Vasca del Deporte. VI Rendimiento Deportivo 2019.* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=k5nHybbqQ2I&t=1211s>
- Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance. *Sportscience* 13, 32-53. <https://sportsci.org/2009/ss.htm>
- Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1366-1373. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060f17d>
- Sélles-Pérez, S., Cejuela, R., Fernández-Sáez, J., & Ferriz-Valero, A. (2019a). Efecto de la distribución de intensidad del entrenamiento sobre la composición corporal en triatletas amateur. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 12(2), 103-107. <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2018.06.005>

- Selles-Perez, S., Fernández-Sáez, J., & Cejuela, R. (2019b). Polarized and pyramidal training intensity distribution: relationship with a Half-Ironman distance Triathlon competition. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(4), 708-715.
<https://www.jssm.org/volume18/iss4/cap/jssm-18-708.pdf>
- Shephard, R. J., & Shek, P. N. (1994). Potential impact of physical activity and sport on the immune system--a brief review. *British Journal of Sports Medicine*, 28(4), 247-255.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.28.4.247>
- Skinner, J. S., & McLellan, T. M. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1), 234-248.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1980.10609285>
- Slawinski, J., Demarle, A., Koralsztein, J. P., & Billat, V. (2001). Effect of supra-lactate threshold training on the relationship between mechanical stride descriptors and aerobic energy cost in trained runners. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 109(2), 110-116. <https://doi.org/10.1076/apab.109.2.110.4270>
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., Hutchinson, M. R., Janse van Rensburg, C., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>
- Sperlich, B., Treff, G., & Boone, J. (2022). Training intensity distribution in endurance sports: time to consider sport specificity and waking hour activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(7), 1227-1228.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002935>

- Stagno, K. M., Thatcher, R., & Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Science*, 25(6), 629-634. <https://doi.org/10.1080/02640410600811817>
- Stegmann, H., Kindermann, W., & Schnabel, A. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 2(3), 160-165. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1034604>
- Steinacker, J. M., Lormes, W., Lehmann, M., & Altenburg, D. (1998). Training of rowers before world championships. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1158-1163. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00022>
- Stöggl, T. L. (2018) What is the Best Way to Train to Become a Star Endurance Athlete? *Frontiers Young Minds*, 6, Article 17. <https://doi.org/10.3389/frym.2018.00017>
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5, Article 33. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in Physiology*, 6, Article 295. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00295>
- 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.000000000000040>
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 299-323. <https://doi.org/10.1139/h03-023>

- Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R., & Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 796-802. <https://doi.org/10.1519/00124278-200411000-00020>
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2014a). Do elite endurance athletes report their training accurately?. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 85–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0203>
- Sylta, O., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2014b). From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 100-107. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0298>
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., Hammarström, D., Danielsen, J., Skovereng, K., Ravn, T., Rønnestad, B. R., Sandbakk, Ø., & Seiler, S. (2016). The Effect of Different High-Intensity Periodization Models on Endurance Adaptations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2165-2174. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001007>
- Taha, T., & Thomas, S. G. (2003). Systems Modelling of the Relationship Between Training and Performance. *Sports Medicine*, 33(14), 1061-1073. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333140-00003>
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)01054-8)
- Taylor, H. L., Buskirk, E., & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, 8(1), 73-80. <https://doi.org/10.1152/jappl.1955.8.1.73>

- Thorpe, H., & Olive, R. (2019). Conducting observations in sport and exercise settings. In S. Brett & C. S. Andrew (Eds.), *Routledge Handbook of Qualitative Research in Sport and Exercise* (pp. 124-138). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315762012>
- Tibana, R. A., Sousa, N. M. F. de, Prestes, J., Feito, Y., Ferreira, C. E., & Voltarelli, F. A. (2019). Monitoring Training Load, Well-Being, Heart Rate Variability, and Competitive Performance of a Functional-Fitness Female Athlete: A Case Study. *Sports*, 7(2), Article 35. <https://doi.org/10.3390/sports7020035>
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS ONE*, 9(7), Article e101796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101796>
- Tran, J., Rice, A. J., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2015). Convergent validity of a novel method for quantifying rowing training loads. *Journal of Sports Sciences*, 33(3), 268-276. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.942686>
- Treff, G., Winkert, K., Sareban, M., Steinacker, J. M., & Sperlich, B. (2019). The Polarization-Index: A Simple Calculation to Distinguish Polarized From Non-polarized Training Intensity Distributions. *Frontiers in Physiology*, 10, Article 707. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00707>
- Treff, G., Winkert, K., Sareban, M., Steinacker, J. M., Becker, M., & Sperlich, B. (2017). Eleven-Week Preparation Involving Polarized Intensity Distribution Is Not Superior to Pyramidal Distribution in National Elite Rowers. *Frontiers in Physiology*, 8, Article 515. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00515>
- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B., & Kindermann, W. (1993). Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*, 14(3), 134-139. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021157>

Van, H., & Van, R. (2017). *The Secret of Running*. Meyer & Meyer Sport.

<https://www.meyer-meyer-sport.co.uk/>

Vasconcelos, A. (2000). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo*.

Paidotribo.

Vermeire, K. M., Vandewiele, G., Caen, K., Lievens, M., Bourgois, J. G., & Boone, J. (2019).

Training progression in recreational cyclists: No linear dose-response relationship with training load. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3500-3505.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003340>

Vernillo, G., Agnello, L., Drake, A., Padulo, J., Piacentini, M., & La Torre, A. (2012). An

Observational Study on the Perceptive and Physiological Variables During a 10,000-m Race Walking Competition, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(19),

2741-2747. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242a33c>

Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2009). The Ecological Validity and

Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads in Swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33-38.

<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181874512>

Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for

quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11-20.

<https://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>

Wallace, L. K., Slattery, K. M., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2014). Establishing the

criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2330-2337.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000416>

- Wasserman, K. (1987). Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation*, 76(6 Pt 2), VI29-VI39.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3315297/>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V.,... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *The Journal of Open Source Software*, 4(43), Article 1686.
<https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Windt, J., & Gabbett, T. J. (2019). Is it all for naught? What does mathematical coupling mean for acute:chronic workload ratios? *British Journal of Sports Medicine*, 53(16), 988-990. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098925>
- World Athletics. (2021). *Competition Rules 2022-2023*. World Athletics. Multiplint.
 Recuperado de <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/book-of-rules>
- World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 310(20), 2191-2194.
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yoshida T. (1984). Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 53(3), 200-205.
<https://doi.org/10.1007/BF00776590>
- Yoshida, T., Udo, M., Iwai, K., Chida, M., Ichioka, M., Nakadomo, F., & Yamaguchi, T. (1990). Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(4), 249-253.
<https://doi.org/10.1007/BF00379391>

Yoshida, T., Udo, M., Iwai, K., Muraoka, I., Tamaki, K., Yamaguchi, T., & Chida, M. (1989).

Physiological determinants of race-walking performance in female race walkers.

British Journal of Sports Medicine, 23(4), 250-254.

<https://doi.org/10.1136/bjsm.23.4.250>

Yu, H., Chen, X., Zhu, W., & Cao, C. (2012). A quasi-experimental study of Chinese top-

level speed skaters' training load: threshold versus polarized model. *International*

Journal of Sports Physiology and Performance, 7(2), 103-112.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.103>

Zacca, R., Azevedo, R., Peterson, R., Vilas-Boas, J. P., Pyne, D. B., Castro, F. A., &

Fernandes, R. J. (2019). Comparison of Incremental Intermittent and Time Trial

Testing in Age-Group Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*,

33(3), 801-810. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002087>

Zamunér, A., Moreno, M., Camargo, T. Graetz, J., Rebelo, A., Tamburús, N., & Da Silva, E.

(2011). Assessment of subjective perceived exertion at the anaerobic threshold with

the Borg CR-10 scale. *Journal of Sport Science and Medicine*, 10, 130-136.

<https://www.jssm.org/hf.php?id=jssm-10-130.xml>

Zapata-Lamana, R., Henríquez-Olguín, C., Burgos, C., Meneses-Valdés, R., Cigarroa, I.,

Soto, C., Fernández-Elías, V. E., García-Merino, S., Ramirez-Campillo, R., García-

Hermoso, A., & Cerda-Kohler, H. (2018). Effects of Polarized Training on

Cardiometabolic Risk Factors in Young Overweight and Obese Women: A

Randomized-Controlled Trial. *Frontiers in Physiology*, 9, Article 1287.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01287>

Zinner, C., Schäfer Olstad, D., & Sperlich, B. (2018). Mesocycles with different training

intensity distribution in recreational runners. *Medicine and Science in Sports and*

Exercise, 50(8), 1641-1648. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001599>

Zouhal, H., Boulosa, D., Ramirez-Campillo, R., Ali, A., & Granacher, U. (2021). Editorial: Acute: Chronic Workload Ratio: Is there scientific evidence? *Frontiers in Physiology*, 12, Article 669687. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.669687>

CAPÍTULO 7

Apéndices

Apéndices

Apéndice A

Artículo publicado en el Journal *Frontiers in Physiology*

Montenegro, O. A., Montenegro, J., Blasco-Lafarga, C., & Cordellat, A. (2023).

Commentary: The Polarization-Index: a simple calculation to distinguish polarized from non-polarized training intensity distributions. *Frontiers in Physiology*, 14, Article 1179769. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1179769>



OPEN ACCESS

EDITED BY
Alessandra Di Cagno,
Università degli Studi di Roma Foro
Italico, Italy

REVIEWED BY
Tanuj Wadhi,
University of Technology, New Zealand

*CORRESPONDENCE
Oscar Alfredo Montenegro Arjona,
✉ alfredo.montenegro@usco.edu.co

RECEIVED 27 April 2023
ACCEPTED 29 September 2023
PUBLISHED 26 October 2023

CITATION
Montenegro Arjona OA, Montenegro
Arjona J, Blasco Lafarga C and
Cordellat A (2023), Commentary: The
polarization-index: a simple calculation
to distinguish polarized from
non-polarized training intensity
distributions.
Front. Physiol. 14:1179769.
doi: 10.3389/fphys.2023.1179769

COPYRIGHT
© 2023 Montenegro Arjona, Montenegro
Arjona, Blasco Lafarga and Cordellat.
This is an open-access article distributed
under the terms of the [Creative
Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
The use, distribution or reproduction in
other forums is permitted, provided the
original author(s) and the copyright
owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is
cited, in accordance with accepted
academic practice. No use, distribution
or reproduction is permitted which does
not comply with these terms.

Commentary: The polarization-index: a simple calculation to distinguish polarized from non-polarized training intensity distributions

Oscar Alfredo Montenegro Arjona^{1*}, Jairo Montenegro Arjona²,
Cristina Blasco Lafarga³ and Ana Cordellat³

¹Physical Education and Sports Studies Programme, ALTIUS Research Group, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia, ²Mathematics Department, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, ³Sport Performance and Physical Fitness Research Group (UIRFIDE), Physical Education and Sport Department, University of Valencia, Valencia, Spain

KEYWORDS

high-intensity training, high-performance sports, lactate threshold training, endurance training, training load, training intensity distribution

A Commentary on

The polarization-index: a simple calculation to distinguish polarized from non-polarized training intensity distributions

by Treff G, Winkert K, Sareban M, Steinacker JM and Sperlich B (2019). *Front. Physiol.* 10:707. doi: 10.3389/fphys.2019.00707

Introduction

In a recent paper, [Treff et al. \(2019\)](#) discussed and presented the polarization index (PI), which allows us to distinguish if a training intensity distribution (TID) of endurance athletes is polarized; this is achieved when $PI > 2$.

Succinctly, TID quantification is classified based on exercise distribution over time or distance into three zones comprising the “intensity zone-model”: Zone 1 (low intensity), Zone 2 (threshold intensity), and Zone 3 (high intensity). The total exercise prescription (100%) is distributed into these three zones (i.e., Zone 1 + Zone 2 + Zone 3 = 100%).

A polarized TID is defined based on two conditions: (i) a polarized structure, that is, Zone 1 > Zone 3 and Zone 3 > Zone 2 (in brief, Zone 2 < Zone 3 < Zone 1), and (ii) a relatively small proportion of Zone 2 (compared to zones 1 and 3).

Apéndice B

Jornadas Regionales de Entrenamiento Polarizado



Tocancipá, 5 de Julio de 2023.

Oscar Alfredo Montenegro Arjona

Profesor Universidad Surcolombiana

Neiva

Estimado Oscar Alfredo.

Es un placer dirigirme a usted en nombre del Instituto Municipal de Recreación y Deporte de Tocancipá, I.M.R.D.T. para expresar nuestro más sincero agradecimiento por su valiosa colaboración como conferencista en nuestro reciente evento de Entrenamiento Polarizado llevado a cabo el día Martes 27 de junio del presente año de forma telemática.

Deseamos hacer constar mediante esta carta la excelente calidad y los notables aportes que usted realizó durante su participación en el evento, dirigido a los instructores de las escuelas de formación deportiva del instituto. Su amplio conocimiento en el área del Entrenamiento Polarizado, así como su capacidad para transmitir de manera clara y efectiva los conceptos y metodologías asociados, dejaron una profunda impresión en todos los asistentes.

Nos complace destacar que su participación en el evento contribuyó significativamente al enriquecimiento de los conocimientos y habilidades de nuestros instructores. Las técnicas y estrategias presentadas por usted serán de gran utilidad para mejorar la calidad de los programas de formación deportiva que ofrecemos a nuestra comunidad. Además, queremos resaltar su profesionalismo, puntualidad y compromiso demostrado a lo largo de toda la conferencia. Su capacidad para involucrar a los participantes, responder preguntas y brindar ejemplos prácticos enriqueció aún más la experiencia de aprendizaje.

Nos sentimos honrados de haber contado con su participación y deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento por su valiosa contribución. Su experiencia y dedicación han dejado una huella positiva en nuestra institución y en todos los asistentes al evento. Por lo anterior, esperamos contar con la posibilidad de colaborar nuevamente con usted en futuras ocasiones, ya que su experiencia y conocimientos son invaluable para nuestra comunidad deportiva. Le extendemos nuestros mejores deseos en todas sus actividades futuras y reiteramos nuestro profundo agradecimiento por su inestimable colaboración.

Atentamente:

Diego Andrés Camelo Monroy

Director I.M.R.D.T.

directorimrdt@tocancipa.gov.co

Apéndice C

Registro de la frecuencia cardíaca basal

La Tabla C1 contiene los valores de la frecuencia cardíaca basal registrados en diferentes momentos de la temporada.

Tabla C1

Registro de la frecuencia cardíaca basal

Orden	Fecha	Microciclo	Valor ^a	Vigencia
Temporada de entrenamiento 2018-2019 (PYR)				
1	Agosto 5, 2018	-	58	Agosto 6, 2018 a Agosto 26, 2018
2	Agosto 26, 2018	3	55	Agosto 27, 2018 a Septiembre 16, 2018
3	Septiembre 16, 2018	6	54	Septiembre 17, 2018 a Octubre 7, 2018
4	Octubre 7, 2018	9	52	Octubre 8, 2018 a Diciembre 9, 2018
5	Diciembre 9, 2018	18	51	Diciembre 10, 2018 a Febrero 10, 2019
6	Febrero 10, 2019	27	52	Febrero 11, 2019 a Marzo 31, 2019
7	Marzo 31, 2019	34	51	Abril 1, 2019 a Junio 16, 2019
8	Junio 16, 2019	45	52	Junio 17, 2019 a Agosto 4, 2019
Temporada de entrenamiento 2020-2022 (PET)				
1	Julio 5, 2020	-	59	Julio 6, 2020 a Agosto 2, 2020
2	Agosto 2, 2020	56	55	Agosto 3, 2020 a Septiembre 13, 2020
3	Septiembre 13, 2020	62	51	Septiembre 14, 2020 a Octubre 18, 2020
4	Octubre 18, 2020	67	54	Octubre 19, 2020 a Noviembre 22, 2020
5	Noviembre 22, 2020	72	51	Noviembre 23, 2020 a Enero 3, 2021
6	Enero 3, 2021	78	53	Enero 4, 2021 a Febreo 14, 2021
7	Febreo 14, 2021	84	55	Febreo 15, 2021 a Marzo 7, 2021
8	Marzo 7, 2021	87	52	Marzo 7, 2021 a Marzo 28, 2021
9	Marzo 28, 2021	90	50	Marzo 29, 2021 a Abril 25, 2021
10	Abril 25, 2021	94	54	Abril 26, 2021 a Mayo 16, 2021
11	Mayo 16, 2021	97	51	Mayo 17, 2021 a Junio 6, 2021
12	Junio 6, 2021	100	53	Junio 7, 2021 a Junio 27, 2021
13	Junio 27, 2021	103	51	Junio 28, 2021 a Agosto 8 de 2021

Nota. PYR: piramidal; PET: polarizada.

^a Valores reportados de frecuencia cardíaca por minuto.

Apéndice D

Registro del lactato sanguíneo y puntos de corte para la frecuencia cardíaca

En la Tabla D1 tiene consignado los valores de la frecuencia cardíaca, que se emplean como referencia para establecer los puntos de corte, al momento de determinar las zonas de distribución de la intensidad en las sesiones de entrenamiento.

Tabla D1

Registro del lactato sanguíneo y puntos de corte para la frecuencia cardíaca

Fecha	Umbrales	LT _{Aer}			LT _{An}			Vigencia
		V	FC	bLa	V	FC	bLa	
Junio 17, 2016 ^a		11.5	163	1.9	12.5	173	3.3	--
Junio 27, 2016 ^a		11.5	158	1.4	12.5	168	2.3	--
Enero 25, 2017 ^a		11.0	170	2.3	11.5	171	2.8	--
Junio 7, 2017 ^a		11.5	165	2.5	12.0	165	3.2	--
Junio 14, 2017 ^a		11.5	168	1.8	12.5	175	2.5	--
Febreo 27, 2018 ^a		11.0	160	2.0	12.5	175	3.4	--
Agosto 24, 2018 ^b		11.5	160	2.3	12.0	168	3.2	Agosto 6, 2018 a Agosto 26, 2018
Octubre 26, 2018 ^b		11.5	155	1.5	12.5	170	2.9	Agosto 27, 2018 a Octubre 28, 2018
Diciembre 29, 2018 ^b		11.0	157	1.1	12.5	168	2.8	Octubre 29, 2018 a Diciembre 30, 2018
Febrero 28, 2019 ^b		11.5	155	2.0	12.5	168	3.1	Diciembre 30, 2018 a Marzo 3, 2019
Mayo 10, 2019 ^b		12.0	160	2.2	12.5	168	2.9	Marzo 4, 2019 a Agosto 4, 2019
Febrero 10, 2021 ^c		11.5	163	1.6	12.0	170	2.6	Julio 6 de 2020 a Marzo 28, 2021
Marzo 26, 2021 ^c		12.0	160	2.1	13.0	170	3.4	Marzo 29, 2021 a Agosto 8, 2021

Nota. LT_{Aer}: umbral aeróbico (del inglés *Lactate Aerobic Threshold*); LT_{An}: umbral

anaeróbico (del inglés *Lactate Anaerobic Threshold*); V: velocidad de marcha (km·h⁻¹); FC:

frecuencia cardíaca (p · min⁻¹); bLa: lactato sanguíneo en mmol · L⁻¹ (del inglés *Blood*

Lactate); --: no aplica.

^a Temporada (2016-2017). ^b Temporada 1 (2018-2019). ^c Temporada 2 (2020-2021).

Apéndice E

Resultados de los análisis estadísticos

Los resultados detallados del análisis realizado en el apartado de *Tratamiento de los datos y análisis estadístico* se pueden consultar a través de la web en en el repositorio GitHub https://github.com/OscarAlfredo/Control_EntrenamientoResistencia_EstudioDeCaso, allí el archivo README.md describe el contenido del repositorio.

Apéndice F

Velocidad de marcha en las competencias participadas

La Tabla F1 detalla la información general de las competencias realizadas durante la Temporada 1 y 2 del estudio.

Tabla F1

Velocidad de marcha en las competencias participadas

Orden	M _C	Fecha	Sede	País	Prueba	Marca	V (km/h)
1 ^a	31	Marzo 9, 2019	Duitama	COL	20 km	1 hr 39 min 32	12.05
2 ^a	44	Junio 8, 2019	La Coruña	ESP	20 km	DNF	--
3 ^a	52	Agosto 3, 2019	Lima	PER	20 km	1 hr 38 min 43	12.15
4 ^b	66	Octubre 10, 2020	Poděbrady	CZE	20 km	1 hr 34 min 15	12.73
5 ^b	89	Marzo 20, 2021	Dudinska	SVK	20 km	1 hr 35 min 00	12.63
6 ^b	92	Abril 10, 2021	Poděbrady	CZE	10 km	0 hr 39 min 00	15.38
7 ^b	109	Agosto 6, 2021	Tokio	JPN	20 km	1 hr 35 min 36	12.55

Nota. M_C: número de microciclo; V: velocidad de la prueba; COL: Colombia; ESP: España;

DNF: no terminó (del inglés *Did Not Finish*); --: no aplica; PER: Perú; CZE: República

Checa; SVK: Eslovaquia; JPN: Japón.

^a Competencias temporada 1 (2018-2019). ^b Competencias temporada 2 (2020-2021).

Apéndice G

Contenidos de la parte inicial y final de la sesión de entrenamiento

En los entrenamientos de María Paz, la duración del calentamiento depende de los contenidos que se vayan a trabajar en la parte central de la sesión. Si el entrenamiento comprende trabajo de series y repeticiones, que se realizan en la pista, el calentamiento puede durar de 40 a 45 minutos. De otro lado, si el entrenamiento comprende trabajo de marcha continua en la ruta, el calentamiento puede durar 20 minutos. En la Tabla G1 se detallan los protocolos de los dos tipos de calentamiento principales que realiza la marchadora en sus sesiones habituales de entrenamiento.

Tabla G1

Contenidos de la parte inicial y final de la sesión de entrenamiento

Contenidos de la parte inicial	Protocolo 1 (min)	Protocolo 2 (min)
Movilidad articular	4-6	6-8
Ejercicios de activación y estiramiento	8-12	10-12
Marcha extensiva	20-25	--
Ejercicios de estiramiento y técnica de marcha	8-12	--
Contenidos de la parte final	Protocolo 1 (min)	Protocolo 2 (min)
Marcha o carrera extensiva	15	--
Ejercicios de estiramiento	15-20	15-20

Nota. --: no aplica.

La Tabla G1 evidencia que María Paz invierte en promedio 30 minutos en el calentamiento y 20 minutos en la parte final de la sesión de entrenamiento.