

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



UANL

**ÍNDICE DE FATIGA Y ELASTICIDAD EN TENISTAS JUVENILES
EN COMPETENCIA**

Por

JORGE ADAM YESHUA CASTRO MÁRQUEZ

PRODUCTO INTEGRADOR

TESINA

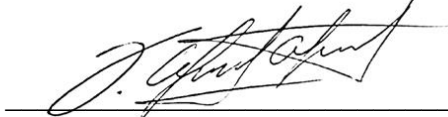
**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE
CON ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Nuevo León, Mayo, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

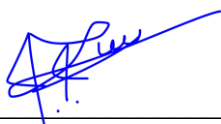
Los miembros del comité de titulación de la Subdirección de Posgrado e Investigación de la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Tesina titulado “ÍNDICE DE FATIGA Y ELASTICIDAD EN TENISTAS JUVENILES EN COMPETENCIA” realizada por el L.E.F. Jorge Adam Yeshua Castro Márquez, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

COMITÉ DE TITULACIÓN



Dr. C. Fernando Alberto Ochoa Ahmed

Asesor Principal



Dr. Luis Enrique Carranza García

Co-asesor



Dr. Luis Tomás Rodenas Cuenca

Co-asesor

Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera

Subdirección de Posgrado e Investigación de la FOD

Nuevo León, Mayo, 2025

Dedicatorias

Le dedico este trabajo a mi padre, mi madre y mi hermana, siendo las personas que siempre han estado a mi lado a pesar de la distancia, los que me han apoyado a lo largo de mi vida, los que me han impulsado a seguir mis sueños y me han motivado a seguir luchando en contra de las adversidades que se han ido presentando en el camino. De igual manera, le dedico este trabajo a mis tíos, mi abuela y mis primos, por estar ahí y darme palabras de aliento cada que lo necesitaba.

También, a mi asesor y mentor, el Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed por apoyarme desde mi ingreso a la facultad, por ser un excelente docente, por sus consejos, por sus palabras de aliento, por trabajar conmigo y dedicarme tiempo, por enseñarme a ser mejor estudiante, mejor entrenador y, sobre todo, una excelente persona.

Otra persona importante para mí, el Dr. Marco Antonio Enríquez Martínez, quien es un gran amigo, un excelente docente que fue parte de mi formación en licenciatura, y que fue la persona por la que inicié este programa de posgrado, por las recomendaciones, por el apoyo, por los consejos que me dio y por estar siempre pendiente de mí en estos dos largos años.

Por último, me quiero dedicar este trabajo a mí mismo, por resistir, ser fuerte y no rendirme cuando las cosas parecían difíciles, este logro es resultado de mucho trabajo y dedicación.

Agradecimientos

Quiero expresar mi gran agradecimiento a mi director de tesis y mi mentor, el Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed. Sus enseñanzas, su compromiso, su conocimiento y experiencia fueron indispensables para el desarrollo de esta investigación, así como la motivación y la confianza que me brindó, que funcionó como impulso para concluir con el grado de maestría.

De igual manera, le quiero agradecer a todos los docentes que fueron parte de mi formación a lo largo de este trayecto, ya que sin ellos no tendría la preparación y el conocimiento necesario para concluir el programa.

Agradezco a mi co-asesor, el Dr. Luis Tomás Rodenas Cuenca, por acompañarme en este trayecto y apoyarme incondicionalmente desde mi ingreso a la facultad, su confianza fue clave para continuar en el proceso. También, a mi co-asesor el Dr. Luis Enrique Carranza García por formar parte en este trabajo.

Agradezco profundamente a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Organización Deportiva por brindarme la formación y los recursos necesarios para la realización de esta investigación, por aceptarme y permitirme continuar con mi formación profesional.

Este trabajo fue posible gracias a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por su apoyo y su confianza que fueron fundamentales para poder completar el programa y seguir con mis estudios.

Le agradezco infinitamente a mi padre, mi madre y mi hermana por su apoyo incondicional, la confianza que me han dado, la motivación que me han brindado, así como el amor y el cariño que me han permitido seguir adelante en este trayecto. Por cada frase, palabra de aliento, por todos los sacrificios que hicieron y, sobre todo, por creer en mí. Este logro no solamente es mío, también es de ustedes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

FICHA DESCRIPTIVA

Fecha de Graduación: Junio, 2025

NOMBRE DEL ALUMNO: JORGE ADAM YESHUA CASTRO MÁRQUEZ

Título de Tesina: Índice de fatiga y elasticidad en tenistas juveniles en competencia

Número de páginas: 59

Candidato para obtener el Grado de
Maestría en Actividad Física y Deporte
con Orientación en Alto Rendimiento

Estructura de Tesina:

En la presente investigación se realizó un análisis Deportivo
del índice de fatiga y elasticidad en tenistas
juveniles durante el periodo competitivo, con el objetivo de comprender su influencia en
el rendimiento deportivo. El estudio se enfoca en comparar variables fisiológicas y de
rendimiento en microciclos de carga y mantenimiento mediante evaluaciones durante 8
semanas consecutivas. Los resultados obtenidos buscan aportar información relevante que
permita optimizar la planificación y periodización del entrenamiento deportivo de manera
individualizada, favoreciendo un mayor control sobre la carga interna y externa del atleta.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL: _____



Tabla de contenido

Introducción	8
Planteamiento del problema	9
Justificación	10
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Hipótesis	12
Marco teórico	13
Orígenes y evolución del problema	13
Antecedentes	17
Conceptualización y descripción de variables	27
Fatiga	27
Variabilidad de la frecuencia cardiaca	30
Tasa de percepción del esfuerzo (RPE)	32
Velocidad de ejecución	33
Test de Bosco	35
Índice de elasticidad	36
Metodología	37
Diseño	37
Población	37
Muestra	37
Criterios de inclusión	37
Criterios de exclusión	37
Criterios de eliminación	37
Consideraciones éticas	38

Instrumentos y materiales.....	38
Procedimiento.....	38
Resultados	40
Discusión.....	45
Conclusión	47
Referencias.....	48
Anexos	54
Resumen autobiográfico.....	55
Evaluación de la práctica	55

Introducción

En la actualidad, según la Federación Internacional de Tenis (ITF), el tenis es uno de los deportes con mayor prestigio a nivel mundial, la ITF cuenta con alrededor de 200 Federaciones Nacionales en todo el mundo, es un deporte olímpico que se practica con implementos, como son las raquetas, y con un móvil que, en este caso, es la pelota (ITF, 2025).

Se juega en 2 modalidades, de manera individual o en dobles, teniendo la variante de jugarse por sexo o de manera mixta. Un tenista debe ser un deportista muy constante y resistente debido a la exigencia del mismo deporte, ya que los partidos, así como pueden durar 1-2 horas, se puede alargar hasta 5-6 horas, con puntos o juegos que llevan al máximo nivel al atleta y que conlleva al mismo a realizar desde 1-2 golpes hasta 20 o más por punto, dependiendo de las situaciones de juego que se presenten, en las cuales, el atleta realiza movimientos repetidos a una intensidad muy alta, como son los arranques, sprint corto con cambio de dirección, golpeos, saltos, frenados, entre otros (ITF, 2025).

Es un deporte que se practica desde edades infantiles, hasta los adultos mayores, habiendo escuelas y academias en todas partes del mundo, y también con jóvenes y adultos que toman clases particulares para seguir practicando y aprendiendo este deporte. En la mayoría de los casos, los entrenadores e instructores son extenistas, y enseñan de una manera en la que ellos aprendieron, sumándole la preparación que tienen en cuanto al conocimiento del mismo deporte, enseñanza y pedagogía (Eichenholz, 2023).

Sin embargo, en categorías juveniles, dichos atletas no están tan acostumbrados a llegar a este gran nivel de exigencia durante los juegos, ya que, en categorías infantiles, y las mismas juveniles, los partidos tienen una menor duración en general, ya sea por el número de sets que se juegan, y también porque no es muy dado que se realicen muchos golpeos seguidos durante los puntos del partido, pero al estar etapas competitivas, deben de estar preparados para este nivel de exigencia. Por esta razón, se ha visto que es uno de los deportes que más práctica requiere, con un mayor perfeccionamiento de la técnica de golpeo, por ello el entrenar de la manera adecuada a los jóvenes tenistas es de suma importancia (Eichenholz, 2023).

La consistencia a máxima exigencia conlleva a un movimiento repetido con gran fuerza y velocidad, lo que provoca fatiga en los músculos, y puede llegar a lesionar al atleta, por ello, es importante llevar a cabo una buena planificación y periodización del entrenamiento, acompañado de un control de cargas, ya que las competencias del tenis son a corto plazo, y pueden tener juegos cada 2 días durante 1 o 2 semanas, con competencias continuas en periodos cortos de tiempo (Testa, 2024). Por esto, el desarrollo del presente trabajo se enfocará en la metodología del entrenamiento en los tenistas juveniles, tomando como referencia el índice de la fatiga y la elasticidad para determinar las cargas de entrenamiento, y lograr que dichos atletas alcancen su forma deportiva y que la mantengan estando en competencia.

Planteamiento del problema

La fatiga es un tema considerablemente relacionado con el rendimiento durante la competición, ya que en varios estudios se ha observado que, por el cansancio acumulado, los golpes se van degradando con el tiempo, acompañado de la realización de malos movimientos y mala toma de decisiones tácticas (Rota & Hautier, 2012). Dicho esto, en el deporte del tenis, la fatiga afecta directamente al desempeño del deportista conforme va transcurriendo el tiempo de partido, cuando lo que se busca es que el rendimiento del atleta sea el mismo, o similar, desde que empieza el partido, hasta las instancias finales del mismo.

La fatiga muscular produce una disminución del umbral de sensibilidad de los huesos, dificultando la elongación muscular (Díaz & Pablo, 2007). Por lo que, cuando el atleta o el deportista está fatigado, tiene una menor capacidad de elasticidad en los músculos, por lo que puede considerarse un índice para medir la fatiga del deportista.

Con base en ello, y con el objetivo de prevenir lesiones y sacar el máximo potencial de rendimiento de los tenistas juveniles, se basará en el índice de fatiga y la elasticidad para controlar esta parte y determinar las cargas del entrenamiento deportivo, utilizando la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) para controlar y estimar el índice de fatiga de los atletas, mediante una aplicación de móvil, como lo es HRV4Training, utilizada por Plews et al. (2017) y que, además de darle seguimiento a la misma variabilidad de la frecuencia cardiaca, puede determinar el estado de recuperación del deportista, estimar el

nivel de estrés de este y la calidad del sueño, y todo lo anterior dicho con el fin de analizar y mejorar la salud en general, pero más en lo que esta investigación se enfoca, en el rendimiento del deportista.

Además de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, otra prueba de control para estimar el índice de fatiga en el atleta será mediante una prueba de salto, utilizando el salto con contramovimiento (CMJ) y salto sin contramovimiento (SJ), midiendo la altura del salto, ya que, como lo menciona Jiménez Reyes et al. (2011) la altura de salto es un buen predictor de potencia muscular en el tren inferior.

Mientras que, para miembros superiores, se medirá la fatiga mediante la velocidad media propulsiva (VMP) en el ejercicio de press banca ya que, según menciona González Badillo et al. (2017) la pérdida de velocidad es una buena expresión de la fatiga que ocurre en un entrenamiento, utilizando como punto de referencia la velocidad media propulsiva del movimiento.

Una vez que se obtengan los datos de la fatiga, se implementarán test de evaluación y control de elasticidad para observar cómo se comportan estos valores en relación al índice de la fatiga, que, mediante los datos obtenidos en las pruebas de salto, según mencionan González et al. (2010) existe una fórmula en la que se puede obtener el índice de elasticidad con las 2 alturas de salto, y posterior a ello, realizar una planificación y periodización de cargas de entrenamiento para alcanzar los máximos niveles de rendimiento de los atletas juveniles en tiempo de competencia.

Justificación

La presente investigación tiene como propósito analizar el índice de fatiga en tenistas juveniles y su relación con el índice de elasticidad, esto con el fin de optimizar el desarrollo de sus capacidades físicas, técnicas y tácticas, y así contribuir a maximizar su rendimiento deportivo. Comprender estas variables resulta esencial en etapas formativas, donde una adecuada planificación del entrenamiento puede marcar diferencias significativas en el desempeño competitivo.

Para ello, se propone una metodología que integra herramientas accesibles y validadas, como lo son la aplicación móvil HRV4Training, utilizada para registrar la VFC,

junto con pruebas de rendimiento como el salto vertical (CMJ y SJ) para potencia en tren inferior y determinar el índice de elasticidad, también la VMP en press banca para tren superior y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). El análisis de estas variables a lo largo de microciclos de carga y de mantenimiento durante el periodo competitivo permitirá establecer correlaciones significativas que sirvan como un punto de referencia confiables para la toma de decisiones en la planificación y periodización del entrenamiento deportivo en función del estado real del atleta.

Esta investigación también permite desarrollar estrategias para el control de la carga individualizada, esto para moderar el volumen y la intensidad del entrenamiento, dependiendo del estado fisiológico real del atleta. En el tenis juvenil hay muy poca información, y es la etapa donde se consolidan muchas adaptaciones fisiológicas, por lo tanto, el contar con indicadores objetivos del atleta puede ser un factor clave para la toma de decisiones en el diseño del entrenamiento.

Este estudio tiene alta importancia práctica y científica, ya que aporta evidencia empírica útil para entrenadores, preparadores físicos y cuerpos técnicos en el contexto del tenis juvenil, promoviendo un enfoque individualizado y sustentado en datos objetivos. De igual manera, es factible en términos operativos, al contar con los recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para su desarrollo, así como la disposición y compromiso tanto del equipo de trabajo como de los deportistas participantes.

Objetivo general

Interpretar el índice de fatiga y elasticidad y su influencia en el rendimiento de tenistas juveniles en competencia.

Objetivos específicos

- Medir el índice de fatiga (VFC, RPE, CMJ, SJ, VMP) y el índice de elasticidad de los tenistas juveniles en competencia.
- Analizar los datos obtenidos por las mediciones realizadas.
- Reorganizar y planificar las cargas de entrenamiento acorde a los resultados obtenidos en las mediciones.
- Controlar el índice de fatiga y elasticidad mediante pruebas de control y las cargas del entrenamiento deportivo.

- Valorar el efecto que tiene el índice de fatiga y elasticidad en el rendimiento deportivo de los tenistas juveniles en competencia.

Hipótesis

El índice de fatiga y elasticidad ayudan a regular las cargas del entrenamiento deportivo para la mejora del rendimiento en los tenistas juveniles en competencia.

Marco teórico

Orígenes y evolución del problema

El deporte del tenis, a lo largo de la historia, se ha caracterizado por ser un deporte en el que hay varias competiciones o varios torneos en periodos cortos de tiempo, siendo así, que los atletas compiten cada semana o cada dos semanas, en las que, si van avanzando de ronda, juegan cada día o cada 2 días, dependiendo de la competencia, aunque no siempre ha sido así. El tenis empezó a tener mucho apogeo y a jugarse a nivel mundial cerca del año 1900, Muntañola (1996) habla sobre la evolución del deporte del tenis a lo largo de la historia, en donde expresa que, en estos años, la intensidad de los juegos no era alta. Años atrás, antes de que el tenis empezó a impactar a nivel mundial, los golpes se realizaban, en su mayoría, con golpes cortados y a baja velocidad, lo que les permitía tener una mayor puntería, pero también un mayor tiempo de reacción, y los puntos que se jugaban no eran tan largos, agregando a esto que el saque no era como es en la actualidad, sino que se realizaba de abajo.

Después de los años 1900, varios tenistas optaron por tener un juego más agresivo, en el cual se subían mucho a la red, agregando más movilidad en la cancha y pegando más voleas, ante esto, años después surgen los ‘globos’, realizando golpes para brincar al rival y hacerlo retroceder. Años más tarde, se empezó a dejar atrás los golpes cortados y golpeando a mayor fuerza y velocidad, obligando a los tenistas a estar en el fondo de la cancha, a tener una mayor reacción, velocidad, juego de pies y a jugar a altas intensidades en algunos puntos. Ante la evolución del deporte, también se vieron obligados a modificar el entrenamiento deportivo, elevando el nivel de intensidad y provocando una mayor adaptación del deportista. Ante las nuevas modificaciones que iban surgiendo en el deporte, los deportistas y los entrenadores se veían en la necesidad de innovar, buscar realizar cosas nuevas para superar a los adversarios, y con esto, algunos empezaron a sacar por arriba, dándole mayor velocidad y fuerza a los saques, en este tiempo todavía no saltaban al momento de realizar el golpe, debido a que el reglamento establecía que por lo menos un pie debía de estar en el piso. Fue hasta 1961 que se elimina esta regla, y donde algunos optan por saltar en su servicio para tener un mayor impulso, potencia y fuerza en su saque (Muntañola, 1996).

Fue hasta los años 70's donde los golpes ya eran más variados, algunos deportistas ya usaban el 'topspin' en sus golpes, se jugaba a mayor velocidad, se empezó a implementar el revés a dos manos, aspectos del deporte que vemos en la actualidad, se vieron por primera vez en esta década. El ritmo de juego en estos años ya era más rápido, con golpes variados, y algunos gestos que vemos en la actualidad, surgen a base de la innovación que hubo en estos años. Reflexionando todos los cambios que hubo a lo largo de los años, en la actualidad, el deporte del tenis ya no es lo que era antes, ahora se demanda mucho más al tenista, lo obliga a dominar una variedad de movimientos, desplazamientos y golpes a una alta intensidad, por lo que las cargas de entrenamiento también se ven elevadas. Anteriormente, los tenistas no se sobrecargaban tanto por el ritmo lento que se manejaba, pero la cantidad de competencias que se realizan actualmente, en donde el tenista se somete a jugar al máximo nivel en cada punto, en juegos largos, compitiendo de manera consecutiva, por lo que la fatiga juega un papel muy importante en el rendimiento deportivo del atleta (Instituto Colombiano del Deporte, 2009).

La Asociación de Tenistas Profesionales (ATP) fue fundada en 1972, con la intención de proteger y ver los por los deportistas que practican este deporte. Desde la fundación de esta, aparecieron las competencias más importantes, así como un ranking o clasificación de todos los tenistas profesionales a nivel mundial, realizando esta misma con los puntos que gane cada atleta según la competición, de igual manera, aparece la WTA un año después, (por su nombre en inglés, Women's Tennis Association), que tiene exactamente la misma función, pero enfocada en el tenis de la rama femenil (ATP, 2023). Los torneos o las competencias se clasifican acorde a los puntos que aporten a los atletas, hay desde los torneos ITF, que son más para atletas jóvenes que buscan progresar y sumar puntos, de ahí siguen los torneos Challenger para ambas ramas, ATP 250, ATP 500, ATP MASTERS 1000 para la rama varonil, o los torneos WTA250, WTA500 y WTA1000 para la rama femenil, y por último los Tour Finals y los Grand Slam para ambas ramas, cada tenista se inscribe a los torneos a los que tenga disponibilidad, aunque, la mayoría o una gran cantidad de tenistas, se inscribe a la mayor cantidad de torneos posibles, compitiendo así semana tras semana, y si a esto se le suma que en el deporte como tal se ve una

repetición constante de los mismos gestos técnicos y físicos, lo cual le va provocando una carga al deportista, dejándolo propenso a lesionarse o sobrecargarse.

Y esto se transfiere a los futuros talentos o las futuras promesas en el tenis, ya que por la necesidad de sumar puntos para llegar a grandes niveles en el deporte, también compiten en varios torneos de manera consecutiva, y esto se puede observar desde categorías inferiores, y si a esto, se le suma el hecho de que no se tiene una buena técnica de ejecución de los golpes, una mala toma de decisiones en la cancha, un mal desplazamiento o que los movimientos que se realizan durante el juego no se hacen de manera efectiva, el riesgo de fatigarse y/o de lesionarse es mayor. Años atrás, los tenistas competían en algunos torneos pequeños, en cuestión de puntos, no lo hacían en todos, esto para darle prioridad a los torneos más grandes, como son los Masters 1000 y los Grand Slam, sin embargo, en la actualidad, está surgiendo esta problemática anteriormente mencionada, provocando que todos sumen una mayor cantidad de puntos, y que en el tenis juvenil también se requiera de mayor puntaje para ascender a la élite. En un estudio realizado con tenistas en Estados Unidos, los tenistas juveniles suelen lesionarse por regresar a entrenamientos o competencias sin antes haberse recuperado completamente (Hainline, 2013).

Según menciona Galiano (1998), el tenis es un deporte que se caracteriza por la repetición de gestos físico-técnicos, no es un deporte cíclico como la natación o incluso el atletismo, pero si se realizan constantemente una serie de aceleraciones, carreras, saltos, hasta desplazamientos laterales, halando del aspecto físico, y si a esto le sumamos carreras con golpes de derecha, un golpe de revés con salto, incluso hay tenistas que se deslizan en la cancha para realizar golpes. Estos movimientos realizados en un partido de 1, 2 o hasta 5 horas a máxima intensidad, puede llegar a fatigar al atleta, y si compite todos los días, durante todas las semanas, puede llegar a ser contraproducente para el mismo. Según la competencia en la que participe el atleta, es el número de sets que se juegan, en todos se juega al que gane 2 de 3 sets, pero si el torneo es un Grand Slam, se juega al que gane 3 de 5 sets, donde los juegos se pueden alargar bastante.

Aunado a esto, Domínguez (2010) expresa que, en el tenis, hay pocas lesiones o patologías fuertes, pero dentro de las que se encuentran, la sobrecarga es la más frecuente,

debido a la continuidad con la que compiten a una alta intensidad. Con ello, la gran cantidad de horas de entrenamiento también juega un papel importante, sin embargo, también menciona que aquí juega mucho la adaptabilidad a trabajo, ya que hay jugadores que aprenden a jugar con esas pequeñas lesiones o dolencias, y esto se ha vuelto un criterio por parte de los reclutadores de talentos, ver que los jóvenes tengan una gran disposición de trabajo, y puedan adaptarse rápidamente a las altas cargas del entrenamiento deportivo.

En un artículo realizado por Baiget et al. (2013), en el cual realizaron una revisión de varias investigaciones, obtuvieron datos relevantes sobre el deporte del tenis. Durante un partido de tenis, específicamente en Grand Slam, se registran alrededor de 806 y 1445 golpes por partido, dependiendo de la duración que tenga el mismo, pero no solamente son los golpes que se realizan, sino lo que conlleva cada golpe y la fuerza que se imprime. De igual manera, en un partido de tres sets solamente, se realizan entre 300 y 500 esfuerzos de alta intensidad, y si un partido se alarga a 5 sets puede ser el doble. Aquí se puede apreciar que la cantidad de gestos que se realizan es muy elevada, y si se multiplica por la cantidad de partidos que se tienen en un torneo si se avanza de ronda constantemente, y se le suman los gestos realizados en los entrenamientos, es una cantidad muy alta, la cual requiere de una excelente preparación del deportista, junto con una gran adaptabilidad de este, por lo que el controlar las cargas es imprescindible.

Complementando lo dicho, no solo se tiene que enfocar en la cantidad de golpes que se imprimen en un partido, sino a la velocidad y fuerza con la que se realizan. Los tenistas llegan a realizar golpes moviendo la raqueta a una velocidad de 100-116 km/h (Kovacs, 2007), y el rendimiento del tenista se ve reflejado en esto, en la habilidad que tenga para estar realizando golpes a gran velocidad, desplazarse de la misma manera, y con ello el recuperarse para el siguiente punto en un periodo corto de tiempo. Hay academias en todo el mundo donde los atletas entrenan 2 veces al día, en la mañana y en la tarde, esto desde los 11 años de edad, lo cual puede ser beneficioso en el mayor dominio de la técnica de los golpes, tener un aprendizaje más rápido y poder adaptarse de una mejor manera a lo que es el deporte en general, por otro lado, también puede ser perjudicial si no se controlan las cargas de trabajo, o también si no se corrigen malas técnicas o posturas a la hora de realizar movimientos, desplazamientos o golpes propios del deporte, ya que,

no solamente la sobrecarga y la fatiga pueden afectar el rendimiento, sino que también una mala técnica en la ejecución de los movimientos puede provocar lesiones, y esto se refleja en que no pueda progresar en el deporte.

Ahora bien, si hablamos del aspecto fisiológico, en la revisión realizada por Baiget et al. (2013), encontraron una investigación en la cual menciona que la intensidad fisiológica media alcanzada en un partido de tenis, es alrededor del 50% del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$), de igual manera, teniendo concentraciones medias del lactato en sangre inferiores a 2.5 mmol/L, sin embargo, hay momentos de alta intensidad donde estas concentraciones se disparan y alcanzan los 8 mmol/L. Asimismo, expresa que esto es un efecto negativo, ya que la acumulación del lactato puede fatigar al atleta y, por lo tanto, disminuir el rendimiento del golpeo durante el partido y a lo largo de la competición.

Por todo lo anterior, la fatiga se vuelve un factor importante en el índice de elasticidad del deportista. El índice de elasticidad no determina la altura del salto, sino que representa una medida de eficiencia mecánica que contribuye a la utilización de la energía cinética (impulso) en la ejecución de un salto (Acuña et al., 2013). Siguiendo esta parte, la fatiga afecta la realización del salto, por lo que, si el atleta está cansado o sobrecargado, arrojará valores deficientes en la altura del salto y, por lo tanto, en el índice de elasticidad.

Antecedentes

En una investigación realizada por Baiget et al. (2013), relacionan la fatiga con la efectividad técnica durante las pruebas, entrenamientos y partidos competitivos de los tenistas. Realizaron pruebas y un entrenamiento a algunos tenistas para ver cómo es que el entrenamiento de resistencia influye en el desempeño deportivo de los mismos. Con un grupo se enfocaron en el entrenamiento de resistencia, tratando de mejorar el Segundo Umbral Ventilatorio (UV_2), mientras que con el otro grupo no se realizó un entrenamiento diferente al que hacían con anterioridad. Los resultados arrojaron que un mayor entrenamiento de la resistencia provoca que haya una mayor efectividad técnica a la hora de realizar los golpes, esto porque el atleta se vuelve más resistente a los diversos gestos físico-técnicos que realiza. En conclusión, los jugadores con mejor perfil aeróbico tienden

a obtener mejores resultados, posiblemente debido a que participan con niveles inferiores de fatiga.

Por otra parte, Girard (2014) realiza una revisión sistemática donde busca relacionar el aspecto neurológico con el aspecto físico. Encontró una investigación, citando a Mitchell et al. (1992), en donde la fatiga, tras horas de juego en una competencia, provoca una reducción de la velocidad de los golpes de fondo y en el servicio hasta un 20%, así como el aumento de tiempo en desplazamientos de lado a lado o de ida y vuelta. De igual manera, habla sobre la aparición de algunos dolores musculares leves en algunos músculos del tren inferior, disminuyendo la fuerza explosiva y la fuerza máxima. La fatiga afecta directamente el rendimiento del tenista, manifestándose en golpes sin dirección, malas decisiones durante los puntos en cuestiones tácticas y mala ejecución de movimientos y desplazamientos, y si no se controla la fatiga de manera adecuada, puede presentar fatiga temporal (durante algunos puntos) o la que aparece a lo largo de los partidos en una competencia, evitando que siga avanzando de ronda.

En una intervención realizada por Behm y St. Pierre (1998) afirman que la mejora de la fuerza es fundamental en este deporte. Los tenistas deben de realizar gestos deportivos en los que en pequeño tiempo y en varias ocasiones deben de generar altas cantidades de potencia para las acciones explosivas como son los golpes y los arranques en la cancha, por lo que, al nivel del músculo, el tener adaptaciones de fuerza en procesos estructurales y biomecánicos le va a proporcionar al tenista una ventaja para poder mejorar la resistencia a la fatiga ante varios estímulos repetidos durante los entrenamientos y las competencias.

Rota y Hautier (2012) relacionan directamente la fatiga con el resultado de los partidos en las competencias, siendo así, un factor fundamental para la preparación del deportista. Después de una sesión de entrenamiento de carga, que llevaba al deportista al agotamiento, se ha demostrado que la precisión de sus golpes de fondo reducía hasta un 69%, mientras que la velocidad en los servicios también disminuía hasta un 30%, aumentando así, la tasa de errores cometidos tanto en golpes de fondo como en primeros y segundos servicios. Se realizó una prueba a 8 tenistas, donde hacían un servicio y 8 golpes de derecha cruzada, teniendo 2 segundos entre cada golpe, esto en cuatro

secuencias de 12 repeticiones, con un descanso de 20 segundos entre cada repetición (semi activa y 90 segundos entre cada secuencia (sentados). Se observaron disminuciones significativas de velocidad en el servicio, así como pérdida de precisión en los golpes de derecha y una mayor tasa de error en los golpes. En resumen, la falta de entrenamiento para la adaptabilidad del tenista y para la resistencia a la fatiga, disminuye el rendimiento de este con el transcurso del tiempo durante los juegos en competencia, por lo que la fatiga provoca un efecto totalmente negativo en el desempeño del deportista.

Por su parte, Rodríguez y García (2014) relacionan directamente el factor psicológico con el fisiológico. Expresan que, en momentos importantes, difíciles o complicados para el atleta, suele tener más errores, faltas de atención o concentración, y malas decisiones tácticas, lo cual incide en una fatiga mental, entrando a lo que es la percepción del esfuerzo por parte del atleta. Hay 3 factores que influyen en el desempeño deportivo, como son el estrés, la motivación y la ansiedad, los cuales, si no se controlan, provocan un aumento en la frecuencia cardíaca y, aunque la exigencia fisiológica y metabólica no sea muy elevada, el atleta va a percibir un esfuerzo muy grande por estas mismas razones. Por ello, la percepción del esfuerzo también se vuelve un factor muy importante para el control de la fatiga en los deportistas, ya que, aunque fisiológicamente no se realicen tantos gestos a alta intensidad, psicológicamente sí, teniendo así las mismas consecuencias que el cansancio acumulado por esfuerzos a alta intensidad, siendo estos la pérdida de precisión en los golpes, disminución de velocidad en los mismos y la mala toma de decisiones tácticas en situaciones reales de partido.

De igual manera, en un artículo realizado por Kekelekis et al. (2020), menciona que el tenis es un deporte que difiera mucho con los demás deportes, esto por varios factores: la duración del partido, ya que es indefinido y puede ser de larga duración; la superficie de juego, se juega en cancha dura, tierra batida y césped; y con ello el implemento que es la raqueta, la cual, cada tenista la usa a su gusto y estilo de juego, unas pueden ser más pesadas o más ligeras, con tensiones de las cuerdas altas o bajas, y también el balance que tenga la misma, algunas tienen más pesada la empuñadura o el mango, y otras la cabeza de la raqueta. Aún con estos factores, se le suman otros más que caracterizan al tenis y que lo diferencian con otros deportes, como son todos los

movimientos y gestos repetitivos a lo largo del partido, mismos que son realizados a alta intensidad y velocidad, provocando fatiga en los músculos y, con ello, lesiones por uso excesivo de los movimientos, ya que se ejercen altas fuerzas de carga lineal o rotacional sobre las articulaciones, aumentando así el riesgo de lesiones agudas.

También, en el mismo estudio revisado anteriormente, menciona que uno de los golpes que más fatigan y sobrecargan al tenista, es el servicio y el remate, esto debido a la mecánica del movimiento, la fuerza que se imprime y al ser un golpe que va por encima de la cabeza. Explica que hay tenistas que dominan más estos golpes, y que, con menor esfuerzo, o con una mayor resistencia a estos, logran una mayor efectividad en los mismos, y con ello, tener una menor fatiga en los músculos para no disminuir ni afectar el rendimiento del atleta. La resistencia a la fatiga en estos golpes logra que no se pierda la calidad de los mismos, y estos detalles son, en algunas ocasiones, lo que define los partidos en las competencias, ya que, no siempre gana el que mejor golpea la pelota en cierto momento, sino el que mayor resistencia tiene y logra mantener su rendimiento y calidad en todos sus golpes a lo largo del encuentro en la competencia.

En una investigación realizada por Davey et al. (2002), realizaron una intervención con tenistas, en la cual implementaban ejercicios intensos de entrenamiento, golpeando una gran cantidad de pelotas en varias repeticiones con periodos de descanso, obteniendo así, que la fatiga se asocia con una disminución de la capacidad técnica en el juego, esto reflejado en el aumento de la cantidad de golpes perdidos, pérdida de precisión en los mismos golpes, una pobre coordinación y el incremento de la dificultad para posicionarse dentro de la cancha en situaciones reales de juego. Se puede ver que mientras el deportista tenga una menor capacidad aeróbica o una menor resistencia a la fatiga, es más probable que pierda esta capacidad técnica de una manera rápida, en el tenis profesional se puede observar que hay partidos en los que un competidor gana el primer set o los dos primeros sets, y a pesar de esta ventaja, termina perdiendo el juego. En estas situaciones reales se puede realizar un análisis, y observar que el que pueda manejar y resistir esta fatiga de mejor manera que su oponente, a pesar de tener el marcador en contra, puede sacar los partidos de mejor manera.

Es importante no confundir la fatiga o el fallo de los golpes con la precisión. En un protocolo llevado a cabo por Moya et al. (2010), realizaron una periodización de entrenamiento en tenistas jóvenes de 11 semanas, en las cuales, la semana ocho y nueve, se implementaba una sobrecarga en la parte física del entrenamiento, no en la parte técnica en cancha, con la finalidad de mejorar la precisión en el golpeo. Para las pruebas de recolección de datos, los atletas disponían de 5 segundos entre cada bola, siendo así, una cantidad de tiempo alta, suficiente para recuperarse, por lo que el sujeto no lograba fatigarse ni llegar a realizar gestos a altas intensidades como se haría en situaciones de juego real. Al final, los datos arrojaron que, efectivamente, el periodo de sobrecarga no influyó en la precisión de los golpes, pero sí en la consistencia. Como conclusión se obtuvo que el entrenar con altas cargas en la parte física no influye en la precisión de los golpes, sin embargo, puede ayudar a la consistencia del tenista, ya que mejora la parte aeróbica y de resistencia a la fatiga, logrando así, que el deportista pueda sostener altos grados de esfuerzo en un mayor periodo de tiempo.

En otro artículo revisado, hecho por Bilic et al. (2023), expone que lo que diferencia a los tenistas exitosos y los menos exitosos en la élite de este deporte, es la capacidad de mantener un alto porcentaje de precisión de los golpes, esto en fases del partido donde se juega a altas intensidades, las cuales pueden llegar en cualquier momento del partido, todo dependiendo de la duración del peloteo y de los puntos. Los tenistas profesionales tienen un calendario muy intenso, compitiendo a alto nivel día tras día, provocando un efecto secundario como lo es la fatiga, la cual limita y afecta directamente el rendimiento deportivo. Una de las cosas que debe de entrenar un tenista para contrarrestar esta parte es el acondicionamiento físico, según estos autores, ya que le va a permitir a los atletas soportar mayores esfuerzos a altas intensidades, y esto se va a lograr estimulando cargas de partidos competitivos durante los entrenamientos. También, cita a un autor en el cual relaciona la fatiga con la velocidad del movimiento en el servicio, disminuyendo el rendimiento y la calidad de los mismos. Menciona que es necesario medir y controlar la fatiga mediante métodos objetivos, como son la frecuencia cardíaca y el lactato en sangre, o también, mediante métodos subjetivos, como son los cuestionarios diarios o evaluaciones de sensación de la carga.

En una intervención realizada por los mismos autores (Bilic et al., 2023), con la finalidad de encontrar una relación de la fatiga con la pérdida de precisión en los servicios y en la disminución de rendimiento, realizaron un protocolo experimental, en el que sometieron a algunos tenistas a realizar una prueba T, la cual conlleva a realizar desplazamientos lineales, ya sea frontales u horizontales, esto combinado con servicios a ambos lados de la cancha, y al final, ver la precisión del saque y medir el tiempo que tarda en realizar los recorridos. Después de la prueba diagnóstica, los atletas realizaron la prueba de carrera de 300 metros, la cual consiste en carreras consecutivas en 15 partes de 20 metros sin descanso, es decir, se realiza una carrera a máxima velocidad de 20 metros, llega a una marca y hace lo mismo, pero de regreso, esto durante 15 veces. La prueba de carrera de 300 metros es una prueba útil y validada para la capacidad anaeróbica de atletas, comúnmente se utiliza en deportistas jóvenes. Al terminar esta prueba, se aplicó el índice de esfuerzo percibido de Borg, esto para evaluar la intensidad de la carga. Pasados 30 segundos, el atleta realizaba de nueva cuenta la prueba T. Los resultados arrojaron que, en efecto, la fatiga generada por el ejercicio físico afectó directamente el rendimiento del tenista, reflejado en los cambios de dirección y de carrera (en un 11%), al realizarlos en un tiempo mayor, y también disminuyó la precisión en sus saques (en un 20%). Por ello, es imprescindible para los entrenadores de tenis, especialmente en categorías inferiores o juveniles, busquen que los atletas desarrollen esta resistencia a la fatiga, ya que, al ser un deporte intermitente y que trabaja altas intensidades en lapsos cortos de tiempo, y que exige al deportista el estar compitiendo en repetidas ocasiones de manera consecutiva, generaría una ventaja ante sus oponentes para buscar el desenlace de los partidos.

Se encontró un estudio realizado durante una competencia por Gescheit et al. (2015), el cual buscaba determinar cómo los días consecutivos de partidos de tenis prolongados afectaban directamente el rendimiento y las respuestas fisiológicas del deportista. En esta investigación, se estudió a 7 tenistas masculinos profesionales, los cuales, completaron partidos de tenis de 4 horas en 4 días consecutivos en una competencia, realizando medidas previas y durante competencia, tales como altura de salto en contra movimiento (CMJ), velocidad de sprint en 20 m, velocidad y precisión del servicio, y también respuestas fisiológicas de creatina quinasa (CK), mismas que se checaban cada día de competencia. Los resultados arrojaron que, en la prueba de CMJ y

sprint de 20 m, disminuyó antes del partido en cada día de competencia respecto al día 1; en cuanto al servicio, la velocidad se mantuvo durante los 4 días, sin embargo, sí se perdió precisión en cada día en comparación con el día 1, y en la respuesta fisiológica (CK) aumentó cada día. Se demuestra que en competencias de alta exigencia, los tenistas que avancen de ronda y compitan cada día, disminuyen su rendimiento cada día de competencia en comparación con el primer día, al menos en las cargas físicas externas demostradas en los partidos, ya depende de cada tenista cómo maneje la presión y la fatiga en relación a las cuestiones tácticas demostradas en los partidos, ya que hay deportistas que también se ven afectados tácticamente por la fatiga, pero hay otros que manejan de mejor manera estas situaciones. En el aspecto físico, los deportistas se someten a altas cargas, siendo vulnerables a posibles lesiones o a disminuir su rendimiento deportivo, siendo consecuencias de la fatiga neuromuscular y perceptiva.

En un estudio en el cual se evaluaron a diez tenistas antes y después de un intenso ejercicio de tenis en el cual implementaban servicios y golpes de derecha, Rota et al. (2014) observaron que hubo una disminución significativa en la precisión y la velocidad del servicio, así como la precisión del golpe de derecha, pero aquí lo más relevante es que también disminuyó la consistencia en el golpeo (15.6%). Esto se debe a, según los autores, a una reducción en la activación de los músculos del antebrazo, lo cual conlleva a una baja de rendimiento. La velocidad y precisión del golpeo es importante en este deporte, pero una de las mayores cualidades que debe poseer un tenista es la consistencia, ya que, aunque se pierda velocidad, el no fallar en el golpeo y esperar a que el rival falle, es una estrategia que implementan tenistas profesionales ante situaciones de alta intensidad durante las competencias, por lo que trabajar la consistencia en el golpeo en un ritmo elevado durante el entrenamiento o en partidos simulados, puede resultar muy fructífero para los atletas en su preparación previa a las competencias.

En una revisión sistemática realizada por Méndez et al. (2007), analiza las deficiencias que presenta un tenista a lo largo de un partido y en el transcurso de los partidos durante una competencia en la cual, compiten día tras día. Conforme el juego pasa, normalmente después del primer set se observa un rendimiento deficiente en la producción de los golpes, tales como los servicios, pelotas de fondo o disminuye el

porcentaje de tiros ganadores exitosos, así también como los movimientos realizados en la cancha, ya que, mientras más dure el juego, son más bolas en las que el tenista ya no alcanza a llegar, de tal modo que, se afirma que para el éxito en el tenis, un factor determinante es la capacidad para resistir la fatiga. La fatiga en el tenis, según la revisión de este artículo, se divide en tres categorías. La primera son los factores metabólicos, lo cuales se refieren a las limitaciones del suministro de energía, es decir, la falta de fosfocreatina y la acumulación de lactato, y que, el depender mucho de la rotación del ATP, perjudica la producción de la fuerza muscular después de un gran número de esfuerzos realizados. La segunda son los factores neuro mecánicos, ya que el número de repeticiones de gestos físicos a altas intensidades, como cambios de dirección, sprints y aceleraciones, al ser movimientos que comprenden el ciclo estiramiento-acortamiento, provoca que se dificulte la capacidad de mantener un alto nivel de intensidad durante un periodo prolongado de tiempo, es decir, en juegos de tenis de larga duración. Y la tercera categoría es el daño muscular, ya que por tantos gestos técnicos realizados a gran velocidad y con mucha fuerza, puede llegar al dolor de algunos músculos y, en consecuencia, afectar la capacidad de generar fuerza rápida.

Se realizó un estudio del torneo del Abierto de Australia Grand Slam en 2012 por Reid y Duffield (2014), en la cual revisaron el trayecto de los dos tenistas que jugaron la final, jugando un total de 18 horas de partido en 14 días, siendo de casi 6 horas la duración de la final, donde en total se compitieron 369 puntos, recorriendo más de 6 kilómetros de distancia cada uno, alcanzando velocidades de carrera mayores a 20 km/h, y pegando cada uno alrededor de 1100 golpes de fondo a una velocidad promedio de 100 km/h. Consideran a la fatiga como la reducción inducida por el ejercicio en la capacidad del músculo para generar fuerza, y que, reflejado en el tenis, se manifiesta en varias acciones. En estos 2 jugadores, se observó una disminución de sus patrones generales de movimiento de 5% en cada día de partido durante los primeros 4 encuentros, habiendo una diferencia del 15% entre el encuentro 1 y el 4. Con este estudio, los autores confirman que la función del músculo esquelético se ve reducida después de partidos prolongados de tres horas o más, y que, el éxito de estos tenistas se debe a su alta capacidad para adaptarse a los encuentros de alta intensidad, no siempre tienen el mismo juego, sino que conforme

se va haciendo presente la fatiga en los atletas, van modificando sus decisiones técnico-tácticas para sacarle ventaja al rival y obtener mejores resultados en los encuentros.

En otra investigación, realizada por Fernández Fernández et al. (2020) implementó un método de entrenamiento enfocado en el servicio en veinticinco jugadores de tenis juveniles de ambos sexos, en la cual durante una semana realizaron una secuencia de saques antes de iniciar el entrenamiento de tenis, y la otra secuencia fue realizar el mismo método, pero después del entrenamiento para ver cómo influye en la precisión, la efectividad y la velocidad de la pelota. Después de haber realizado las secuencias y hacer las comparaciones, se obtuvo que hay disminuciones significativas en la efectividad del servicio cuando se trabaja después del entrenamiento de tenis, encontrando déficit en la precisión y la velocidad de la pelota, esto en comparación a cuando se trabaja el servicio previo al entrenamiento de tenis, se explica que el motivo de esto es que si se aplica después del entrenamiento, los niveles excesivos de fatiga pueden provocar desequilibrios en los hombros, con lo que se puede relacionar mayormente con un mayor riesgo de lesión. Con esta intervención realizada, se llega a la conclusión de que, en tenistas juveniles, es mejor trabajar el servicio previo al entrenamiento, de esta manera se puede entrenar de mejor manera, se previenen lesiones, y ya no se fatiga tanto el atleta, por lo que puede ser una gran alternativa para llevar un control de la fatiga en los tenistas.

Por otra parte, también es necesario buscar la recuperación en tenistas profesionales después de un partido, esto debido a la carga externa e interna que tienen. De acuerdo con lo que mencionan Moreno Pérez et al. (2019), el hombro es la parte del cuerpo que más se sobrecarga en un partido de tenis, esto debido a la repetición de todos los gestos técnicos que se realizan, incluyendo los servicios, y que se imprimen a gran fuerza y velocidad, siendo así, la lesión de hombro una de las más frecuentes en el tenis, representando al 15.9% de todas las lesiones en el deporte. Se realizó un estudio donde observaban el rango de movimiento, la rotación interna y externa del hombro, así como su relación con la fuerza para ver el cambio que tiene pre y post partido. La prueba se aplicó a veintiséis tenistas profesionales masculinos, y los resultados arrojaron que después de un solo partido de tenis, ocurre una reducción del rango de movimiento en rotación interna y un aumento en la rotación externa del hombro dominante y no

dominante, también la fuerza isométrica disminuyó en el hombro dominante, lo que provoca una elevación en el riesgo de lesión de la articulación, por lo que se llega a la conclusión de que es importante monitorear el rango de movimiento del hombro durante los partidos competitivos, y que se debe de incluir protocolos de estiramiento en rotación interna y externa del hombro, esto para reducir el riesgo de lesión, todo provocado por la fatiga en el tenista. El realizar controles de fatiga del tren superior del cuerpo, es imprescindible después de los partidos, esto para monitorear al atleta durante competencias y, si no es el caso, durante los entrenamientos, ya que, si se descuida esta parte de la fatiga en tren superior, podemos descuidar al tenista, dejándolo propenso a lesionarse o a disminuir su rendimiento deportivo.

Otro aspecto para considerar para la fatiga de los tenistas es la rigidez o la tensión de las cuerdas de la raqueta, ya que esto influye en la fuerza generada y el impacto que tiene en el antebrazo del deportista, esto de acuerdo con la investigación realizada por Fabre et al. (2014). Realizaron el estudio con dieciséis jugadores de tenis, esto en 2 partidos simulados, uno con tensiones altas en la raqueta, y el otro con tensiones bajas. Los resultados arrojaron que, con tensiones altas, generan más fuerza y golpean pelotas a mayor velocidad, sin embargo, esto lo que genera es que se crea una mayor sobrecarga en el músculo del antebrazo y, en consecuencia, conforme transcurre el partido, las pelotas van perdiendo fuerza y velocidad, mientras que cuando jugaban con tensiones bajas, la fuerza generada en cada golpe y la velocidad de las bolas era más consistente durante todo el partido. Se realizó un control de fuerza de agarre antes y después del partido con cada tensión de cuerda, y los datos que obtuvieron mostraron que la fuerza de agarre disminuye significativamente al término de un partido jugado con tensiones altas, caso contrario al juego con tensiones bajas. Como conclusión se obtiene que la tensión de la cuerda también es un factor para considerar en la fatiga de los tenistas, y que el sobrecargarlos puede afectar en mayor manera su rendimiento, dependiendo de la rigidez que utilicen en sus cuerdas.

Con todo lo revisado anteriormente, surge la necesidad de estar monitoreando el índice de fatiga en tenistas, para así mejorar el índice de elasticidad, lo cual le permitirá al entrenador controlar las cargas del entrenamiento, y planificar de una manera adecuada

el entrenamiento, para que, de este modo, se pueda analizar la periodización del mismo, buscando así, la manera de buscar obtener un mayor rendimiento en el tenista y, por lo tanto, la obtención mejores resultados en las competencias fundamentales.

Conceptualización y descripción de variables

Fatiga

La fatiga, para Pedraz Petrozzi (2018) es una manifestación clínica relacionada con localizaciones del Sistema Nervioso Central, lo que provoca una disminución del rendimiento en el individuo en sus actividades, sea deportista o no. De igual manera, lo complementa con la definición de la Real Academia Española, que habla de la misma molestia provocada por un esfuerzo prolongado, ocasionando alteraciones físicas. En el alto rendimiento, la fatiga es normal en los atletas, esto debido a los entrenamientos que realizan y las competencias a altas intensidades, sin embargo, es algo que los dejan propensos a sufrir lesiones, lo cual afecta directamente a su desempeño en el deporte.

Al afectar el funcionamiento del Sistema Nervioso Central, específicamente en el funcionamiento cerebral, se puede manifestar en fallas voluntarias o involuntarias en las estructuras nerviosas que intervienen en la actividad física, ya que existe una reducción en la contracción voluntaria, afectando la contracción muscular (Moreno, 2017). De igual manera, menciona los dos tipos de fatiga que ocurren en el organismo, que son la fatiga central y la fatiga periférica. La fatiga central ocurre en el Sistema Nervioso Central, mientras que la fatiga periférica afecta directamente al Sistema Muscular, llegando directamente a provocar fallos en las contracciones musculares. Al afectar las contracciones musculares, en un deportista provoca que su desempeño físico se vea disminuido y, por lo tanto, su rendimiento deportivo también disminuya, debido a que provoca una disminución de fuerza en relación con el tiempo, ocasionando que pueda alterar cualquier resultado a disputar en una competencia.

Para complementar estos conceptos, en otro artículo revisado, desde el enfoque fisiológico, se define a la fatiga como un fallo funcional del organismo que se refleja en una disminución del rendimiento, originado por el excesivo gasto de energía, perdiendo así, la capacidad de generar fuerza, o una pérdida en la producción de potencia (Cárdenas et al., 2017). Esto se ve reflejado en el deporte, cuando por tiempos prolongados, un atleta

realiza gestos físicos o técnicos, o bien, realiza movimientos a alta intensidad, y conforme pasa la competencia, estos gestos y estos movimientos van perdiendo velocidad, potencia o efectividad, sea cual sea al deporte. En el atletismo, en pruebas de velocidad, se caracteriza por ser una prueba de corta duración, sin embargo, hay veces en que un atleta termina la prueba con menor velocidad a la que comenzó, esto se debe a la fatiga; de igual manera, en deportes intermitentes como el tenis o el fútbol, hay varias pausas durante los partidos, aun así, estos deportes se caracterizan por realizar varios gestos físicos y técnicos a alta intensidad, y en instancias finales se puede apreciar que hay atletas que fallan pases 'sencillos', o bien, una pelota en el tenis la dejan en la red por un mal golpeo, estas fallas técnicas también se deben a la fatiga.

La fatiga en el deporte no es algo que se entrene como tal, sino que es algo que debe resistirse, de tal modo que el atleta sepa llevar consigo esa fatiga y que no le afecte en su rendimiento deportivo durante las consecuencias, hablando de cuestiones técnicas y tácticas. En infinidad de deportes, se ha observado que a instancias finales de las competencias, todos los atletas están cansados, sin embargo, lo que marca la diferencia en la mayoría de ellas en el alto rendimiento o en la élite de cada deporte, es la capacidad de sobrellevar esa fatiga, de que ese cansancio acumulado no afecte en la toma de decisiones ni en los movimientos técnico-tácticos que se están por realizar, y esas pequeñas acciones o esos pequeños momentos, son los que marcan el 'éxito' de unos deportistas sobre otros.

Fatiga en el deporte

En el deporte de alto rendimiento, los atletas se esfuerzan por mejorar su rendimiento, con la finalidad de obtener mejores resultados en sus competencias fundamentales, y para lograr esto, se requiere de una carga en el entrenamiento deportivo, la cual se está modificando constantemente durante todo el ciclo de entrenamiento, acorde a la periodización realizada para las competencias. Dicha carga se modifica para incrementar o disminuir la fatiga, dependiendo de la fase de entrenamiento, esto para generar adaptaciones en el deportista y mejorar el rendimiento. Sin embargo, si no se controlan de manera adecuada estas cargas, se puede sobreentrenar al atleta, afectando su rendimiento o pudiendo provocar algún tipo de lesión, por ello, es importante monitorizar la fatiga, para así, observar si el atleta se está adaptando y si se puede seguir con la carga

previamente planificada, o bien, modificar la carga si es necesario para no perjudicar al atleta.

El monitorizar la fatiga en el atleta tiene sus razones a favor y en contra. Las razones a favor se centran en la parte ya mencionada anteriormente, sobre un mayor control en el rendimiento del atleta, y también, provoca que el atleta se sienta con un mayor papel en el proceso, que exista una mayor comunicación entre el atleta, el entrenador y los demás agentes que participan en el proceso, de este modo, el atleta siente una mayor confianza al proceso del entrenamiento. Por otro lado, existen razones en contra, siendo estos la falta de recursos, siendo estos los económicos, materiales, falta de tiempo o hasta de personal para realizar dichos controles y recolectar datos, así como la falta de conocimiento y de experiencia, ya que, si se realizan estas pruebas sin conocimientos previos y no se realizan de la manera correcta, puede salir contraproducente en el proceso del entrenamiento.

La fatiga se puede monitorizar en dos formas, la carga interna y la carga externa. De acuerdo con Halson (2014), la carga externa se mide por el trabajo realizado por el atleta, independientemente de las características internas; mientras que, la carga interna, mide el estrés fisiológico. La mayoría de las veces, solamente se usa la carga externa para medir la fatiga, sin embargo, la combinación de ambas podría arrojar datos más importantes para la monitorización de esta.

Siguiendo lo que menciona Halson, para medir la carga externa existen varios métodos. Uno de ellos es, mediante la tecnología, analizar datos del entrenamiento que incluyan potencias promedio, velocidad y aceleraciones. Una herramienta tecnológica que puede obtener estos datos es un encoder lineal, y así obtener velocidades de ejecución, o bien, potencia generada ante determinada carga. Otro método que mide la función neuromuscular es una prueba de salto, evaluando variables como pueden ser la potencia media generada, velocidad máxima, tiempo de contacto, y la más utilizada, la altura de salto. Esta prueba es muy utilizada y viable, esto debido a lo simple que es, tanto para los entrenadores, como para el atleta.

Ahora bien, para monitorizar la carga interna existen varios métodos, pero los más utilizados son la tasa de percepción del esfuerzo y la frecuencia cardíaca. La tasa de

percepción del esfuerzo (RPE) se basa en cómo el atleta percibió el esfuerzo y la intensidad del entrenamiento, mientras que, la frecuencia cardíaca, al relacionarse directamente con el consumo de oxígeno y la intensidad del entrenamiento, se vuelve un método viable para medir la carga interna en el deportista.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca

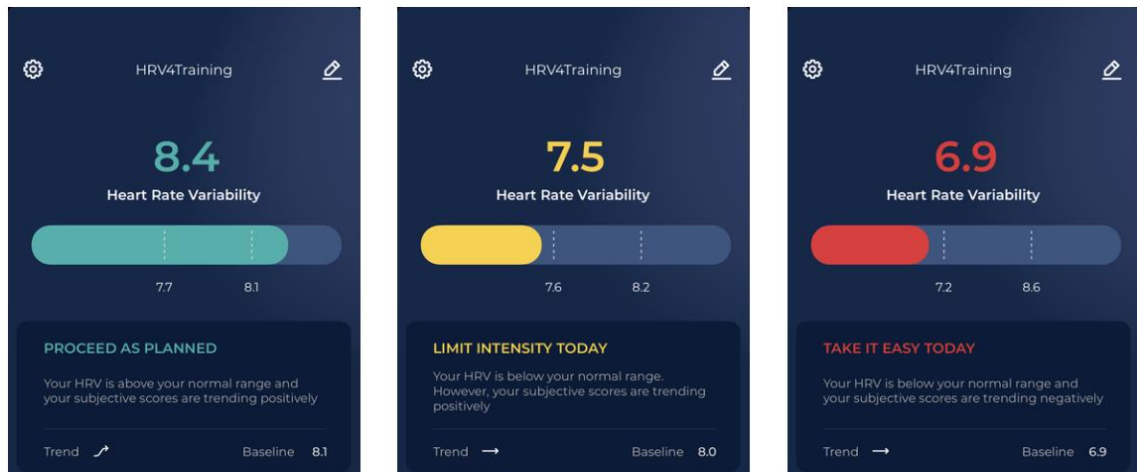
La variabilidad de la frecuencia cardíaca se puede definir como la variación de tiempo que transcurre entre las distintas ondas RR que se originan en cada latido cardíaco durante un período de tiempo determinado (Task Force, 1996). Es un método no invasivo para evaluar la respuesta del sistema nervioso autónomo sobre el sistema cardiovascular en la cual se checa la variación de tiempo entre latido y latido; evalúa la capacidad de recuperación del sistema cardiovascular como respuesta al ejercicio físico. El análisis de los índices de la variabilidad de la frecuencia cardíaca refleja la respuesta autonómica cardiovascular a las diferentes cargas de entrenamiento (Porras-Álvarez & Bernal-Calderón, 2019). Dicho valor se puede obtener mediante bandas con sensores que analicen la actividad cardíaca, las cuales pueden ser interpretadas mediante aplicaciones como Kubios HRV y otras aplicaciones validadas, incluso por una aplicación de smartphone llamada HRV4Training, la cual obtiene estos datos con solo colocar el dedo en la cámara del dispositivo durante un tiempo determinado, que va desde 1-5 minutos.

Uno de los índices asociados con actividad parasimpática en el método de dominio tiempo son el valor de RMSSD, el cual se refiere a, según Porras Álvarez y Bernal Calderón (2019), la raíz cuadrada del valor medio de las sumas de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR y que, mientras mayor sea el valor, existe una mayor presencia de la actividad parasimpática. La aplicación HRV4Training reporta la VFC como una transformación logarítmica de la RMSSD que, combinado con datos subjetivos y de entrenamiento, brinda información y asesoramiento de manera diaria para interpretar las tendencias fisiológicas actuales y a largo plazo del atleta. Los datos se pueden obtener sincronizando un pulsómetro o sensor de frecuencia cardíaca, o bien, mediante la cámara y linterna del mismo dispositivo móvil. La aplicación marca 3 colores: si el valor se muestra en color azul significa que los valores están normales y que puede seguir con el entrenamiento planeado; si el valor aparece en color amarillo sugiere que se limite

ligeramente la intensidad del entrenamiento; y si arroja el valor en color rojo se recomienda bajar en gran medida la intensidad de la sesión de entrenamiento.

Figura 1

Rangos de valores de la VFC por la aplicación HRV4Training.



Nota. Imagen recuperada de *HRV4Training* (s.f.).
<https://www.hrv4training.com/quickstart-guide.html>

En una investigación realizada por Altini y Amft (2016) demostraron que la aplicación HRV4Training puede monitorear el entrenamiento, ya que, al realizar un análisis de datos de 797 usuarios en un periodo de 3 semanas a 5 meses, observaron que hay una fuerte relación entre la frecuencia cardiaca, la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la carga de entrenamiento auto informada por el atleta, sea cual sea su género y su edad. Con esto, se confirma que el utilizar esta aplicación móvil es factible para controlar el entrenamiento deportivo en los atletas y el entorno deportivo.

Cuando un atleta inicia una actividad deportiva, su organismo presenta un aumento en su temperatura corporal y su sistema nervioso autónomo tiene la función de controlar y regular los latidos del corazón, la respiración y el sudor; los órganos del cuerpo son controlados por el sistema nervioso simpático y el parasimpático y, en algunas ocasiones, tienen efectos opuestos en el mismo órgano. El sistema simpático aumenta la presión arterial, mientras que el parasimpático la disminuye, trabajan juntos para garantizar que el cuerpo responda adecuadamente a las diferentes situaciones (Guerri, 2025).

Durante el inicio de un ejercicio dinámico el aumento de la frecuencia cardiaca es debido a una retirada de la actividad parasimpática, y conforme aumenta la duración y/o intensidad del ejercicio, el aumento de la FC se debe a una retirada gradual de la actividad vagal en conjunto con aumento en la actividad simpática (Cerdeira y Henriquez-Olguín, 2014).

La evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca permite determinar la adaptación o inadaptación a las cargas de entrenamiento, y de este modo, planificar el volumen y la intensidad adecuada de la carga de entrenamiento, monitorear el rendimiento a lo largo de los distintos periodos de entrenamiento, detectar estados de sobrecarga en el atleta y monitorear el estado de forma deportiva durante las competencias que se desempeñen en todos los deportes.

Tasa de percepción del esfuerzo (RPE)

La tasa del esfuerzo percibido se refiere a detectar e interpretar las sensaciones que provienen del cuerpo del atleta durante el ejercicio y, de este modo, medir la intensidad con la que se percibe la actividad física realizada (Castellanos-Fajardo y Pulido-Rull, 2009). Ante la necesidad de percibir el esfuerzo del atleta, y el precio tan alto que tenían los dispositivos para medir la fatiga de forma objetiva en ese tiempo, en los setenta, Borg diseñó una escala subjetiva para medir la fatiga en los deportistas, para así tener un parámetro de la carga del entrenamiento deportivo. Originalmente se creó este método en una escala de 6-20, sin embargo, años después se modificó para que esta escala se encontrara de 0-10, siendo 0 el estado en reposo, y 10 el máximo, y esta modificación se le llama Escala de Borg (CR-10).

En un estudio realizado por Jiménez et al. (2019) buscaron obtener la relación entre los datos obtenidos con CR-10, la frecuencia cardiaca (FC) y el consumo de oxígeno en cuanto a la acumulación de lactato en sangre. Después de evaluar a 91 atletas, llegaron a la conclusión de que CR-10 es útil para predecir la acumulación del lactato en sangre, ya que los valores obtenidos mostraron mucha similitud con la FC y el consumo de oxígeno. Como conclusión de este estudio, se puede afirmar que CR-10 es funcional para medir la fatiga en los deportistas de manera subjetiva.

Figura 2

Escala de Borg modificada (CR-10).

Nivel indicador	Valor	Denominación	% contracción voluntaria máxima
	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	
	1	Muy débil	10%
	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
	6	Fuerte +	60%
	7	Muy fuerte	70%
	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
	10	Máximo	100%

Nota. Adaptado de *Escala de Borg (CR-10) para la percepción de esfuerzo*, por Benítez, J. C., 2022, LinkedIn (<https://es.linkedin.com/pulse/escala-de-borg-cr-10-para-la-percepci%C3%B3n-esfuerzo-ben%C3%ADtez-dom%C3%ADnguez>).

El uso de la RPE se basa en la idea que el propio atleta pueda valorar de una manera autocrítica el estrés fisiológico y psicológico que ha provocado en él algún ejercicio en específico o toda la sesión de entrenamiento en general. Este método que se basa en el esfuerzo percibido se ha propuesto como un método simple, no invasivo y sobre todo económico para monitorizar la carga de entrenamiento y, por lo tanto, la fatiga en el atleta (Al Haddad et al., 2017).

Velocidad de ejecución

La velocidad está relacionada con la fuerza ya que la velocidad alcanzada al desplazar una carga es consecuencia de la fuerza aplicada, por lo tanto, la única forma de desarrollar más velocidad ante una determinada carga es aplicar más fuerza ante dicha carga (Pareja-Blanco et al., 2016). Hay una variedad de dispositivos tecnológicos que pueden obtener la velocidad de ejecución de algún ejercicio, como son encoders, acelerómetros, o incluso en la actualidad hay aplicaciones que obtienen estos datos. De este modo, se obtiene la Velocidad Media Propulsiva (VMP) la cual nos indica a qué intensidad un atleta está

realizando un ejercicio, por ello, la velocidad de ejecución se puede utilizar como control de la fatiga, ya que la pérdida de velocidad es un indicador de pérdida de fuerza, por lo que, mientras más velocidad se pierda en la ejecución de un ejercicio con carga, mayor será el grado de fatiga que tenga el deportista.

En la actualidad, el entrenamiento de fuerza en el alto rendimiento se está prescribiendo mediante la velocidad de ejecución, el cual consiste en aplicar la mayor fuerza posible ante cualquier carga, intentando realizar el movimiento con la mayor velocidad posible, lo que lo convierte en una metodología objetiva para conocer lo que ocurre en el cuerpo del atleta mientras está levantando pesas, sin importar el programa de entrenamiento, la rutina o la planificación que se esté llevando a cabo (De Arrilucea, 2024).

Debido a que el entrenamiento basado en la velocidad de ejecución en la actualidad es uno de los métodos más utilizados, existen muchos instrumentos tecnológicos para evaluar, y uno de ellos es el encoder lineal ADR, uno de los más económicos en el mercado. Para la validación de esta herramienta, Pérez-Castilla et al. (2021) midieron la velocidad de ejecución de press banca en una máquina Smith con 28 hombres entrenados en resistencia, realizando 3 repeticiones con el 40%, 60% y el 80% de su 1RM, comparando los resultados con un encoder lineal de sistema T-force, obteniendo que ambos dispositivos muestran valores similares, colocando al encoder lineal ADR como un dispositivo de bajo costo, con alta confiabilidad y validez científica.

Cuando un atleta está fatigado, esto debido a un estímulo de entrenamiento o de competencia, según Enoka y Stuart (1992) ocurre una disminución inevitable de la fuerza aplicada, por lo que, ante una misma carga, será imposible mantener la velocidad de ejecución al ir perdiendo la capacidad de aplicar la misma fuerza. De igual manera, González Badillo et al. (2017), mencionan que la pérdida de velocidad es una manera de expresar la fatiga ante una carga, por lo tanto, se puede medir la velocidad de ejecución y obtener la repetición más rápida en un ejercicio de fuerza, aplicar una carga y volver a medir, para así obtener el grado de fatiga que tiene el deportista. Esto se convierte en un método para monitorear la fatiga en el atleta, reducir el riesgo de lesionar y maximizar el estado de rendimiento deportivo para próximas competencias.

Test de Bosco

Este test o, mejor dicho, esta batería de saltos verticales tiene por objeto valorar las características funcionales, como la altura y potencia de salto, y neuromusculares, como el aprovechamiento de la energía elástica, de la musculatura extensora de los miembros inferiores a partir de las alturas obtenidas en distintos tipos de saltos verticales y de la potencia mecánica de algunos de ellos (Bosco, 1994).

La prueba o el test de Bosco presenta un protocolo de diferentes tipos de salto vertical máximo, y cada una de estas modalidades tiene una función en específico, sin embargo, en este trabajo solo se revisarán dos tipos de salto.

El squat jump (SJ) es un salto que se realiza con ambos miembros inferiores a la vez, se flexionan las rodillas formando un ángulo de 90° , manteniéndose así durante un breve periodo de tiempo y, posterior a ello, ascender lo más rápido posible y saltar lo más alto que el atleta pueda. En este salto evalúa la fuerza explosiva sin utilizar la energía elástica del músculo.

El salto en contra movimiento (CMJ) es otro tipo de salto en el que, partiendo en una posición de extensión de rodillas en bipedestación, se realiza un movimiento rápido de flexo-extensión de rodillas hasta un ángulo de 90° para que, inmediatamente, realizar el salto vertical máximo. En este salto también se evalúa la fuerza explosiva, pero, a diferencia del SJ, aquí sí se aprovecha la energía elástica del músculo.

Uno de los instrumentos para evaluar el salto es la plataforma con sistema Just Jump, la cual utiliza una ecuación para calcular la altura de salto por medio del tiempo de vuelo, esto mediante micro interruptores colocados en el tapete que detectan el tiempo entre despegue y aterrizaje del atleta (Caruso et al., 2011).

Mediante la realización de este test, y obteniendo la altura del salto en cada uno de ellos, se puede medir la fatiga en tren inferior de los atletas ya que, al ser un movimiento donde se genera potencia y fuerza máxima, al tener un alto grado de fatiga, habrá una disminución en estos valores, por lo que la altura de salto también se verá afectada y, de igual manera, se puede medir el rendimiento del atleta mediante el seguimiento de estos valores posterior al trabajo de fuerza en el plan de entrenamiento.

Índice de elasticidad

Relaciona el salto vertical con contra movimiento (CMJ) y sin contra movimiento (SJ), cuantificando el porcentaje de energía elástica que contribuye durante el salto (Bosco, 1994). Cuando se estira el músculo previamente se está transformando la energía desarrollada en la fase excéntrica muscular en energía cinética. En el trabajo excéntrico, la fuerza aumenta hasta un cierto punto paralelamente a la velocidad de estiramiento. El músculo resiste el estiramiento, oponiendo una fuerza mayor a la que se produce en la contracción concéntrica (González et al., 2010).

$$\text{Índice de elasticidad (\%)}: (\text{CMJ-SJ}) * 100 / \text{SJ}$$

Mediante esta fórmula se puede obtener el porcentaje del índice de elasticidad que, mientras mayor sea, obtenemos que la fuerza elástica que tiene el atleta es mayor, ya que se tendría y mayor valor de CMJ en relación con el SJ, donde se aprovecha la energía elástica del movimiento.

La energía elástica la definen González y Gorostiaga (2002) como la capacidad para utilizar la energía almacenada durante la fase excéntrica en la fase concéntrica del movimiento durante el salto, y con ello, que para tener un índice de elasticidad alto se debe de manejar entre el 6 - 9%, si se encuentra por debajo de este valor, significa que refleja un mal aprovechamiento de la energía elástica durante el movimiento.

Metodología

Diseño

Estudio cuantitativo y cuasiexperimental, con mediciones repetidas durante ocho semanas consecutivas, ya que realizará una recopilación de datos determinados en una pequeña población predefinida y se realizará una intervención mediante un macrociclo de entrenamiento. En un momento determinado, siendo este el periodo competitivo, el objetivo es comparar el nivel de fatiga de los atletas durante microciclos de carga y mantenimiento, esto a través de variables fisiológicas y de rendimiento.

Población

Tenistas juveniles de nivel competitivo pertenecientes a la Academia de Alto Rendimiento del Centro de Alto Rendimiento del estado de Nuevo León.

Muestra

La muestra son 7 tenistas varoniles entre 14 y 18 años que pertenezcan a la Academia de Alto Rendimiento del Centro de Alto Rendimiento del estado de Nuevo León y que sean participantes activos en torneos juveniles.

Criterios de inclusión

- Pertenecer a la Academia de Alto Rendimiento del Centro de Alto Rendimiento del estado de Nuevo León.
- Que sean participantes activos en torneos nacionales o ITF.
- Asistir a todas las sesiones de entrenamiento.
- Asistir a todas las evaluaciones, a pesar de tener torneo.

Criterios de exclusión

- No pertenecer a la Academia de Alto Rendimiento del Centro de Alto Rendimiento del estado de Nuevo León.
- No tener entre 14 y 18 años.
- Que presenten una lesión que les impida realizar las sesiones de entrenamiento.
- No firmar el consentimiento informado.

Criterios de eliminación

- Dejar de pertenecer a la Academia de Alto Rendimiento del Estado de Nuevo León.

Consideraciones éticas

- Carta de consentimiento informado firmada por el atleta y los tutores responsables del mismo, basada en los principios de la Declaración de Helsinki en la Asamblea Médica Mundial (Anexo 1).

Instrumentos y materiales

- HRV4Training (Aplicación de celular)
- Plataforma de salto con sistema Just Jump
- Encoder lineal ADR
- Escala de Borg modificada (CR-10)

Procedimiento

En la Academia de Alto Rendimiento, ubicada en el Centro Tenístico del Centro de Alto Rendimiento del Estado de Nuevo León, se realizarán controles de fatiga y de rendimiento a los tenistas juveniles en todas las sesiones de entrenamiento durante el periodo competitivo. Se realizó un macrociclo de entrenamiento de agosto 2024 – marzo 2025, siendo desde agosto a octubre el periodo preparatorio general, de noviembre a diciembre el periodo preparatorio específico y de enero a marzo el periodo competitivo. Se realizará de este modo para valorar el efecto residual del entrenamiento reflejado en el periodo competitivo y, de este modo, controlar la fatiga y evaluar el rendimiento de los tenistas juveniles previo y durante competencia.

Se obtendrá la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante la aplicación de celular HRV4Training durante todos los días, misma que se realizarán los atletas todas las mañanas al despertarse y antes de levantarse a empezar su rutina diaria, la cual consiste en colocar la punta de su dedo índice en la cámara y flash del teléfono; también, se obtendrá la altura de salto en CMJ y SJ en todas las sesiones de entrenamiento posterior al calentamiento mediante la plataforma de salto con sistema Just Jump, esto para evaluar la potencia en tren inferior y, con estos mismos datos, obtener el índice de elasticidad de los atletas para observar en qué medida aprovechan esa energía elástica reflejada en el salto, dato que con el paso del tiempo y ya teniendo valores de referencia, también podría indicar fatiga al tener un menor porcentaje; por último, se obtendrá de manera semanal, la velocidad de ejecución de la fase concéntrica en press banca con una carga estandarizada

(20 kg) mediante un encoder lineal ADR, esto para evaluar la potencia en miembros superiores. Con los datos obtenidos, se hará una correlación entre todas las variables, y así ver cómo se comportaron dichos valores en los distintos microciclos de carga y mantenimiento para su posterior análisis.

Análisis estadístico

- Microsoft Excel

Se utilizarán pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), pruebas paramétricas (t de student) y pruebas no paramétricas (Wilcoxon) según corresponda. Se determinará, según los datos obtenidos de las pruebas, si hubo una diferencia significativa de los valores en los microciclos de carga en comparación con los microciclos de mantenimiento en todas las variables, con el objetivo de determinar el índice de fatiga en los distintos tipos de microciclo. Nivel de significancia: $p \leq 0.05$.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados derivados del análisis estadístico aplicado a los datos que se obtuvieron durante ocho semanas continuas de evaluación en seis tenistas juveniles de nivel competitivo, siendo cuatro microciclos de mantenimiento y cuatro microciclos de carga. El objetivo principal del análisis fue comparar los efectos de los microciclos de carga y mantenimiento sobre las variables fisiológicas (VFC, RPE) y neuromusculares (CMJ, SJ, índice de elasticidad y velocidad de ejecución en press banca) para determinar si el índice de fatiga y elasticidad de los atletas es significativo en cada tipo de microciclo.

Para ello, se utilizó un enfoque cuantitativo, analizando los datos por cada variable y atleta. Las pruebas estadísticas se basaron en los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, en los casos donde ambas condiciones (carga y mantenimiento) presentaron distribución normal se aplicó la prueba t de student, sin embargo, si una de las condiciones no presentaba una distribución normal de los datos ($p \leq 0.05$), se optó por la prueba de Wilcoxon.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada atleta y cada variable, se incluyen los promedios por tipo de microciclo, diferencia entre condiciones, tipo de prueba aplicada, el valor p que le corresponde y si el resultado tuvo significancia estadística.

Tabla 1

Comparación de resultados entre microciclos de carga y mantenimiento del Atleta 1.

Atleta	Variable	Promedio Mantenimiento	Promedio Carga	Diferencia (Carga – Mantenimiento)	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
1	VFC	7.74	7.61	-0.13	Wilcoxon	0.3405	No significativa
	RPE	7.71	7.05	-0.67	Wilcoxon	0.0254	Diferencia significativa
	CMJ (cm)	23.35	23.17	-0.19	Wilcoxon	0.4212	No significativa
	SJ (cm)	22.84	22.87	0.03	t de student	0.9111	No significativa
	IE (%)	2.33	1.32	-1.0	Wilcoxon	0.2524	No significativa
	VMPPB (m/s)	0.96	1.03	0.07	Wilcoxon	0.25	No significativa

Nota. VFC (variabilidad de la frecuencia cardiaca), RPE (percepción subjetiva del esfuerzo), CMJ (salto con contramovimiento), SJ (salto sin contramovimiento), IE (índice de elasticidad) y VMPPB (velocidad media propulsiva en press banca).

El atleta 1 no mostró cambios significativos entre los microciclos de carga y mantenimiento en variables de rendimiento, sin embargo, en la variable fisiológica de RPE sí se encontró una disminución significativa.

Tabla 2

Comparación de resultados entre microciclos de carga y mantenimiento del Atleta 2.

Atleta	Variable	Promedio Mantenimiento	Promedio Carga	Diferencia (Carga – Mantenimiento)	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
2	VFC	7.81	7.32	-0.49	Wilcoxon	0.0222	Diferencia significativa
	RPE	7.68	6.37	-1.32	Wilcoxon	0.0137	Diferencia significativa
	CMJ (cm)	25.55	25.31	-0.25	Wilcoxon	0.4077	No significativa
	SJ (cm)	24.46	24.45	-0.01	t de student	0.9629	No significativa
	IE (%)	4.51	3.54	-0.97	Wilcoxon	0.5171	No significativa
	VMPPB (m/s)	0.82	0.83	0.02	Wilcoxon	1.0	No significativa

Nota. VFC (variabilidad de la frecuencia cardiaca), RPE (percepción subjetiva del esfuerzo), CMJ (salto con contramovimiento), SJ (salto sin contramovimiento), IE (índice de elasticidad) y VMPPB (velocidad media propulsiva en press banca).

El atleta 2 mostró diferencias significativas en ambas variables fisiológicas (VFC, RPE) con disminuciones en microciclos de carga. En las variables de rendimiento no se observaron diferencias significativas.

Tabla 3

Comparación de resultados entre microciclos de carga y mantenimiento del Atleta 3.

Atleta	Variable	Promedio Mantenimiento	Promedio Carga	Diferencia (Carga – Mantenimiento)	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
3	VFC	8.08	8.45	0.38	Wilcoxon	0.0361	No significativa
	RPE	7.71	7.71	0.0	Wilcoxon	0.7397	No significativa
	CMJ (cm)	18.69	18.62	-0.07	Wilcoxon	0.49	No significativa

	SJ (cm)	17.55	17.65	0.09	t de student	0.715	No significativa
	IE (%)	6.53	5.54	-0.99	Wilcoxon	0.4653	No significativa
	VMPPB (m/s)	0.61	0.59	-0.02	Wilcoxon	0.875	No significativa

Nota. VFC (variabilidad de la frecuencia cardiaca), RPE (percepción subjetiva del esfuerzo), CMJ (salto con contramovimiento), SJ (salto sin contramovimiento), IE (índice de elasticidad) y VMPPB (velocidad media propulsiva en press banca).

El atleta 3 no mostró diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas en microciclos de carga y mantenimiento. Aunque se observó un ligero aumento en la VFC y variaciones en algunas otras variables, ninguna fue suficiente para considerarse significativa.

Tabla 4

Comparación de resultados entre microciclos de carga y mantenimiento del Atleta 4.

Atleta	Variable	Promedio Mantenimiento	Promedio Carga	Diferencia (Carga – Mantenimiento)	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
4	VFC	8.87	8.6	-0.27	Wilcoxon	0.2878	No significativa
	RPE	7.79	7.64	-0.14	Wilcoxon	0.5637	No significativa
	CMJ (cm)	24.56	25.47	0.91	Wilcoxon	0.0166	Diferencia significativa
	SJ (cm)	23.98	24.54	0.56	t de student	0.1178	No significativa
	IE (%)	2.44	3.85	1.41	Wilcoxon	0.1937	No significativa
	VMPPB (m/s)	1.06	1.04	-0.01	Wilcoxon	0.875	No significativa

Nota. VFC (variabilidad de la frecuencia cardiaca), RPE (percepción subjetiva del esfuerzo), CMJ (salto con contramovimiento), SJ (salto sin contramovimiento), IE (índice de elasticidad) y VMPPB (velocidad media propulsiva en press banca).

El atleta 4 mostró una mejora significativa en CMJ en microciclos de carga mientras que, en las demás variables analizadas, no se observaron diferencias significativas.

Tabla 5

Comparación de resultados entre microciclos de carga y mantenimiento del Atleta 5.

Atleta	Variable	Promedio Mantenimiento	Promedio Carga	Diferencia (Carga – Mantenimiento)	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
5	VFC	8.07	7.84	-0.23	Wilcoxon	0.231	No significativa
	RPE	7.38	7.06	-0.31	Wilcoxon	0.5056	No significativa
	CMJ (cm)	20.61	20.65	0.04	Wilcoxon	0.8885	No significativa
	SJ (cm)	19.86	19.58	-0.29	t de student	0.2939	No significativa
	IE (%)	3.8	5.51	1.71	Wilcoxon	0.104	No significativa
	VMPPB (m/s)	0.84	0.9	0.06	Wilcoxon	0.125	No significativa

Nota. VFC (variabilidad de la frecuencia cardiaca), RPE (percepción subjetiva del esfuerzo), CMJ (salto con contramovimiento), SJ (salto sin contramovimiento), IE (índice de elasticidad) y VMPPB (velocidad media propulsiva en press banca).

El atleta 5 no mostró diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas, aunque se observa un ligero aumento en el IE y VMPPB, no fueron suficientes para alcanzar significancia.

Tabla 6

Comparación de resultados entre microciclos de carga y mantenimiento del Atleta 6.

Atleta	Variable	Promedio Mantenimiento	Promedio Carga	Diferencia (Carga – Mantenimiento)	Prueba Estadística	Valor p	Conclusión
6	VFC	9.83	9.88	0.05	Wilcoxon	0.6937	No significativa
	RPE	6.3	5.8	-0.5	Wilcoxon	0.1919	No significativa
	CMJ (cm)	21.86	22.01	0.14	Wilcoxon	0.3942	No significativa
	SJ (cm)	21.31	21.35	0.04	t de student	0.8683	No significativa
	IE (%)	2.61	3.11	0.5	Wilcoxon	0.5695	No significativa
	VMPPB (m/s)	1.09	1.12	0.04	Wilcoxon	0.25	No significativa

Nota. VFC (variabilidad de la frecuencia cardiaca), RPE (percepción subjetiva del esfuerzo), CMJ (salto con contramovimiento), SJ (salto sin contramovimiento), IE (índice de elasticidad) y VMPPB (velocidad media propulsiva en press banca).

El atleta 6 no mostró diferencias significativas en variables fisiológicas ni de rendimiento, se observan variaciones mínimas en todas las variables en microciclos de carga y de mantenimiento.

En los resultados que se obtuvieron de los atletas en respuesta a los microciclos de carga y de mantenimiento, se observa que las principales diferencias significativas se encuentran en las variables fisiológicas, como son la percepción subjetiva del esfuerzo mediante la RPE y la VFC, la cuales mostraron diferencias significativas entre cada tipo de microciclo en el 33.3% de los atletas evaluados.

Por otro lado, las evaluaciones de rendimiento neuromuscular, como lo son el CMJ, SJ, índice de elasticidad y la velocidad de ejecución en press banca, no mostraron diferencias significativas entre cada tipo de microciclo, el índice de elasticidad se vio reducido en microciclos de carga, pero no al grado de concluir que fue significativo el cambio.

Discusión

El estudio analizó la respuesta de tenistas juveniles de nivel competitivo ante diferentes microciclos de entrenamiento (carga y mantenimiento) durante el periodo competitivo del macrociclo, esto como efecto residual del entrenamiento de los periodos general y específico. Los resultados obtenidos indican que las variables de la carga interna, siendo estas la percepción subjetiva del esfuerzo y la variabilidad de la frecuencia cardiaca, presentaron mayores cambios significativos entre los distintos tipos de microciclo, a diferencia de las variables de rendimiento neuromuscular. Las variables de carga interna mostraron diferencias significativas en el 33.3% de los atletas, por otro lado, las variables de rendimiento neuromuscular no mostraron más de un caso con diferencia significativa.

Los resultados obtenidos concuerdan con varios estudios donde resaltan que la carga interna en el deportista tiene una mayor sensibilidad a los cambios de volumen e intensidad de entrenamiento (Halsen, 2014; Cerda & Henríquez-Olgún, 2014), donde expresan que herramientas como el RPE funcionan para detectar posibles alteraciones en el estado del atleta antes de que se vean reflejadas en el rendimiento, de igual manera, la VFC resulta un método confiable para indicar el estrés fisiológico, detectando alteraciones en el Sistema Nervioso Autónomo ante elevaciones en las cargas del entrenamiento.

Por otro lado, algunas investigaciones sobre la fatiga neuromuscular (Enoka & Stuart, 1992; González-Badillo et al., 2017) expresan que la pérdida de fuerza es inevitable por condiciones de sobrecarga acumulada o falta de tiempo de recuperación. En este estudio, se observó un mantenimiento de los valores en salto vertical y en velocidad de ejecución en press banca tanto en microciclos de carga como de mantenimiento, esto podría deberse al periodo de entrenamiento que se evaluó ya que, al ser el periodo competitivo, el atleta logra adaptarse de mejor manera a las cargas del entrenamiento a comparación de los periodos general y específico.

Los resultados de este estudio muestran la importancia de realizar un monitoreo o implementar un sistema de control de fatiga a los atletas que incluya indicadores fisiológicos y de rendimiento. Aunque no se observaron disminuciones significativas en los indicadores de rendimiento, los cambios detectados en los indicadores fisiológicos

podrían anticipar estados de fatiga, y de este modo que le permita al entrenador ajustar la carga del entrenamiento como una forma preventiva.

Futuras investigaciones deberían considerar un mayor número de atletas en la muestra, además se recomienda realizar un análisis durante todo el macrociclo de entrenamiento, esto para observar la adaptación del deportista y el comportamiento de los valores en los distintos periodos del entrenamiento, y así poder comparar también los resultados con microciclos de carga, mantenimiento y descarga.

Conclusión

El presente estudio tuvo como objetivo interpretar el índice de fatiga y elasticidad en tenistas juveniles de nivel competitivo a partir de variables fisiológicas y de rendimiento, esto mediante el comportamiento o la variación de dichos valores en microciclos de carga y mantenimiento. A partir del análisis realizado en atletas evaluados a lo largo de ocho semanas durante el periodo competitivo, se llegó a la conclusión de que las variables asociadas a la carga interna, como son la percepción subjetiva del esfuerzo y la variabilidad de la frecuencia cardiaca presentaron una mayor sensibilidad a los cambios de la carga de entrenamiento, esto en comparación con las variables de rendimiento.

Por otro lado, variables como la velocidad de ejecución en press banca, CMJ, SJ e índice de elasticidad, se mantuvieron estables en la mayoría de los casos durante las ocho semanas de evaluación, sin encontrar diferencias significativas entre los distintos tipos de microciclo. Esto sugiere una mayor tolerancia neuromuscular de los atletas ya que, al encontrarse en el periodo competitivo, se tiene una mayor adaptación a las cargas del entrenamiento.

Con los resultados obtenidos, se cumple la hipótesis propuesta, ya que el índice de fatiga y elasticidad ayudan a regular las cargas del entrenamiento para la mejora del rendimiento deportivo de los tenistas juveniles en competencia, de igual manera, destaca la relevancia de monitorear la fatiga a los atletas mediante un programa que incluya indicadores fisiológicos y de rendimiento, con la finalidad de anticipar estados de fatiga o de sobrecarga mediante la carga interna para que no afecte al rendimiento, y con ello, se logre optimizar el entrenamiento deportivo en tenistas juveniles de nivel competitivo.

Referencias

- Acuña, R. C., Narváez, V. P. D., & Soler, C. M. (2013). Entrenamiento pliométrico sobre el índice elástico en niños no deportistas. *Educacion Fisica Y Deporte*, 32(1), 1188–1196. <https://doi.org/10.17533/udea.efyd.16497>
- Al Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., y Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 612
- Altini, M., & Amft, O. (2016). HRV4Training: Large-scale longitudinal training load analysis in unconstrained free-living settings using a smartphone application. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/embc.2016.7591265>
- Asociación de Tenistas Profesionales [ATP]. (2023). *ATP Tour*. ATP Tour. <https://www.atptour.com/es/news/tennis-explained-atp-tour#:~:text=Hay%20cuatro%20niveles%20de%20torneos,otorgan%202.000%20puntos%20al%20ganador.>
- Behm, D; St. Pierre, D. (1998). The effects of strength training and disuse on the mechanisms of fatigue. *Sports Med*; 25(3):173-189. <https://doi.org/10.2165/00007256-199825030-00004>
- Benítez, J. C. (2022). *Escala de Borg (CR-10) para la percepción de esfuerzo*. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/escala-de-borg-cr-10-para-la-percepcci%C3%B3n-esfuerzo-ben%C3%ADtez-dom%C3%ADnguez>
- Bilić, Z., Sinković, F., Barbaros, P., Novak, D., & Zemková, E. (2023). Exercise-Induced fatigue impairs change of direction performance and serve precision among young male tennis players. *Sports*, 11(6), 111. <https://doi.org/10.3390/sports11060111>
- Bosco, C. (1994). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=149322>
- Cárdenas, D., Conde-González, J., & Perales, J. C. (2017). La fatiga como estado motivacional subjetivo. *Revista Andaluza De Medicina Del Deporte*, 10(1), 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.04.001>

- Caruso, J. F., Daily, J. S., Olson, N. M., Shepherd, C. M., McLagan, J. R., Drummond, J. L., ... & West, J. O. (2011). Reproducibility of vertical jump data from an instrumented platform. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(2), 97-105.
- Castellanos Fajardo, R., & Pulido Rull, M. A. (2009). Validez y confiabilidad de la escala de esfuerzo percibido de Borg. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 14(1), 169-177.
- Cerda, H., & Henríquez-Olguín, C. (2014). Variabilidad del ritmo cardiaco y ejercicio físico. *Dialnet*, 5(2), 122–140.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8019562>
- Collings, T. J., Lima, Y. L., Dutailis, B., & Bourne, M. N. (2024). Concurrent validity and test–retest reliability of VALD ForceDecks Strength, Balance, and movement assessment tests. *Journal Of Science And Medicine In Sport*.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.04.014>
- Davey, P.R., Thorpe, R.D. y Williams, C. (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *Journal of Sports Sciences*, 20, 311-318
- De Arrilucea, U. P. (2024). *Entrenamiento basado en la velocidad – guía definitiva*. Vitruve | Velocity-Based Training. <https://vitruve.fit/es/blog/entrenamiento-basado-en-la-velocidad-guia-definitiva/>
- Díaz, H., & Pablo, E. (2007). Flexibilidad: Evidencia Científica y Metodología del Entrenamiento. *PubliCE Standard*. <https://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/flexibilidad-evidencia-cientifica-y-metodologia-del-entrenamiento-789>
- Domínguez, G. (2010). *Lesiones musculoesqueléticas más frecuentes en la práctica del tenis*. <https://www.efdeportes.com/efd144/lesiones-musculo-esqueleticas-en-tenis.htm>
- Eichenholz, A. (2023). *Así funciona el ATP Tour | ATP Tour | Tennis*. ATP Tour. <https://www.atptour.com/es/news/tennis-explained-atp->

tour#:~:text=Hay%20cuatro%20niveles%20de%20torneos,otorgan%202.000%20puntos%20al%20ganador.

- Fabre, J. B., Martin, V., Borelli, G., Theurel, J., & Grélot, L. (2014). Effects of string stiffness on muscle fatigue after a simulated tennis match. *Journal of applied biomechanics*, 30(3), 401–406. <https://doi.org/10.1123/jab.2013-0065>
- Fernandez-Fernandez, J., Moya-Ramon, M., Santos-Rosa, F. J., Gantois, P., Nakamura, F. Y., Sanz-Rivas, D., & Granacher, U. (2020). Within-Session Sequence of the Tennis Serve Training in Youth Elite Players. *International journal of environmental research and public health*, 18(1), 244. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010244>
- Galiano, D. (1998). *Urgencias en el tenis*. Rev. Archivos de medicina del deporte. Volumen XV. Nº 6. Pags. 337-341.
- Gescheit, D. T., Cormack, S. J., Reid, M., & Duffield, R. (2015). Consecutive days of prolonged tennis match play: performance, physical, and perceptual responses in trained players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(7), 913–920. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0329>
- Girard, O. (2014). La Fatiga Neuromuscular en el Tenis: ¿La Mente Sobre los Músculos? *ITF Coaching & Sport Science Review/Coaching & Sport Science Review*, 22(63), 10–13. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v22i63.499>
- González, J., Caraballo, I., Gómez, R., Fernández, J. & Román Bazán, M. (2010). Propuesta para calcular el índice de elasticidad máxima en miembros inferiores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Vol. 10 (39) pp. 356-368.
- Gonzalez-Badillo, J., Sanchez-Medina, L., Pareja-Blanco, F., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*.
- González, J. y Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. España: INDE.

- Guerri, M. (2025). *Funciones del sistema nervioso autónomo: sistema simpático y parasimpático*. Psicoactiva. <https://www.psicoactiva.com/blog/sistema-nervioso-autonomo-simpatico-parasimpatico/>
- Hainline, B. (2013). El tenis juvenil: una visión médica. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 21(59), 4-7. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v21i59.437>
- Halson, S. (2014). Monitorización de la fatiga y recuperación. *Sports Science Exchange*, 27(135), 1–6.
- HRV4Training. (s. f.). *QuickStart Guide*. <https://www.hrv4training.com/quickstart-guide.html>
- Instituto Colombiano del Deporte. (2019). *Tenis*. Uruguayeduca. <https://uruguayeduca.anep.edu.uy/sites/default/files/2022-08/Gu%C3%ADaDaTenis.pdf>
- Jiménez, A. R., Medrano, A. W., Lepe, M. a. H., Treviño, G. C., Arvizuo, J. G., & Torres, R. P. H. (2019). Borg's category ratio-scale (CR-10) is useful to predict the onset of blood lactate accumulation (OBLA) in young Mexicans adults, regardless their body mass. *Ciencia Ergo-sum/Ciencia Ergo Sum*, 26(1), 1–14. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n1a7>
- Kekelekis, A., Nikolaidis, P. T., Moore, I. S., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2020). Risk factors for upper limb injury in tennis players: A Systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health/International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2744. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082744>
- Kovacs, M. S. (2007). Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med*, 37(3), 189-98. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200737030-00001>
- Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernandez, J., & Bishop, D. (2007). Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by singles tennis match play with reference to development of fatigue. *British journal of sports medicine*, 41(11), 717–722. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037259>

- Moreno, J. (2017). La fatiga, tipos causas y efectos. *Actividad Física Y Deporte*, 3(2).
<https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/3103/1/376-Texto%20del%20art%c3%adculo-616-1-10-20180209.pdf>
- Moreno-Pérez, V., López-Samanes, Á., Domínguez, R., Fernández-Elías, V. E., González-Frutos, P., Fernández-Ruiz, V., Pérez-López, A., & Fernández-Fernández, J. (2019). Acute effects of a single tennis match on passive shoulder rotation range of motion, isometric strength and serve speed in professional tennis players. *PloS one*, 14(4), e0215015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215015>
- Moya, M., Bonete, E., & Santos-Rosa, F. J. (2010). Efecto de un periodo de sobrecarga de entrenamiento de dos semanas sobre la precisión en el golpeo en tenistas jóvenes. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 24(), 77-93.
- Muntañola, M. T. (1996). Evolución del deporte del tenis. *Educación Física Y Deportes*, 2(44), 12–18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=296049>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Álamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. a. L., & González-Badillo, J. J. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Pedraz-Petrozzi, B. (2018). Fatiga: historia, neuroanatomía y características psicopatológicas. Una revisión de la Literatura. *Revista De Neuro-Psiquiatría/Revista De Neuro-psiquiatría*, 81(3), 174. <https://doi.org/10.20453/rnp.v81i3.3385>
- Pérez-Castilla, A., Miras-Moreno, S., García-Vega, A. J., & García-Ramos, A. (2021b). The ADR Encoder is a reliable and valid device to measure barbell mean velocity during the Smith machine bench press exercise. *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers Part P Journal Of Sports Engineering And Technology*, 175433712110628. <https://doi.org/10.1177/17543371211062811>

- Porras-Álvarez, J., & Bernal-Calderón, M. O. (2019). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: evaluación del entrenamiento deportivo. Revisión de tema. *Duazary*, 16(2), 259–269. <https://doi.org/10.21676/2389783x.2750>
- Reid, M., & Duffield, R. (2014). The development of fatigue during match-play tennis. *British journal of sports medicine*, 48 Suppl 1(Suppl 1), i7–i11. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093196>
- Rodríguez, D. S., & García, O. L. (2014). Factores psicológicos en tenis. Control del estrés y su relación con los parámetros fisiológicos. Psychological factors in tennis. Control of stress and its relation with physiological parameters. *Movimiento Humano*, 6, 11–30. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5317981.pdf>
- Rota, S., & Hautier, C. (2012). Influencia de la Fatiga en la Actividad Muscular y el Rendimiento del Miembro Superior. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 20(58), 7–10. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v20i58.424>
- Rota, S., Morel, B., Saboul, D., Rogowski, I., & Hautier, C. (2014). Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 24(1), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.10.007>
- Task Force (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, 93(5), 1043–1065.

Anexos

Anexo 1

Carta de consentimiento informado.



Carta de consentimiento informado para estudio de investigación

En mi calidad de integrante de la Academia de Alto Rendimiento del Centro de Alto Rendimiento del estado de Nuevo León, yo, _____ he sido invitado(a) a participar en un estudio de investigación para el proyecto de tesis titulado “Índice de fatiga y elasticidad en tenistas juveniles en competencia”. He sido informado que seré responsable de realizar todas las mediciones y evaluaciones correspondientes, las cuales son: variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante una aplicación de celular (HRV4Training) diariamente, percepción subjetiva del esfuerzo al finalizar cada entrenamiento, prueba de salto vertical mediante una plataforma de salto con sistema Just Jump posterior al calentamiento en cada entrenamiento y con plataforma de fuerza VALD los lunes, y velocidad de ejecución con una carga estandarizada en press banca mediante un encoder lineal ADR cada inicio de semana. Proporcionaré datos generales como edad, peso y estatura para completar el perfil en el estudio de investigación. Se me ha comunicado que, al aceptar participar en este estudio, los datos obtenidos serán manejados de manera confidencial, con fines meramente científicos y que en ningún momento se atenderá en contra de la privacidad de los integrantes de la muestra.

Por tal motivo, estoy en mi derecho de solicitar cualquier información acerca de este estudio, en el momento de desarrollo de este y su aplicación.

Nombre y firma:

Nombre y firma del tutor responsable:

Teléfono de contacto o email: _____

Investigadores participantes: LEF. Jorge Adam Yeshua Castro Márquez, Dr. C. Fernando Alberto Ochoa Ahmed.

Monterrey, Nuevo León, a ____ de Diciembre del 2024.

Resumen autobiográfico

L.E.F. Jorge Adam Yeshua Castro Márquez

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte
con Orientación en alto rendimiento deportivo.

Tesina: Índice de fatiga y elasticidad en tenistas juveniles en competencia.

Campo temático: Alto rendimiento deportivo.

Datos Personales: Nacido el 23 de Diciembre del 2000 en Zacatecas, Zacatecas.

Educación Profesional: Licenciatura en Educación Física, egresado de la Benemérita Escuela Normal “Manuel Ávila Camacho” del estado de Zacatecas (2019-2013).

Experiencia Profesional:

- Entrenador de tenis de iniciación deportiva y recreación en el Club Social y Deportivo de Zacatecas (2022-2023).
- Entrenador del equipo representativo de fútbol soccer de la Facultad de Organización Deportiva en la categoría mayor (2024-Presente).
- Entrenador de tenis de alto rendimiento en el Centro Tenístico, perteneciente al Centro de Alto Rendimiento de Nuevo León (2024-Presente).

E-mail:

Personal: jaycm2091@gmail.com

Institucional: adam.castrom@uanl.edu.mx

Evaluación de la práctica



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PRÁCTICA

I. Datos del alumno:

Matrícula:	2220398
Nombre del Alumno:	Jorge Adam Yeshua Castro Márquez
Programa educativo:	Mafyd presencial
Orientación:	Alto rendimiento
Fecha del periodo de prácticas	Enero-Junio

II. Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	Inde
Departamento/Área:	Centro tenístico

III. Evaluación:

Criterio	Excelente (100)	Bueno (90-99)	Regular (80-89)	Malo (Menos de 80)
Asistencia	x			
Conducta	x			
Puntualidad	x			
Iniciativa	x			
Colaboración	x			
Comunicación	x			
Habilidad	x			
Resultados	x			
Conocimiento profesional de su carrera	x			

IV. Comentarios:

Favor de indicar el desempeño del practicante actual en relación al perfil y actividades indicadas por usted a inicio de semestre y/o indicado en el formato de "Perfil de los estudiantes de prácticas".



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

El estudiante ha cumplido a cabalidad sus prácticas las cuales a partir de su perfil profesional y académico han sido de mucha utilidad en su formación práctica dentro de nuestro programa de estudios, ya que ha estado en contacto con atletas competitivos a los cuales ha preparado físicamente y les ha dado seguimiento técnico-táctico a lo largo de todo el semestre, lo que le ha permitido obtener datos importantes para la elaboración de su producto integrador final.

MAFYD

Javier Cano Marroquin
Nombre y firma del Tutor
responsable de la práctica

Administrador de Instalación CTNL
Puesto del Tutor responsable
de la práctica



EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PRÁCTICA

I. Datos del alumno:

Matrícula:	2220398
Nombre del Alumno:	Jorge Adam Yeshua Castro Marquez
Programa educativo:	Mafyd
Orientación:	Alto Rendimiento
Fecha del período de prácticas	12 de Agosto al 1ero de noviembre de 2024

II. Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	INDE NL
Departamento/Área:	Centro Tenístico Parque niños héroes

III. Evaluación:

Criterio	Excelente (100)	Bueno (90-99)	Regular (80-89)	Malo (Menos de 80)
Asistencia	X			
Conducta	X			
Puntualidad	X			
Iniciativa	X			
Colaboración	X			
Comunicación	X			
Habilidad	X			
Resultados	X			
Conocimiento profesional de su carrera	X			

IV. Comentarios:

Favor de indicar el desempeño del practicante actual en relación al perfil y actividades indicadas por usted a inicio de semestre y/o indicado en el formato de "Perfil de los estudiantes de prácticas".
El desempeño del estudiante ha sido más que sobresaliente, cumpliendo con las expectativas sin ningún problema.

UANL



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

Doctor Fernando Alberto Ochoa Ahmed

Director de la escuela de desarrollo y
Rendimiento del INDE

Fernando Alberto Ochoa Ahmed

[Signature]

Nombre y firma del Tutor
responsable de la práctica

Puesto del Tutor responsable
de la práctica



INSTITUTO ESTATAL
DE CULTURA FÍSICA
Y DEPORTE
GOBIERNO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

. 9 DIC 2024

Sello de la institución/dependencia