

## Trabajo Fin de Grado

“EVALUACIÓN DE LA CARGA INTERNA EN  
LA SESIÓN ESPECÍFICA DE  
ENTRENAMIENTO DE ESQUÍ ALPINO”

“INTERNAL LOAD ASSESING IN ALPINE  
SKIING SPECIFIC TRAINING SESION”

Autor

Pol Noguera Vallverdú

Director

Alejandro Gómez Bruton

Isaac López Laval



*En agradecimiento a los deportistas infantiles de Integral  
Ski por su paciencia y colaboración, a Manu y a Alicia y  
al cuerpo técnico en general por la oportunidad de  
colaborar.*

*A mis tutores por la sabiduría y profesionalidad aportada.*

*I sobretot a la meva família més propera, pare i mare, per  
el vostre recolzament.*

*Sois todos parte de este trabajo.*



# Índice:

1. <u>Introducción</u> .....	8
a. <u>Marco teórico</u> .....	12
2. <u>Metodología</u> .....	18
3. <u>Análisis estadístico</u> .....	23
4. <u>Discusión</u> .....	26
5. <u>Conclusiones</u> .....	29

## RESUMEN

**Objetivos:** Establecer un método de valoración de la carga interna generada por las sesiones de entrenamiento de esquí alpino. Método que sea útil y aplicable al entorno real de dicha práctica deportiva, que permita cuantificar la fatiga y reorientar el proceso de entrenamiento.

**Metodología:** Observacional descriptiva sobre un grupo de 20 esquiadores de alto nivel, de edades comprendidas entre los 12 y los 16 años. Se les midió de forma concurrente el salto mediante **CMJ** y **RJ**, y el nivel de fatiga pre y post entrenamiento. Paralelamente se realizaron entrevistas y recogida de datos al equipo técnico responsable del entrenamiento.

**Resultados:** Se encuentra una diferencia de 1.5 puntos por encima de promedio en intensidad intuita por los técnicos con relación a la reportada por los deportistas. No se aprecia correlación significativa entre la pérdida de altura test de salto **CMJ** ni **RJ** con parámetros de intensidad, volumen o densidad. Se encuentra correlación significativa entre el global de test de salto **RJ** y el global de **RPE**.

**Conclusiones:** No se puede asegurar que la pérdida de altura en test de salto sea una herramienta válida para valorar los parámetros de intensidad, densidad o volumen en la sesión de entrenamiento de esquí alpino de forma individual y en categoría infantil. Se pone de manifiesto que existe una tendencia a la sobreestimación de la intensidad intuita por parte de los técnicos. Se necesitan más datos e investigación para validar la pérdida de altura en **RJ** como método de valoración de fatiga acumulada a largo plazo.

**Objectives:** Setting a method for assessing the internal load generated by the specific alpine skiing training session. That method should be useful and applicable to the real environment of alpine ski training. It should allow to quantify the training induced fatigue and re-guide the training process.

**Methodology:** Observational descriptive study on a group of 20 high-level skiers, from age 12 to 16. Jump test was runned, following the **CMJ** and **RJ** protocols. Also interviews and data compilation was done with the coach team.

**Results:** A 1.5 points difference was found between mean coach-intuited intensity and reported RPE. No significant relation was found between jump-height loss in **CMJ** and **RJ** test and intensity, density nor volume values. A significant correlation was found between global jump-height loss in **RJ** test and global reported **RPE**.

**Conclusion:** We cannot assure that jump-height loss is a valid marker to assess intensity, density nor volume values in specific alpine skiing training session, at least not individually and in junior categories. We observe a trend in overestimating intensity by coaches in 1.5 mean points more than athletes perceive. Further research is needed to take RJ test as a valid marker of accumulated and perceived fatigue at long term basis.

## INTRODUCCIÓN:

El esquí alpino es un deporte minorizado, tanto a nivel mundial como a nivel español, dónde existen cerca de 3.700 practicante federados a fecha de 2020 (Consejo Superior de Deportes, 2020). Ciertamente es que la práctica en países alpinos está más desarrollada, más extendida y sobre todo más estudiada desde el punto de vista académico, a pesar de ello, aún es muy limitado el conocimiento científico y la literatura que se tiene de este deporte, dejando aun aspectos importantes del entrenamiento a merced del “conocimiento popular” sin contraste empírico.

Existe a día de hoy una problemática en la práctica competitiva de esquí alpino que afecta a partes iguales a corredores, entrenadores y preparadores físicos. Se trata de la falta de capacidad de cuantificar y controlar la carga inducida por las sesiones de entrenamiento en los deportistas. Esta problemática en primera instancia afecta a la óptima planificación de la preparación física, que a su vez afecta a el correcto desarrollo de los entrenamientos específicos, y finalmente se manifiesta en una mala optimización del rendimiento de los propios corredores.

Durante el proceso de entrenamiento de cualquier modalidad deportiva es de vital importancia realizar una evaluación de los eventos y consecuencias de dicho proceso, con la finalidad de reorientar y optimizarlo. Mediante el análisis de test y pruebas se puede determinar el efecto final y los efectos parciales del entrenamiento, así como se puede reorientar de manera individualizada (Legaz Arrese, 2013). Uno de los elementos más básicos a la hora de planificar el microciclo es la cuantificación de la carga inducida por la sesión de entrenamiento. Distintos autores han propuesto distintas nomenclaturas, que, si bien difieren en detalles a la hora de clasificar los tipos de sesión, coinciden a grandes rasgos en sus modelos de clasificación. De esta forma Legaz propone la clasificación de sesiones que inducen carga Extrema, Grande, Importante, Media y sesiones que según su



baja carga son de Recuperación, a la hora de establecer microciclos de uno, dos o tres picos. Por su parte, Halson (2014), propone una clasificación extensa, atendiendo a múltiples factores como frecuencia, intensidad, volumen, pero también, percepción de esfuerzo, percepción de fatiga, análisis bioquímicos y hormonales, entre otros métodos, para valorar tanto la carga externa, como la carga interna.

A estas alturas, cabe definir los conceptos de carga externa y carga interna. Entendemos como carga externa aquel valor independiente al deportista entrenado que es capaz de definir el estímulo de entrenamiento aplicado (Impellizzeri et al., 2018; Legaz Arrese, 2013). Para la valoración de la carga externa existen distintos métodos y datos a los cuales podemos atender: Volumen de la sesión (Km recorridos, repeticiones realizadas, en el caso concreto del esquí alpino; curvas realizadas...), análisis de movimiento espacio-temporal (empleada mayoritariamente en deportes de equipo, para trazar las trayectorias adoptadas mediante sistemas de GPS ), o test de función neuromuscular (test de salto, rendimiento en sprints o dinamometrías isocinéticas) (Halsón, 2014). Por otro lado, hablamos de carga interna para referirnos a aquella manifestación producida por el organismo del deportista dependiente del estímulo de entrenamiento (Impellizzeri et al., 2018), entre muchos métodos de valoración de la carga interna podemos atender a: Frecuencia cardiaca, percepción del esfuerzo (RPE), percepción de la fatiga, impulso de entrenamiento (TRIMP), concentraciones de lactato, valoraciones hormonales, y un largo etcétera relativo a datos de corte bioquímica e incluso inmunológica.

La cuantificación de la carga interna es una práctica ampliamente extendida en múltiples modalidades deportivas, en niveles medios y avanzados de deportistas durante su proceso de entrenamiento. Podemos observar la toma de datos de carga interna mediante el uso de pulsómetro, por ejemplo, en atletas, ciclistas, triatletas o remeros. Otras mediciones de laboratorio también se han empleado para cuantificar cargas internas, mediciones tales

como  $\text{VO}_2$  o lactatémias de sangre capilar (Mujika, 2017). Existen para tales deportes pautas, guías y protocolos para la correcta medición de los factores que determinan la carga interna, así como literatura suficientemente extensa y consolidada para valorar estos datos. (Halsón, 2014; Lambert & Borresen, 2010; Vanrenterghem et al., 2017) de forma que los preparadores físicos de estas modalidades pueden conocer en todo momento en que estado de fatiga se encuentra su deportista después de la sesión, y lo que es casi más importante, que clase de sesiones debe llevar a cabo para optimizar su proceso de entrenamiento. Es decir, mediante el control y el conocimiento de la carga se organiza de forma óptima el microciclo, base de la planificación del entrenamiento deportivo.

Para otras modalidades deportivas se han empleado métodos de valoración de la carga interna mediante pruebas o test físicos, es la propuesta de Jiménez-Reyes et al. (2019), que revela una fuerte correlación entre la pérdida de velocidad en sprints, la pérdida de altura de salto en test de CMJ y las concentraciones crecientes de lactato y amoníaco en sangre para atletas de alto nivel.

Sin embargo, las peculiaridades de los esfuerzos que demanda cada modalidad deportiva quedan plasmadas en las demandas fisiológicas y anatómicas que esta realiza sobre el organismo del deportista. Por lo tanto, modulan y hacen diferir de otras modalidades las manifestaciones de la carga interna expresadas en dichos deportistas. De esta forma es lógico afirmar que no todos los métodos y/o protocolos son de aplicación indistinta y valida en todos los deportes, la valoración de la frecuencia cardiaca y sus zonas no será de aplicación para valorar la carga de una sesión de entrenamiento de Halterofilia o Powerlifting, así como una lactatemia no revelará datos de utilidad para un gimnasta, por ejemplo.

Este es sin duda el caso del esquí alpino, modalidad deportiva en la que a día de hoy no existe aún ningún protocolo ni método, más o menos validado, para valorar de forma

objetiva la carga interna inducida por la sesión de entrenamiento. Es una práctica extendida en la planificación del entrenamiento de dicha modalidad el uso de referencias intuitivas por parte de los técnicos encargados del entrenamiento a la hora de cuantificar la carga interna. Existen, de forma minoritaria, entrenadores que recogen datos de RPE de los deportistas. Sin duda nos encontramos delante de una valoración muy subjetiva, poco útil y nada validada. Muestra de ello es el hecho que una rápida revisión de las principales bases de datos online revela que la literatura es incluso inexistente. De esta forma si realizamos una búsqueda en PubMed con los términos simples: “*(alpine skiing) AND (internal load)*” este nos devuelve un total de 2 artículos, sin embargo ninguno guarda relación con el objeto de este estudio, otra búsqueda con los términos simples: “*(alpine skiing) AND (training load)*” nos devuelve un total de 14 artículo, también estrechamente relacionados con la prevención de lesiones y no con la cuantificación de la carga de entrenamiento, también en SportDiscus encontraremos también nula literatura.

Existe cierta literatura sobre la valoración de factores fisiológicos en esquiadores, como el estudio de Seifert et al. (2009), que revela que la valoración de la frecuencia cardíaca o el lactato capilar no revelan datos significativos para la valoración de la fatiga (Stress crónico según los autores) en esquiadores recreacionales. Resultados esperables teniendo en cuenta el factor intermitente de los esfuerzos que demanda el esquí alpino. Otros estudios como el de Tomazin et al. (2008), han determinado el aumento de lactato en sangre así como la disminución del torque de las fibras musculares, llegando a la conclusión que el eslalon provoca fatiga de alta frecuencia. Nuevamente nos encontramos ante un artículo que únicamente afirma la existencia de fatiga pero que no propone un método sencillo y de campo para valorar y medir esta carga.

Llegados a este punto no es desacertado afirmar que es necesario establecer un protocolo que sirva a los entrenadores y preparadores físicos en esquí alpino para valorar

objetivamente la fatiga, establecer la carga de cada sesión y, por lo tanto, mejorar la planificación del microciclo, y del proceso de entrenamiento general. Según reseñan Tudela Desantes et al: *“Para obtener el máximo rendimiento de cada deportista, el entrenamiento debería ser prescrito a cada jugador según sus características individuales y su estado personal.”*

## 1.1 Marco teórico

La carga interna del entrenamiento se ha definido como el impacto fisiológico individual que un determinado estímulo de entrenamiento genera sobre un individuo (Impellizzeri et al., 2018; Legaz Arrese, 2013). A diferencia de la carga externa, es dependiente del deportista y los múltiples factores asociados a este. Además, por lo general, no es tan fácilmente cuantificable como la carga externa, que es independiente del deportista. Dos deportistas responderán en la mayoría de las ocasiones de formas distintas a una misma carga externa, en función de su edad, del nivel de entrenamiento, de su nivel de prestación, de sus metabolismos, etc. Es por ello por lo que hablamos de que la carga interna es dependiente y la externa independiente al deportista.

Si bien fatiga aguda no es sinónimo de carga interna, la carga interna si comprende la fatiga, al ser esta una reacción al estímulo de entrenamiento. De esta forma junto a otros factores como la respuesta cardiaca, humoral u hormonal, conforman lo que conocemos como carga interna. Partiendo de esta base, conocer la fatiga de un deportista nos puede ayudar a aproximarnos al nivel de carga interna que un estímulo ha generado sobre este deportista. Por ello Borg, G propuso en 1998 una escala del 6 al 20, escala de Borg, para cuantificar el esfuerzo percibido por el deportista. De esta forma se estandariza la medición subjetiva de la fatiga por primera vez. Posteriormente se adaptaría esta escala para una mejor comprensión por parte del deportista a una escala del 1 al 10, escala CR-

10. A pesar de ser una herramienta validada para cuantificar el nivel de fatiga no deja de ser una escala subjetiva, sujeta a factores individuales del deportista.

La fatiga aguda, como tal, se ha definido de distintas formas según distintos autores, Legaz define la fatiga aguda como *“Un elemento asociado a rendimientos inferiores a los que potencialmente es capaz de realizar un deportista, o a mecanismos de defensa que se activan ante el deterioro de determinadas funciones orgánicas y celulares.”* Otros autores definen la fatiga como el principal causante del cese de la actividad física como mecanismo de protección y prevención de lesiones. Hay cierto consenso en afirmar que

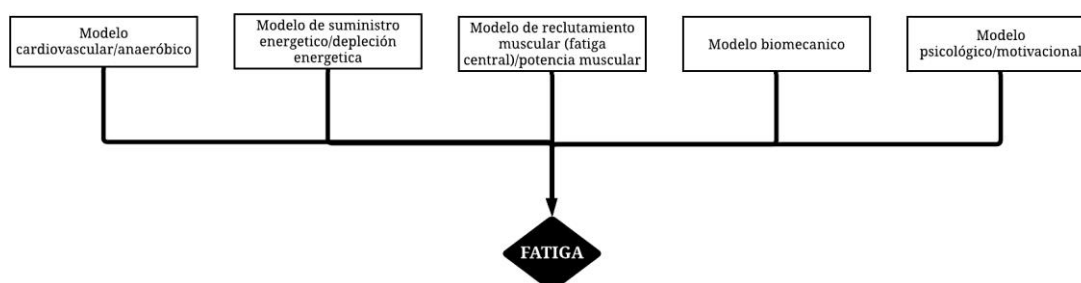


Ilustración 1 Adaptado de Noakes (2000)

la fatiga no solo depende de un factor fisiológico o biomecánico, sino que existen distintos modelos y mecanismos biológicos que la determinan. Actualmente existe cierto consenso en torno a un conjunto de 5 modelos que determinan la fatiga y que comprenden distintos enfoques multidisciplinarios (Noakes, 2000).

De esta forma el modelo cardiovascular/anaeróbico explica la fatiga como un circuito circular altamente condicionado por el suministro de oxígeno que puede llevar a cabo el corazón al resto de tejido muscular esquelético. De esta forma Hill et al. (1924) sentaban las bases del primer modelo fisiológico que explicaba el cese de actividad física por fatiga. De forma resumida y simplificada este propone que es el corazón el órgano encargado del suministro de oxígeno a los tejidos de musculo esquelético, y son estos los que, en condición de anaerobiosis, producen lactato. La acumulación de lactato afecta a todo el tejido muscular por igual debido al circuito único de suministro sanguíneo, de esta forma

el corazón también se ve afectado en su propio suministro de oxígeno (capilarización coronaria), por lo que, ante la posibilidad de una isquemia cardiaca generalizada, se activa el mecanismo en el que el “gobernador” neural central estabiliza el rendimiento cardiaco, estabilizándose e incluso descendiendo el  $\text{VO}_2$ . Este mecanismo explicaría parcialmente el factor limitante del  $\text{VO}_2$  cardiaco, sin embargo, deja sin explicación otros muchos factores como la fatiga producida en esfuerzos no anaeróbicos.

En el siguiente modelo combinado (depleción energética/suministro energético) la explicación al fenómeno de la fatiga viene condicionado por las vías energéticas del musculo. Si bien difieren sobre la causa, ambos proponen que la fatiga es producida generalmente por la incapacidad del organismo de aportar energía al tejido muscular esquelético.

El modelo de suministro energético propone que es el propio tejido muscular el que es incapaz de aportar la molécula de ATP necesaria en la contracción, y que ante dicho fallo, y con el objetivo de evitar una contracción tetánica (autores como Fitts, 1994; Noakes, 2000; Spriet et al., 1987 hablan del término “rigor”) el “gobernador” neural central cesa la capacidad de llevar a cabo actividad muscular. Si bien se han observado disminuciones de las concentraciones de fosfágenos musculares en actividad física extenuante, estas no caen por debajo del 60% del total presente en reposo, por lo que la concentración de ATP no participaría de forma directa en la fatiga, y otros mecanismos limitarían el consumo de este antes que llegara a agotarse (Fitts, 1994).

Por su parte, el modelo de depleción energética se ha propuesto para ejercicios de larga duración (>2h) y de forma resumida propone que la fatiga en estos esfuerzos se explica por el agotamiento de recursos glucogénicos en el organismo (músculo o hígado). Este modelo propone que el “gobernador” neural central limita la capacidad de producir

ejercicio como manera de prevenir una situación de hipoglucemia cerebral que podría resultar en daños de gran calibre e irreversibles.

Los modelos de reclutamiento muscular (fatiga central) y potencia muscular, posteriores a los anteriormente reseñados, son los primeros en proponer el hecho que la fatiga no depende del aporte de sustrato ( $O_2$ , ATP o CHO) sino de la capacidad de excitación, reclutamiento y contracción del músculo (Noakes, 2000). El modelo de reclutamiento muscular (fatiga central) propone que un fallo en la capacidad de reclutamiento muscular por parte del sistema nervioso central es el encargado de propiciar el fallo muscular y la fatiga. Este fallo viene determinado por la acumulación de neurotransmisores en el espacio sináptico que el organismo es incapaz de gestionar.

En el otro lado, el modelo de potencia muscular explica la fatiga como un fenómeno que viene determinado por la capacidad contráctil del músculo, esta a su vez condicionada por la capacidad de aporte de calcio a la miosina, y la capacidad enzimática de la Miosina ATPasa y del tejido muscular esquelético para realizar la hidrólisis del ATP (Opie, 1998).

El modelo biomecánico explica la fatiga como un mero proceso mecánico, en el que el músculo, mediante su capacidad elástica, actúa a modo de resorte. Cuanto mayor sea la capacidad elástica del músculo de aprovechar la energía, menor será la disipación de energía en forma de calor. El aumento de temperatura del músculo estaría estrechamente relacionado con el fallo muscular, según este modelo. Por lo tanto, aquellos deportistas con mayor economía del esfuerzo, traducida en mayor capacidad elástica, serían aquellos que alcanzarían más tarde el estado de fatiga.

Por último, el modelo psicológico/motivacional mantiene la hipótesis que el control de la fatiga está estrechamente relacionado con el control consciente de la capacidad de realizar ejercicio. Si bien este modelo concreto choca con algunos de los anteriormente

propuestos, existen autores que lo defienden basándose en el efecto ergogénico producido por el placebo en estudios que valoraban la efectividad de agentes externos en torno a la prevención de la fatiga. Si bien no se descarta este modelo, se sigue estudiando, y se tiende a creer que no determina, pero si condiciona el estado de fatiga en el deportista.

Tras esta revisión a los principales modelos propuestos para dar explicación al fenómeno de la fatiga, sería conveniente relacionarlos con este fenómeno en la práctica del esquí alpino, y como esta puede afectar a la capacidad del deportista de llevar a cabo una prueba de salto. Hasta la fecha existen estudios que reseñan el efecto de la fatiga en el tren inferior, y la afectación que esta genera en la altura de vuelo en test de salto. Se ha observado una fuerte correlación entre el aumento de la altura de vuelo y el tiempo de descanso post partido en jugadores de deportes de equipo, lo que concede al test de salto una buena capacidad para medir la fatiga neuromuscular (Gathercole et al., 2015). También se ha establecido relación entre la altura de salto, el índice de fuerza reactiva y la rigidez muscular en jugadores de rugby (Andersson et al., 2019). Por ello se puede considerar un método válido a la hora de valorar la fatiga en deportes que conlleven un gesto biomecánico que involucre el tren inferior.

En cuanto al esquí alpino conocemos que es un deporte que requiere esfuerzo intermitente, ejecutado a máxima intensidad, que la glucólisis anaeróbica es la vía metabólica principal (Gómez 2005, citado en Alvarez-San Emeterio, 2012) y que en el existe un claro predominio de la fuerza cuasi máxima, siendo las contracciones excéntricas las mayoritarias (Alvarez-San Emeterio, 2012). Por lo tanto, siguiendo un planteamiento combinado en el que los distintos modelos de fatiga propuestos afectarían al rendimiento del deportista de forma desigual, pero en el que todos participarían, sería lógico pensar que los procesos neurológicos y contráctiles propios de los modelos de reclutamiento y potencia muscular, y los procesos elásticos de la propuesta del modelo



biomecánico, serían los principales mecanismos que determinarían la fatiga en el esquí alpino. Esto sin excluir los importantes factores energéticos y psicológicos propuestos por el resto de modelos, pero que es lógico pensar que, ante la naturaleza de los esfuerzos demandados, ocuparían un plano secundario en la explicación de la fatiga en dicho deporte.

### **Objetivos e hipótesis:**

El objeto de estudio de este trabajo es comprobar si existe una asociación entre la pérdida de altura en test de salto de CMJ y RJ, el esfuerzo percibido por los deportistas (RPE) y los datos sobre volumen, densidad, frecuencia e intensidad (subjetiva e intuita) proporcionados por los técnicos responsables del entrenamiento en torno a un total de 15 sesiones.

La hipótesis nula de este estudio mostraría una nula o baja correlación entre los valores obtenidos de pérdida de altura de salto y los valores mayores de RPE, así como una nula o baja correlación entre la pérdida de salto y altos valores objetivos en torno a la sesión (volumen y densidad). Además, también se incluiría una correlación baja entre la intensidad intuita de la sesión por parte de los entrenadores y la percepción de esfuerzo (RPE) de los deportistas.

Por otro lado, la hipótesis alternativa consistiría en una fuerte correlación entre estos valores planteados, lo que reforzaría la pérdida de salto como una fuente fiable para cuantificar la carga generada por la sesión de entrenamiento de esquí.

## **2. Metodología**

Este Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado mediante la metodología observacional descriptiva, concretamente se trata de un estudio observacional con datos extraídos de un grupo de trabajo integrado por esquiadores voluntarios. Los participantes aceptaron participar en el estudio, así como consintieron el uso de los datos con finalidades científicas mediante una hoja de consentimiento informado (adjunto en el apartado Anexos de este documento). No recibieron ninguna compensación económica por su participación y fueron informados de los detalles del estudio, así como de la posibilidad de retirarse libremente en el momento en que lo desearan, si así sucediera. Con el fin de motivar a la participación al estudio, se ofreció comunicar los resultados personales a cada uno de los participantes, nunca los datos de otros participantes. Los datos fueron recogidos mediante pruebas físicas y cuestionarios online, la protección de los datos se garantizó mediante el encriptado de los resultados y el uso de códigos que permitieran el pseudonimizado de los datos. Los procedimientos de este proyecto fueron aprobados por el Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón y cumplieron con los principios de la última revisión de la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

### **Participantes:**

Para la realización de este trabajo se ha contado con un grupo de 20 participantes de edades comprendidas entre los 12 y los 16 años. Todos ellos deportistas entrenados en esquí alpino, competidores a nivel nacional en categoría infantil, y participantes de programas de tecnificación deportiva.

Para el reclutamiento de los participantes se contactó con el responsable del programa de tecnificación al que están sometidos, remitiéndole un documento de presentación e invitación para los posibles participantes y sus tutores legales, así como se les realizó una

presentación audiovisual en la que se les explicó el contenido y requerimientos del estudio.

El único criterio de inclusión empleado en el reclutamiento de participantes fue la participación en un programa de tecnificación (público o privado) de esquí alpino, que conllevara entrenamientos de frecuencia diaria (y no semanal como ocurre en la mayor parte de los clubes de este deporte).

Los criterios de exclusión empleados en el reclutamiento de participantes fue la edad (mayores de 16 años y menores de 12) así como haber sufrido una lesión en los últimos 6 meses antes de la fecha de inicio del estudio.

**Tabla 1: Características de la muestra**

	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	9	45,0
Mujer	11	55,0

	N	Rango	Media
Edad	20	13 - 16	14,80 ±1,1
Ranking Copa España	18	3 - 45	18,28 ±10,8

#### **Escala VAS (Visual Analogue Scale) y RPE:**

Para la valoración del esfuerzo percibido por parte de los participantes se ha empleado una escala visual análoga (VAS) con una numeración del 1 al 10 asociada a la percepción de esfuerzo (RPE). De esta forma se facilita la elección de las respuestas por parte de participantes poco habituados al uso de escalas de RPE usuales como la CR-10 (Williams, 2017). Para la distribución de este cuestionario se ha empleado la tecnología de Google Forms (Google LLC, Mountain View, EEUU). Mediante este cuestionario se focalizó el interés en recoger datos del esfuerzo percibido después de la sesión, pero también antes de esta. Puesto que el objeto del estudio es valorar la caída de rendimiento en salto vertical

y encontrar una posible correlación con el esfuerzo percibido y la intensidad de la sesión de entrenamiento, el conocimiento de la fatiga residual previa a la sesión permite entender mejor el sentido de la respuesta de los participantes y depurar respuestas con sesgo, así como resultados del test de salto comprometidos por posible síndrome de sobreentrenamiento. De esta forma una fatiga previa a la sesión de entrenamiento con un valor

Observa la siguiente escala, si rellenas este cuestionario antes de entrenar, ¿Como de fatigado/cansado te sientes? Si la rellenas después de entrenar ¿Como de fatigado/cansado te ha resultado el entrenamiento de hoy?



*Ilustración 2 Escala Visual Análoga (VAS) presente en el cuestionario distribuido*

numérico superior a 3 para un sujeto se ha establecido, para este estudio, como valor a no tener en cuenta en el cómputo global de la sesión.

### **Volumen, densidad, intensidad y frecuencia de la sesión:**

Paralelamente se ha obtenido datos sobre las variables determinantes de la sesión de entrenamiento, algunos autores se refieren a estas como los componentes de la carga (Platonov, 2001). Para ello se ha empleado la entrevista directa a los técnicos titulares y responsables de las sesiones de entrenamiento de forma previa y posterior a las mismas. Gracias a que el equipo técnico dispone de una base de datos actualizada de forma diaria con estas variables, la recogida de datos en este apartado ha sido muy sencilla y eficaz.

Para el volumen se ha valorado de forma global el total de curvas realizadas por sesión de entrenamiento. Este valor se puede obtener mediante un sencillo calculo resultante de multiplicar el total de cambios de sentido en el o los trazados empleados durante la sesión por el total de bajadas realizadas por los deportistas por dicho trazado.

$$\text{Volumen} = \text{Cambios} \cdot \text{Bajadas}$$

Para la densidad se ha valorado el total de curvas por unidad de tiempo realizadas por sesión de entrenamiento. Para obtener este valor se ha dividido el resultante de la ecuación anterior de volumen, por el total de horas empleadas en la sesión.

$$Densidad = \frac{Cambios \cdot Bajadas}{t(horas)}$$

Para la intensidad se ha incluido la valoración subjetiva e intuita del técnico responsable de la sesión. Esta se ha recogido en una escala numérica del 1 al 10. Se recuerda el hecho que no existe hasta la fecha método de valorar de forma objetiva la intensidad de la sesión de entrenamiento de esquí alpino, objeto de estudio de este trabajo, y que por lo tanto se ha tenido que recurrir a la valoración subjetiva e intuita que hasta el momento es el método más extendido en la cuantificación de la intensidad de la carga del entrenamiento en dicha modalidad.

Para la frecuencia, y considerando esta como la cantidad de veces que se repite un mismo tipo de sesión dentro de un microciclo de entrenamiento, se ha considerado oportuno no valorar dicho componente. Puesto que el objeto de estudio se refiere a la carga de la sesión de entrenamiento, y no al cómputo global de las sesiones en unidades de entrenamiento más grandes como el microciclo, mesociclo o macrociclo. Por ello no se han recogido datos referentes a la frecuencia.

### **Test de Bosco:**

Para la obtención de datos en torno a la altura de salto se ha empleado la medición del salto con contra movimiento (Counter-Movement Jump o CMJ) y el salto Rocket (Rocket Jump o RJ). Se ha elegido el test de Bosco puesto que es una herramienta validada y ampliamente aceptada para la valoración de las características morfohistológicas, funcionales y neuromusculares de la musculatura extensora de tren inferior mediante las variaciones en la altura de vuelo (Bosco et al., 1983). Además, se trata de un test de campo

aplicable y relativamente fácil de adaptar al medio que este estudio requería. Entre las distintas modificaciones que existen del test de Bosco, se ha elegido la valoración del CMJ puesto que este refleja la condición elástica y la efectividad del reflejo miotático en los deportistas. Por otro lado, el RJ se ha valorado para conocer únicamente la altura de vuelo sin afectación de factores elásticos y/o técnicos. Para la ejecución del RJ el sujeto se coloca en posición de sentadilla profunda, con una flexión de rodilla máxima, de esta manera se evita de forma mecánica la posibilidad de efectuar contra movimiento en la ejecución del salto independientemente de la capacidad y conocimiento técnico del sujeto. Puesto que el grupo de muestra no estaba ampliamente familiarizado con el test de salto se ha considerado más adecuada esta modalidad de salto que el Squat Jump, que al contrario, si requiere de un conocimiento y entrenamiento técnico para evitar mediciones erróneas (Garrido & Gonzalez, 2004).

Para la medición se ha empleado una plataforma de contactos de superficie DIN A-2 (420 x 594mm) de Boscosystem (Chronjump-Boscosystem, Barcelona, España) y el software de registro Chronojump 2.0.2 (Chronjump-Boscosystem, Barcelona, España). Para adaptar la plataforma de contactos al medio donde se realizarían los test se ha modificado añadiéndole una tabla de madera conglomerada de 430 x 610mm pegada mediante cinta de precinto con la finalidad de impermeabilizar la plataforma y evitar una posible rotura por contacto con la nieve, hielo o el asfalto. De esta manera la tabla queda entre la plataforma de contactos y la superficie del suelo, protegiéndola de este.

### 3. Análisis estadístico:

Tras la obtención de los datos de valores anteriormente citados se ha llevado a cabo el análisis estadístico mediante el procesador estadístico SPSS Statistics V26 (IBM, Armonk, EEUU).

En primer lugar, se evaluó la normalidad de las variables mediante Shapiro Wilk. Mediante el estudio de correlaciones bivariadas se ha obtenido el coeficiente de correlación entre las siguientes variables (utilizando el coeficiente de Pearson o el de Spearman en función de la normalidad descrita por las variables):

- Volumen de las sesiones y el promedio de pérdida de salto en CMJ y RJ
- Densidad de las sesiones y el promedio de pérdida de salto en CMJ y RJ
- RPE individual y pérdida de salto individual de CMJ y RJ por sesión

Además, también se ha observado la diferencia de medias entre el promedio de RPE reportado por sesión y la intensidad intuida por parte del entrenador, a través de la prueba T-student para una muestra.

## **Resultados:**

**Tabla 2: Diferencia de medias y correlación Intensidad con RPE promedio por sesión**

	<b>Intensidad entrenador</b>	<b>RPE promedio esquiador</b>	<b>Diferencias medias</b>
<b>Sesión 1</b>	7	4,380±2,1	-2,6*
<b>Sesión 2</b>	6	5,368±1,2	-0,6*
<b>Sesión 3</b>	8	5,769±1,5	-2,2*
<b>Sesión 4</b>	9	6,429±0,9	-2,6*
<b>Sesión 5</b>	6	4,714±0,6	-1,3*
<b>Sesión 6</b>	6	6,000±1,7	0
<b>Sesión 7</b>	7	4,143±1,3	-2,8*
<b>Sesión 8</b>	8	6,167±0,7	-1,8*
<b>Sesión 9</b>	6	5,539±1,3	-0,4
<b>Sesión 10</b>	8	4,860±1,1	-3,1*
<b>Sesión 11</b>	6	3,670±0,2	-2,3*
<b>Sesión 12</b>	7	5,188±1,7	-1,8*
<b>Sesión 13</b>	6	6,067±1,3	0,1
<b>Sesión 14</b>	6	5,125±1,0	-0,9*

\*Diferencias significativas entre lo reportado por el entrenador y el RPE reportado por el deportista  $p<0,05$

Se presentan las diferencias entre la intensidad reportada por el entrenador y la fatiga percibida por los deportistas en la tabla 2. Generalmente el criterio del entrenador no coincide con el de los deportistas, únicamente en 3 sesiones, que representan un 21% del total. Se observa que el promedio de intensidad reportada por el entrenador se sitúa en casi 2 puntos de promedio sobreestimada.

**Tabla 3: Correlación Volumen y Densidad con promedio por sesión de perdida de salto**

		<b>CMJ</b>	<b>RJ</b>
Total sesiones	<b>Volumen</b>	-0,494	0,246
	<b>Densidad</b>	-0,149	0,228

\*Correlación significativa  $p<0,05$

En la tabla 3 se reporta la correlación entre valores de volumen y densidad y las distintas pruebas de salto. Para el CMJ la correlación es negativa mientras que para el RJ es positiva. Además, en ninguna se observa una significación  $p<0,05$ .



**Tabla 4: Correlación RPE individual con pérdida de salto individual  
(Valores de correlación de Pearson o Spearman)**

	<b>Perdida de salto CMJ</b>	<b>Perdida de salto RJ</b>
<b>Sesión 1 RPE #</b>	0,097	-0,061
<b>Sesión 2 RPE</b>	0,041	-0,243
<b>Sesión 3 RPE #</b>	0,225	-0,101
<b>Sesión 4 RPE #</b>	0,031	-0,240
<b>Sesión 5 RPE</b>	0,440	0,218
<b>Sesión 6 RPE #</b>	0,058	-0,460
<b>Sesión 7 RPE #</b>	0,109	0,018
<b>Sesión 8 RPE #</b>	0,309	0,062
<b>Sesión 9 RPE #</b>	0,093	0,090
<b>Sesión 10 RPE #</b>	-0,158	0,236
<b>Sesión 11 RPE #</b>	0,000	-0,362
<b>Sesión 12 RPE #</b>	-0,507*	-0,469
<b>Sesión 13 RPE #</b>	-0,321	0,129
<b>Sesión 14 RPE #</b>	-0,089	0,229
<b>TOTAL RPE</b>	0,001	-0,186*

# Correlación de Spearman (No paramétrica) \*Correlación significativa  $p < 0,05$

En la tabla 4 se reportan las correlaciones entre el RPE de cada deportista y la pérdida de salto en las distintas pruebas de forma individual. Estas son muy dispares, si bien hay cierta tendencia a la correlación negativa en RJ (50% de las sesiones) y positiva en CMJ (71% de las sesiones), únicamente se establece una significación de  $p < 0,05$  en una de ellas para CMJ. A pesar de esta falta de significación, si que se establece una significación  $p < 0,05$  en la suma de RPE con la suma de pérdida de salto de RJ de todas las sesiones ( $p < 0,01$ ).

#### 4. Discusión

Tras la realización de los test y encuestas, y su posterior análisis estadístico, se observó que el promedio de la RPE que reportaban los deportistas se encontraba en 1,6 puntos por debajo de promedio que la intensidad intuita por los técnicos responsables del entrenamiento. Tampoco se encontró correlación entre los valores de pérdida de salto de CMJ y RJ diarios y la percepción de esfuerzo (RPE) que reportaban los deportistas. Finalmente, tampoco se encontró una correlación firme entre la pérdida en altura de salto (Tanto de CMJ como de RJ) y el volumen y la densidad de la sesión de entrenamiento.

Sin embargo, en el estudio del conjunto de datos sumados de pérdida de salto en RJ con relación a la suma de los datos del RPE reportado por los deportistas, si se estableció una correlación de Pearson de 0,01 ( $p < 0.05$ ). Esto puede ser un indicio que señale el RJ como una herramienta válida para valorar el esfuerzo realizado durante el conjunto de sesiones de entrenamiento de forma global, y no diaria como se proponía como hipótesis nula de este estudio, de todas formas, es necesaria más información y estudio para confirmar esta nueva hipótesis.

También se han confirmado las hipótesis que proponía una falta de asociación entre los valores anteriormente mencionados de RPE y pérdida de altura de salto, así como una correlación no significativa entre la pérdida de altura de salto y los factores determinantes de la sesión (volumen y densidad).

Es evidente que estos resultados no siguen la línea propuesta por estudios como los de Maté-Muñoz et al. (2017) o Jiménez-Reyes et al. (2019), en el que se evidenciaba una clara reducción de la altura de salto en relación con el aumento de valores de lactato y amonio y que a su vez, estos se correlacionaban con la pérdida de velocidad en entrenamiento de sprints en una muestra de corredores adultos de alto nivel. También, en

esta misma línea, Cooper et al. (2020), obtuvieron una fuerte correlación entre la pérdida de altura de salto en test de Bosco con entrenamientos de fuerza en tren inferior de mayor intensidad con deportistas de nivel de entrenamiento medio a los que se les sometió a sesiones de familiarización previa a los test de salto.

### **Limitaciones:**

Existen múltiples factores a los cuales se puede atribuir esta falta de correlación, si bien tal y como se ha propuesto en el marco teórico, una mayor fatiga debería de implicar una menor capacidad de salto, esta puede estar condicionada por otros elementos como puede ser la propia técnica de ejecución del salto. Cabe mencionar que no todos los participantes desarrollaron una acción de salto correcta, si bien se tendió a la estandarización y mejora de esta, al inicio del estudio no todos estaban ampliamente familiarizados con los test de realizados, a diferencia de lo que se puede observar en otros estudios como el de Cooper et al., en el que si se somete a los deportistas a sesiones informativas y preparatorias previas.

La temprana edad de los participantes también puede estar relacionada con una menor experiencia en el uso de herramientas de RPE como la escala de Borg. Se ha estudiado previamente la dificultad de aplicar correctamente los test de esfuerzo percibido en las edades más tempranas y su desigual reporte en relación al desarrollo cognitivo, aspecto que también debe ser tenido en cuenta en las últimas etapas de la infancia y primeras de la adolescencia (Gros Lambert & Mahon, 2006). Otros elementos que afectan a la puesta en práctica del protocolo de test también se proponen como explicativos de esta falta de correlación, factores ambientales y meteorológicos, falta de especificidad metódica a la hora de recordar y mejorar la técnica de salto y falta de una fase de calentamiento durante el momento previo al salto de pre-sesión serían algunos de los elementos propuestos.

Una posible propuesta de cara a futuras líneas de investigaciones relacionadas con esta temática de estudio sería poder llevar a cabo un periodo de familiarización, con educación postural y trabajo sobre la técnica de salto, reducir el grupo de muestra que nos permita controlar correctamente la evolución de los sujetos y la comprensión del funcionamiento de los protocolos utilizados. También debería de plantearse una posible ampliación del total de sesiones registradas para conocer mejor el comportamiento real de las dinámicas de pérdida de altura de salto en el día a día a lo largo de la temporada, así como poder incluir más variedad en la tipología de las sesiones de entrenamiento. Por último, hay que añadir que podría ser interesante replicar este estudio con una muestra de mayor nivel de esquí (juveniles o absolutos) ya que presentaría unas prestaciones físicas y desempeño técnico más avanzado aspectos que podrían repercutir en la comparación con los resultados obtenidos en una muestra de esquiadores infantiles como la planteada en este trabajo.

## 5. Conclusiones

La primera conclusión extraída de este estudio es que no se ha podido demostrar la pérdida de altura de salto como un medidor válido para conocer la intensidad ni la fatiga relativas a la sesión específica de entrenamiento de esquí alpino. A pesar de esto, gracias a los resultados obtenidos se abren interesantes escenarios y posibles estudios en torno a otros datos revelados. A la luz de los datos arrojados en torno a la relación entre el RPE promedio reportado en las sesiones y la intensidad intuita por los técnicos se puede afirmar que existe una tendencia a sobre estimar la intensidad a la hora de valorar las sesiones, tanto es así que en promedio los técnicos valoran las sesiones como un punto y medio más intensas de lo que lo perciben los deportistas, quizás queda margen a la hora de realizar sesiones de mayor intensidad.

También cabe remarcar la correlación encontrada entre el global de pérdida de altura en RJ y el global de RPE reportado en sesiones. La valoración del RJ puede considerarse como un elemento interesante para tener en cuenta como medidor a la larga de la fatiga acumulada y percibida de los deportistas. Se puede abrir así una nueva línea de investigación interesante en torno a esta herramienta.

Llegados a este punto el autor considera correcto afirmar que lejos de encontrar un método válido para valorar los aspectos mencionados en el estudio, aún queda mucha investigación y estudio pendiente para ello. Que, si bien existe una creencia en torno a la valoración de la pérdida de altura de salto como herramienta para valorar estos aspectos, por el momento no se puede afirmar que esta lo sea en categorías infantiles. Y que es conveniente que se desarrolle muchísimo el estudio desde el punto de vista científico y académico en el campo del esquí alpino, campo que a día de hoy aún sigue ciertamente virgen.

Our first conclusion after performing this study is that we are not capable on demonstrating jump-height loss as a valid marker to know the intensity nor the fatigue consequent of a specific alpine skiing training session. Although this was a founding of the study, thanks to the previous results obtained, there is a new scenario and an opportunity to perform new studies based on this obtained data. If we attend to the results of mean RPE related to mean intuited intensity of the session, there is a trend in overestimating that last one by coaches when designing training sessions. By mean, coaches tend to overestimate the intensity of the session by 1.5 points more than athletes perceive.

Also, a major relation was found between global jump-height loss in RJ and global RPE. RJ evaluation could be an interesting parameter to treat as an accumulated fatigue and perceived fatigue marker at long term. This opens a new and interesting line for future investigation.

In conclusion, far from achieving the result of founding a validated method to assess the factors mentioned in the study, there is much investigation and study to perform yet in this field. Although there is a belief that jump-height loss is a valid method to assess those factors, by now it is not correct to assure it, at least in junior categories. Further research, investigation and information is needed in the alpine skiing field, which is now a day, a low studied sector.

## Bibliografía:

- Alvarez-San Emeterio, C. (2012). *Esquí Alpino: Preparación física para el alto rendimiento* (1st ed.). Stonberg Editorial.
- Andersson, E. P., Govus, A., Shannon, O. M., & McGawley, K. (2019). Sex Differences in Performance and Pacing Strategies During Sprint Skiing. *Frontiers in Physiology*, 10, 295. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00295>
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. In *Borg's perceived exertion and pain scales*. (pp. viii, 104–viii, 104). Human Kinetics.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Consejo Superior de Deportes. (2020). *Historico de licencias federativas*.
- Cooper, C. N., Dabbs, N. C., Davis, J., & Sauls, N. M. (2020). Effects of Lower-Body Muscular Fatigue on Vertical Jump and Balance Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2903–2910. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002882>
- Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74(1), 49–94. <https://doi.org/10.1152/physrev.1994.74.1.49>
- Garrido, R. P., & Gonzalez, M. (2004). Test de Bosco. Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel. *EFDeportes.Com, Revista Digital*, 78.
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>
- Gros Lambert, A., & Mahon, A. D. (2006). Perceived exertion : influence of age and cognitive development. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(11), 911–928. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00001>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44, 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hill, A. V., Long, C. N. H., & Lupton, H. (1924). Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilisation of oxygen.— Parts VII–VIII. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 97(682), 155–176. <https://doi.org/10.1098/rspb.1924.0048>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2018). Internal and External Training Load : 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273.
- Jiménez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Ortega-Becerra, M., Párraga, J., & González-Badillo, J. J. (2019). Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 1029–1037. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1539445>

- Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring Training Load in Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 406–411.
- Legaz Arrese, A. (2013). *Manual de entrenamiento deportivo* (Paidotribo (ed.)). Paidotribo.
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., & Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PloS One*, 12(7), e0181855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>
- Mujika, I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S29–S217. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0403>
- Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10(3), 123–145. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010003123.x>
- Opie, L. H. (1998). *Heart Physiology: From Cell to Circulation* (Lippincott Williams and Wilkins (ed.)); 4th ed.).
- Platonov, V. N. (2001). Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico. In *Libro* (Vol. 53, Issue 9).
- Seifert, J., Kroll, J., & Muller, E. (2009). The relationship of heart rate and lactate to cumulative muscle fatigue during recreational alpine skiing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 698–704. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a2b55e>
- Spriet, L. L., Söderlund, K., Bergström, M., & Hultman, E. (1987). Anaerobic energy release in skeletal muscle during electrical stimulation in men. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 62(2), 611–615. <https://doi.org/10.1152/jappl.1987.62.2.611>
- Tomazin, K., Dolenec, A., & Strojnik, V. (2008). High-frequency fatigue after alpine slalom skiing. *European Journal of Applied Physiology*, 103(2), 189–194. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0685-y>
- Tudela Desantes, A., Aranda Malavés, R., Crespo Hervás, J. J., & González Ródenas, J. (2018). *Indicadores de carga de entrenamiento interna, fatiga y estado de bienestar durante el periodo competitivo en jugadoras de fútbol profesional*. Universitat de València.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135–2142. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0714-2>
- Williams, N. (2017). The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, 67(5), 404–405. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqx063>