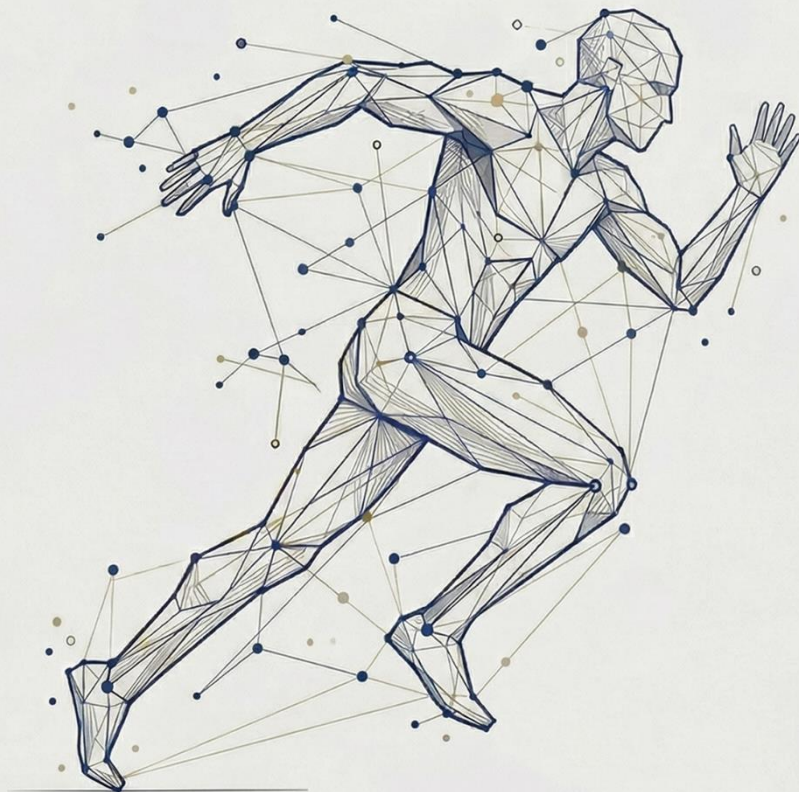


Dato, contexto y sensación

El rendimiento deportivo desde mi
perspectiva como investigador



Ph.D Claudio Nieto-Jiménez

Dato, contexto y sensación

*El rendimiento deportivo desde mi
perspectiva como investigador*

Ph.D Claudio Nieto-Jiménez
2026

Para mi hijo, Cristóbal...

...Porque aún en los días en que la vida me obligó a escribir más hacia adentro que hacia afuera, tu presencia siguió siendo mi forma más limpia de esperanza. Estas páginas nacieron entre preguntas sobre el esfuerzo y rendimiento, pero en el fondo también fueron una manera de no perder sentido, seguir ordenando el mundo para que, cuando la vida nos devolviera su ritmo, pudiera ofrecerte no solo conocimiento, sino también un testimonio de constancia, dignidad (verdad) y amor.

Si algo valen estas notas, es porque en ellas también estás tú: como dimensión silenciosa, fuerza serena y como recordatorio de que toda búsqueda profunda termina volviendo a aquello que la verdad sostiene...

*Con amor,
Tu padre.*

Índice

Prólogo	4
Introducción.....	7
Cómo leer el libro.....	11
Capítulo 1. Origen, formación y disciplina	13
Capítulo 2. Del mundo militar a la pregunta científica	21
Capítulo 3. Magíster y Doctorado	30
Capítulo 4. La Universidad de Otago	37
Capítulo 5. Regreso a Chile.....	45
Capítulo 6. Triatlón, trail running y sistemas complejos.....	51
Capítulo 7. Montaña, terreno y especificidad.....	57
Capítulo 8. Docencia, tesis y transmisión del conocimiento	63
Capítulo 9. Hacia una metodología del rendimiento	73
Epílogo	79

Prólogo

Este libro no nace del deseo de ofrecer una receta. Nace de la necesidad de ordenar una experiencia larga, exigente y a veces contradictoria: De haber conocido el rendimiento desde la formación militar, investigación científica, docencia universitaria y entrenamiento cotidiano de deportistas de resistencia. En ese trayecto, la palabra rendimiento dejó de significar solo marca, resultado o productividad. Empezó a nombrar algo más decisivo: capacidad de sostener una respuesta funcional frente a una exigencia concreta, sin perder de vista a la persona y su entorno.

Durante años observé una tentación recurrente, tanto en el deporte como en otros ámbitos de alta exigencia: reducir la complejidad del esfuerzo humano a una cifra. Un consumo máximo de oxígeno, frecuencia cardiaca, un ritmo, potencia o puntuación de fatiga. Todas esas medidas pueden ser valiosas; de hecho, bien utilizadas, lo son mucho. Pero ninguna, por sí sola, explica por qué un sujeto se adapta, por qué otro se estanca, por qué uno tolera mejor el frío, altura o falta de sueño, o por qué un atleta aparentemente preparado pierde orden cuando el contexto cambia. El rendimiento no cabe entero en una sola variable. Esa convicción no apareció de una vez; fue una conquista lenta.

Mi formación inicial no ocurrió en un estadio o en un centro de alto rendimiento, sino en el Ejército de Chile. Ese origen importa porque me enseñó muy temprano que el cuerpo no responde igual cuando el terreno es hostil, la fatiga se acumula, el sueño escasea e incertidumbre aprieta. Más tarde, el magíster, doctorado y el trabajo post doctoral transformaron esa intuición en pregunta científica. La fisiología del ejercicio me dio un lenguaje más preciso para pensar aquello que antes aparecía sobre todo como experiencia de terreno: la carga interna, recuperación, variabilidad de la frecuencia cardiaca

(VFC), los umbrales ventilatorios, adaptación a ambientes extremos e interpretación del esfuerzo en condiciones reales.

Este manuscrito busca reconstruir esa trayectoria de pensamiento. No es una autobiografía íntima, aunque la biografía esté presente. Tampoco es un tratado técnico cerrado sobre una sola línea de investigación. Es un libro de divulgación científica sostenido en una experiencia profesional y académica concreta. Por eso adopta una estructura cronológica: no para enumerar hitos, sino para mostrar cómo una manera de comprender el rendimiento fue tomando forma por capas. Primero, disciplina del cuerpo y su exposición al entorno; después, la formalización científica de la carga y su recuperación; y más tarde, ampliación metodológica y su aplicación al triatlón, al trail running o docencia con una propuesta de trabajo propia.

He querido escribir este libro para entrenadores, estudiantes de ciencias del deporte, kinesiólogos, investigadores jóvenes, deportistas de resistencia y también para lectores interesados en comprender mejor el esfuerzo humano. En ese sentido, es un libro pedagógico. No porque simplifique en exceso, sino porque intenta traducir. Traducir significa llevar conceptos desde la ciencia al campo sin vaciarlos de precisión; significa mostrar que los datos necesitan contexto y que el entrenamiento serio exige algo más que entusiasmo. Exige criterio.

Esa palabra, criterio, ocupa un lugar central en estas páginas. La tecnología ofrece cada vez más información, pero no necesariamente más comprensión. Un reloj puede registrar variaciones mínimas del pulso; un software puede resumir semanas completas de carga; un laboratorio puede medir con enorme precisión la ventilación o intercambio gaseoso. Nada de eso, sin embargo, sustituye esa tarea de interpretar, jerarquizar y decidir. El problema contemporáneo del entrenamiento no es solo falta de datos; es, muchas veces, dificultad para convertirlos en una lectura útil del deportista real.

Por eso, en estas páginas aparecerán la montaña, la marcha, hipoxia, hipotermia, privación del sueño, VFC, recuperación post esfuerzo, el triatlón, trail running, docencia y la investigación. Pero no como temas dispersos. Todos están unidos por una misma pregunta de fondo: cómo comprender el rendimiento humano sin reducirlo a una métrica ni romantizarlo como si fuera puro carácter. Mi respuesta, siempre provisional, ha sido trabajar en la intersección entre ciencia, experiencia y contexto. Allí sigue estando, a mi juicio, el lugar más fértil para pensar el entrenamiento.

No intento presentar aquí una trayectoria impecable o una historia ascendente sin fisuras. Me interesa, más bien, mostrar cómo se fue construyendo una mirada. Si el libro logra transmitir algo, quisiera que fuera esto: entrenar bien exige más observación que dogma, más capacidad de escucha que ansiedad por controlar, y más inteligencia para leer el proceso que fascinación por el resultado aislado. Porque, al final, la excelencia no consiste en parecer invulnerable, sino en construir respuestas cada vez más ajustadas a las exigencias reales del entorno.

Introducción

Rendimiento es una palabra usada con demasiada facilidad. En la cultura deportiva contemporánea suele asociarse a productividad, eficiencia o éxito competitivo, como si el cuerpo fuera una máquina lineal que, bien calibrada, debiera devolver siempre una mejora visible. Sin embargo, cuando uno observa con mayor atención la respuesta humana al esfuerzo, advierte que el rendimiento no se reduce a una salida mecánica. Es una forma de organización del organismo frente a una demanda concreta, y esa organización depende de la historia del sujeto, de su estado de entrenamiento, del ambiente y del modo en que la carga es procesada por múltiples sistemas al mismo tiempo.

Mi acercamiento a este problema no fue primero teórico, sino práctico. Antes de trabajar con conceptos como carga interna, recuperación o dinámica no lineal, conocí el rendimiento como experiencia de exigencia. En el mundo militar, el cuerpo no interesa solo por lo que puede producir, sino también por lo que puede sostener y por las condiciones en que empieza a deteriorarse su funcionamiento. La altura, frío, falta de sueño, marchas prolongadas, el peso del equipo y la necesidad de conservar lucidez operacional obligan a leer el esfuerzo como un fenómeno simultáneamente fisiológico, mecánico y contextual. Allí apareció una intuición que más tarde la fisiología del ejercicio me permitiría nombrar con mayor precisión: la respuesta al esfuerzo nunca es puramente muscular ni puramente cardiovascular; es sistémica.

Con los años, esa intuición se transformó en una forma de trabajo. La evaluación funcional empezó a ocupar un lugar central, no como ritual técnico, sino como acto de comprensión. Evaluar significa observar de manera estructurada su relación entre una tarea y la respuesta que esa tarea provoca. En términos simples, significa

estudiar qué hace el sujeto y su costo de hacerlo. Esa lógica organiza buena parte del entrenamiento moderno: la velocidad, potencia, volumen, el desnivel o duración solo adquieren sentido real cuando se vinculan con ventilación, frecuencia cardiaca, percepción del esfuerzo, recuperación, fatiga acumulada, sueño y otros indicadores del estado del organismo.

En ese proceso, la carga interna se volvió para mí un concepto decisivo. Durante mucho tiempo, una parte importante del entrenamiento se pensó casi exclusivamente desde la carga externa: kilómetros, peso, tiempo, potencia, ritmo. Pero dos sujetos pueden cumplir exactamente la misma tarea y vivir experiencias fisiológicas muy distintas. Lo que para uno constituye un estímulo adaptativo, para otro puede significar desorganización, fatiga excesiva o riesgo. La carga interna no resuelve por sí sola el problema del rendimiento, pero obliga a formularlo mejor: recuerda que el entrenamiento ocurre dentro del cuerpo y no solamente en trainingpeaks (excel de planificación).

Este libro se apoya en esa convicción. A lo largo de sus páginas aparecerán distintos lenguajes e instrumentos para abordar el problema: mediciones ventilatorias, variabilidad de la frecuencia cardiaca, estudios de recuperación, observación del desempeño en ambientes extremos, monitoreo longitudinal y lectura aplicada del entrenamiento en deportes de resistencia. Pero el propósito no es rendir culto a la tecnología. Al contrario, uno de los riesgos del entrenamiento contemporáneo es suponer que más datos equivalen automáticamente a mejor comprensión. Mi experiencia ha sido otra: mientras más información se dispone, más importante se vuelve la capacidad de jerarquizarla. No todo lo medible es decisivo, y no todo lo decisivo aparece fácilmente medido.

Por eso, junto al dato, este libro quiere mantener siempre el contexto y sensación. Un triatleta puede presentar una frecuencia cardiaca prevista para una determinada sesión y, sin embargo, describir una percepción de esfuerzo anómala, una pesadez muscular inhabitual o una dificultad ventilatoria que obliga a reinterpretar lo que aparentemente estaba “en rango”. Del mismo modo, un sujeto puede completar una tarea sin mostrar deterioro evidente y, aun así, arrastrar un costo fisiológico relevante cuando se consideran el sueño, ambiente o la dinámica de recuperación. El dato sin contexto puede engañar; la sensación sin contraste también. El trabajo serio comienza cuando ambas dimensiones se obligan mutuamente a volverse más precisas.

La cronología del libro responde a su necesidad de mostrar cómo se construye una mirada. Los primeros capítulos recorren la formación militar, experiencia en montaña y las primeras preguntas sobre adaptación humana en ambientes exigentes. Luego aparecen el magister y doctorado, etapas en las que la fisiología del ejercicio ofreció un lenguaje más fino para pensar problemas que antes se observaban sobre todo desde la práctica. Más adelante, la experiencia internacional y el trabajo con deportistas de resistencia amplían el método y desplazan el foco hacia el triatlón, trail running, docencia y la formulación de una propuesta propia. No se trata, por tanto, de una cronología ornamental, sino del modo en que una forma de entender el rendimiento fue ganando precisión.

Elegí un tono divulgativo porque una parte importante del conocimiento en ciencias del ejercicio sigue circulando con dificultad entre quienes más podrían usarlo. La divulgación, bien entendida, no empobrece los conceptos; los vuelve transitables. Traducir significa hacer accesibles ideas complejas sin volverlas banales y sin escribir solo para quienes ya dominan el lenguaje técnico. En ese punto, este libro también es una apuesta docente: no busca únicamente exponer

resultados o trayectorias, sino contribuir a formar una manera más rigurosa de leer el esfuerzo humano.

En ese sentido, la historia que sigue es también un recorrido de desplazamiento. Primero, la pregunta fue cómo responden los sujetos en ambientes extremos y bajo exigencias operacionales/tácticas. Después, cómo medir esa respuesta con mayor detalle. Más tarde, cómo interpretar la carga en contextos deportivos de resistencia. Y finalmente, cómo convertir todo ello en una metodología que no quede encerrada en el laboratorio o el campo, sino que circule entre ambos. El lector encontrará aquí montaña, hipoxia, privación del sueño, recuperación, VFC, seguimiento longitudinal, triatlón, trail running y docencia. Pero, por debajo de esa diversidad, persistirá una sola pregunta: cómo comprender mejor al ser humano cuando se esfuerza.

Eso es, en el fondo, lo que organiza las páginas que vienen. No un elogio de la dureza, o una apología del control total, o defensa de una escuela única de entrenamiento. Lo que sigue es una propuesta de lectura del rendimiento construida con años de servicio, estudio, investigación, enseñanza y trabajo aplicado. Una lectura que asume que el sujeto es más complejo que cualquier protocolo aislado y que la buena ciencia no sirve para domesticarlo por completo, sino para dialogar mejor con él.

Cómo leer el libro

Lo que sigue debe leerse, por tanto, no como una simple sucesión de hitos biográficos, sino como la construcción progresiva de una mirada. La cronología importa aquí en la medida en que permite ver cómo ciertas preguntas fueron cambiando de forma sin perder del todo su núcleo: primero aparecieron como experiencia de exigencia; después, como problema fisiológico; más tarde, como problema de entrenamiento, docencia e interpretación.

El libro recurre con frecuencia a variables fisiológicas, pero no para tratarlas como fetiches. La ciencia importa porque obliga a volver más rigurosa la observación; experiencia importa porque recuerda que toda medición ocurre sobre personas reales, insertas en contextos concretos. Entre ambas no hay oposición necesaria. Lo que me ha interesado, más bien, es el espacio de traducción entre una y otra.

Si hubiera que nombrar el eje que atraviesa estas páginas, lo haría con tres palabras: dato, contexto y sensación. El dato importa porque obliga a contrastar intuiciones y protege contra la arbitrariedad. El contexto importa porque ninguna medición existe aislada del ambiente, del momento, del historial de carga y del tipo de tarea. La sensación importa porque el cuerpo vivido no coincide siempre de manera exacta con esa métrica disponible. Cuando estas tres dimensiones se separan, el entrenamiento se empobrece: el dato se vuelve una ilusión de precisión, el contexto se diluye en relato y la sensación queda expuesta al sesgo. Cuando dialogan, en cambio, su lectura del rendimiento se vuelve más inteligente.

Esa lógica sugiere al capítulo siguiente. El punto de partida de esta historia no está en el laboratorio o en una teoría ya consolidada, sino en una experiencia formativa donde el sujeto (y su entorno), el terreno y la exigencia aparecieron unidos desde el comienzo. Por eso el

primer capítulo no debe leerse solo como antecedente biográfico, sino como la exposición de una matriz desde la cual empezó a formularse todo lo demás.

Capítulo 1. Origen, formación y disciplina

Cuando se habla de rendimiento deportivo suele pensarse en el estadio, pista atlética, gimnasio, piscina o la montaña. En mi caso, la primera comprensión sistemática del rendimiento nació en la piscina bajo la formación de entrenadores excepcionales y posteriormente en la formación militar. Si bien fui deportista (nadador y triatleta) antes de ingresar al Ejército y fue precisamente por esta primera disciplina que fui becado para ingresar a sus filas. Ese dato biográfico no es accesorio: define el tipo de preguntas que aparecieron primero. Antes de preguntarme cómo mejorar el rendimiento de un triatleta o cómo seguir longitudinalmente la fatiga de un trail runner, me pregunté qué hace el sujeto cuando debe sostener eficiencia bajo disciplina, frío, altura, peso externo y privación relativa de confort. Esa forma de mirar el esfuerzo, marcada por el entorno táctico, sucede a la mirada deportiva y explica una parte importante de mi desarrollo posterior. Los detalles de mi trayectoria deportiva anterior al Ejército están consignados en el primer capítulo del “*Camino a la excelencia*” (1).

El ingreso a la Escuela Militar en 1997 significó entrar a una cultura donde el sujeto no era entendido solo como vehículo de destrezas, sino también como soporte de responsabilidad, obediencia y resistencia organizada. La formación de Oficial de Ejército y obtención posterior de la Licenciatura en Ciencias Militares en 1999 introdujeron una primera matriz interpretativa: el desempeño corporal no podía separarse de la disciplina o del contexto. En términos actuales, podría decir que allí aprendí a mirar la carga antes incluso de nombrarla como tal. Cada marcha, periodo de instrucción y cada exigencia en terreno mostraban que respondemos de modo distinto cuando la tarea, ambiente y su exigencia cognitiva se superponen.

Con el tiempo, esa experiencia profundizó otros escenarios específicos, como la formación de guía de montaña en Italia (18

meses) y de paracaidismo en el Ejército argentino. No se trató de episodios ornamentales dentro de una carrera, sino de instancias donde la relación entre técnica, preparación física y tolerancia al entorno aparecía de manera muy concreta. La montaña enseña rápido una lección que la fisiología luego detalla con mayor precisión: *el medio modifica la función*. No existe rendimiento abstracto; siempre hay rendimiento situado.

La tradición militar suele leerse desde fuera como pura disciplina externa. Sin embargo, vivida desde dentro, también puede ser una escuela de observación. Quien convive durante años con la exigencia física organizada aprende a distinguir entre cansancio transitorio y deterioro funcional, entre tolerancia entrenada y exposición temeraria, entre esfuerzo útil y desgaste improductivo. Ese aprendizaje empírico no reemplaza la ciencia, pero sí construye una sensibilidad inicial decisiva. En mi caso, fue la base para comprender más tarde que una variable fisiológica aislada no basta para capturar la complejidad del rendimiento.

La carrera militar, extendida durante veintisiete años de servicio entre 1997 y 2023, aportó además una experiencia prolongada de liderazgo en unidades de alta montaña. Ese detalle importa porque esas reparticiones obligan a pensar al sujeto y su preparación en términos más exigentes que los de un entorno estándar. La altura, el frío, el desplazamiento prolongado, la fatiga por carga transportada y la necesidad de conservar claridad de decisión bajo estrés construyen un tipo de rendimiento en el que la fisiología deja de ser teoría para volverse límite cotidiano. Muchos años después, al revisar científicamente esos contextos, comprendí que gran parte de mis preguntas futuras ya estaban insinuadas allí.

Uno de los aportes del entrenamiento físico aplicado al contexto militar es recordar que la condición física no puede reducirse a una

sola capacidad. En la revisión sobre entrenamiento y evaluación de la capacidad física militar publicada junto a Marcela Cárcamo en el año 2016, aparece precisamente esa necesidad de entender la preparación como un conjunto de componentes integrados y funcionales a un tipo de tarea [2]. Esa lógica me resultó importante porque coincidía con una convicción que venía formándose desde antes: la utilidad de una medición depende del problema que se intenta resolver.

En el ámbito deportivo esta idea parece obvia, pero no siempre se aplica. También en el entrenamiento civil existe la tendencia a medir por costumbre, por disponibilidad tecnológica o por prestigio metodológico, sin definir con claridad qué decisión concreta se quiere tomar. El entrenamiento militar, al menos en sus expresiones más serias, tiene la ventaja de obligar a justificar la pertinencia de su valoración. Un test vale en la medida en que mejora la preparación para una tarea real. Ese criterio de pertinencia me acompañaría después al pasar al mundo universitario y deportivo.

La relación entre entorno hostil y respuesta fisiológica adquirió una formulación más precisa con el trabajo sobre estrés hipotérmico durante el entrenamiento de operaciones especiales en fuerzas militares chilenas [3], y con los estudios posteriores sobre marchas en baja y alta altitud [4,5]. Más allá de sus resultados específicos, esos trabajos confirmaban una idea que la experiencia ya había enseñado: cuando cambia el ambiente, cambia también el significado del esfuerzo. El costo fisiológico depende de la tarea, pero también del frío, altitud, estado de aclimatación, duración de la exposición y carga transportada [3–5]. Más tarde, este razonamiento sería muy útil para pensar el trail running, el ascenso en pendiente o el ejercicio en calor. Pero su origen estaba en problemas militares.

Por eso me interesa insistir en algo: la formación inicial no debe verse como una fase preliminar superada por la etapa científica posterior.

Fue, más bien, el inicio desde el cual la ciencia pudo adquirir sentido aplicado. Sin ese contacto temprano con ambientes exigentes, es probable que la fisiología me hubiera resultado más abstracta y menos encarnada. La experiencia militar no entregó todavía la fineza metodológica que vendría después, pero sí instaló una inquietud persistente: cómo comprender mejor al sujeto cuando debe rendir en condiciones reales y no solo en escenarios controlados.

Otro aspecto es que la vida militar obliga a tomar en serio la relación entre individuo y organización. El rendimiento no interesa únicamente por el sujeto aislado, sino por lo que puede sostener dentro de un sistema mayor. En términos deportivos, esto puede traducirse a la relación entre atleta, equipo técnico, planificación y cultura de entrenamiento. En términos militares, se hace visible en la necesidad de conservar eficacia colectiva a partir de la preparación individual. Esta tensión entre singularidad y estructura reaparecería más tarde en mi modo de entender la periodización deportiva: el plan organiza un conjunto de decisiones, pero no puede olvidar nunca la respuesta específica del individuo.

Sería un error romantizar esta etapa y describirla solo como una escuela de fortaleza. La experiencia militar también enseña sobre límites, fragilidad y error. El cuerpo puede sostener mucho, pero no cualquier cosa ni de cualquier modo. La insistencia ciega en la dureza suele pagar costos altos. En ese sentido, algunas de las preguntas que más tarde desarrollé sobre carga interna y recuperación nacieron también de haber visto que no toda exposición al esfuerzo genera adaptación. A veces produce simplemente desgaste.

Desde una perspectiva más amplia, el origen militar de esta historia aporta además una entrada particular a la discusión sobre excelencia, y fueron los fundamentos de mi primera obra de divulgación científica (1). En el imaginario público, la excelencia suele asociarse

a resultados visibles y a figuras excepcionales. En la formación militar, en cambio, aparece primero como capacidad de responder con confiabilidad y continuidad frente a una demanda concreta. Esa diferencia es sutil, pero importante. Me enseñó a valorar más la consistencia funcional que el brillo episódico y a desconfiar de ciertas narrativas románticas del rendimiento, tan frecuentes en el deporte contemporáneo. El cuerpo puede hacer cosas extraordinarias, sí, pero siempre dentro de una economía de costos, límites y contexto.

Por eso el concepto de disciplina ocupa aquí un lugar particular. No aludo solo a la disciplina moral o institucional, sino a la disciplina del sujeto: Su capacidad de habituarse a una lógica de preparación, dosificación, exposición progresiva y respuesta organizada frente a la carga. Mucho antes de trabajar con umbrales ventilatorios o con recuperación vagal post esfuerzo, la idea de disciplina ya estaba presente como una forma de preparación funcional. Cuando más tarde empecé a estudiar fisiología del ejercicio, reconocí en el lenguaje científico una formalización de intuiciones previas: adaptación, tolerancia, fatiga, recuperación, sobrecarga y especificidad.

Conviene subrayar, además, algo relevante para el lector no militar. El valor de esta etapa no reside en extrapolar sin más el mundo castrense al deporte civil. Sus lógicas, sus fines y sus restricciones son distintas. Lo que sí puede transferirse es la atención al contexto y al costo fisiológico de la tarea. Si algo aprendí en esos años es que el rendimiento nunca ocurre en el vacío. Está siempre mediado por ambiente, exigencia, historia previa y calidad de preparación. Esa idea recorrerá todo este libro.

Mirado desde hoy, ese origen no es un antecedente remoto, sino el primer eslabón de una forma de pensar. La ciencia vendría después a ordenar la experiencia, pero esa necesidad de comprender su adaptación ya estaba allí. Esa es, probablemente, la herencia más fértil

de la formación militar: haber entendido que el cuerpo no solo produce esfuerzo; también negocia con el entorno, fatiga y sus propios límites. La disciplina, la montaña, el peso externo, la exposición al frío y la necesidad de continuidad funcional construyeron un marco de percepción. Ese marco haría posible después la pregunta científica y, más tarde, la docencia y el entrenamiento aplicado.

Otro aprendizaje importante de este periodo fue que la disciplina no se construye solo desde el sufrimiento, como a veces sugieren las narrativas épicas. Se construye también desde la técnica, el ajuste fino del gesto o administración del peso, desde la respiración o el aprendizaje de la economía. En la marcha, por ejemplo, la forma de distribuir el esfuerzo y la manera de relacionarse con el terreno modifican el costo (eficiencia) global. Algo semejante ocurre más tarde en la natación, carrera y en el trail. La pedagogía de la economía del movimiento, tan central en los deportes de resistencia, tiene aquí un antecedente silencioso.

A esto se suma otro elemento que en el deporte recreativo suele olvidarse: la necesidad de estar disponible funcionalmente de manera repetida. No basta con rendir bien una vez. Hay que poder sostener una respuesta aceptable a lo largo del tiempo y en tareas sucesivas. Esa exigencia de continuidad tiene mucho en común con los deportes de resistencia, donde el rendimiento no depende solo de respuestas máximas, sino de la capacidad de mantenerse organizado dentro de un rango de exigencia prolongada. Desde este punto de vista, la preparación militar y preparación de un deportista de fondo comparten una pregunta: ¿cómo evitar que el cuerpo se desordene antes de que la tarea termine? La diferencia está en el contexto y en el fin, no en la estructura profunda del problema.

La montaña fue, en este sentido, una escuela especialmente rigurosa. A diferencia de los espacios controlados, obliga a leer al mismo tiempo el relieve, clima, carga transportada y capacidad real del sujeto. El terreno devuelve humildad al cuerpo. Un mismo individuo que en llano parece eficiente puede mostrar rápidamente ineficiencias posturales, limitaciones ventilatorias o una mala dosificación del paso cuando el desnivel se acumula. La montaña enseña que el rendimiento es inseparable de la relación entre cuerpo y ambiente. Esa lección, vivida primero como experiencia práctica, ayudaría después a entender por qué tantos modelos de entrenamiento fracasan cuando pretenden extrapolar mecánicamente datos de laboratorio a contextos ecológicos complejos. No es que el laboratorio mienta; es que describe solo una parte del problema [1–5].

Visto retrospectivamente, este primer periodo fue una escuela de preguntas más que de respuestas. El rendimiento apareció primero, para mí, como problema de adaptación humana. Si bien el rendimiento físico en la natación permitió mi ingreso al Ejército. Adaptarse significaba soportar y regular mejor, responder y mantener eficacia bajo condiciones complejas. Aun cuando el lenguaje posterior se vuelva más fisiológico y académico, la pregunta matriz seguirá siendo la misma: qué hace posible una respuesta estable cuando el contexto presiona en múltiples direcciones. Esa es la herencia profunda de esta etapa inicial y la razón por la que el libro comienza aquí. Para un entrenador, esta afirmación en si misma, puedo incluso ser una hipótesis.

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C. *El camino a la excelencia: el rendimiento desde mi perspectiva como entrenador*. Santiago de Chile: Antígrafo Ediciones Chile; 2025.
2. Nieto C, Cárcamo M. Entrenamiento y evaluación de la capacidad física militar. Revisión de la literatura. *Rev Esp Educ Fís Deportes*. 2016;(415).
3. Nieto Jiménez C, Cajigal Vargas J, Triantafilo Vladilo VS, Naranjo Orellana J. Impact of hypothermic stress during special operations training of Chilean military forces. *Mil Med*. 2018;183(7-8):e193-e199.
4. Nieto-Jiménez C, Vargas JC, Mainer EP, Naranjo Orellana J. Hormonal and haematological effects in a low-altitude winter march on Chilean military. In: *Camp*. 2019:227.
5. Nieto C, Vargas JC, Naranjo Orellana J. Hormonal changes in acclimatized soldiers during a march at a high altitude with mountain skis. *Arch Med Deporte*. 2019;36(193):302-308.

Capítulo 2. Del mundo militar a la pregunta científica

La experiencia práctica puede despertar preguntas importantes, pero no basta por sí sola para responderlas. En algún momento, la observación de terreno exige un lenguaje más preciso, un método de contraste y una forma de argumentación capaz de distinguir entre impresión y evidencia. Ese tránsito, desde el mundo militar y operativo hacia la pregunta científica, fue uno de los momentos decisivos de mi trayectoria. No ocurrió de golpe o por ruptura, sino por continuidad. La misma realidad que antes aparecía como exigencia funcional empezó a presentarse también como problema de investigación.

El Ejército ofrecía un campo fértil para esa transición. No solo por su exposición a ambientes extremos, sino porque varios de los problemas que allí se enfrentan son, en esencia, problemas fisiológicos aplicados: cómo responde el organismo a la privación de sueño, cómo se altera en condiciones de hipoxia, qué costo real tiene una marcha bajo condiciones frías, qué indicadores permiten detectar carga excesiva y cómo se organiza su recuperación tras una tarea demandante. El paso a la investigación no significó abandonar esas preguntas, sino someterlas a una forma de análisis capaz de producir conocimiento transferible.

La tesis doctoral sobre el efecto de la hipotermia, hipoxia hipobárica y privación del sueño como agentes estresores en fuerzas especiales del Ejército de Chile representó una síntesis temprana de esa orientación [1]. En ella confluyen varios de los ejes que venían apareciendo por separado: ambiente, estrés, carga y respuesta fisiológica. Su importancia no radica solo en el tema, sino su propósito de identificar estándares en esos ambientes extremos. El rendimiento deja de observarse únicamente desde el resultado final de la tarea y empieza a analizarse desde su perturbación/variabilidad

sistémica que la tarea produce. Eso obliga a medir mejor, a seguir procesos y a desconfiar de explicaciones demasiado simples.

La privación del sueño fue uno de esos problemas donde la intuición práctica encontró una formulación más precisa. El estudio piloto sobre VFC para evaluar el efecto de la privación del sueño en tropas especiales de montaña mostró que la VFC podía ofrecer una ventana sensible a su respuesta autonómica frente a un estresor operacional [2]. Más allá del tamaño muestral y limitaciones propias de un diseño piloto, el valor conceptual de ese trabajo fue claro: fatiga y carga no debían seguir analizándose solo desde variables externas o desde el desempeño inmediato, sino también desde indicadores internos capaces de revelar cambios en la regulación o su efecto combinado.

Para un lector no especialista conviene detenerse brevemente aquí. La VFC se refiere a la fluctuación en el tiempo entre latidos sucesivos. Lejos de ser un error o una inestabilidad indeseable, esa variabilidad expresa la capacidad del sistema cardiovascular para adaptarse a demandas cambiantes. En reposo, ciertos patrones se asocian con una modulación vagal más alta y con un estado de recuperación más favorable. Durante y después del esfuerzo, su comportamiento puede ofrecer información indirecta sobre el costo interno del ejercicio y sobre la forma en que el organismo recupera control autonómico [2–5].

La cautela metodológica es aquí decisiva. En el entrenamiento contemporáneo, la VFC se ha vuelto una herramienta popular y, a veces, se presenta como si fuera un oráculo infalible. Mi experiencia investigando con ella fue en la dirección opuesta: cuanto más se estudia, más evidente se vuelve su necesidad de contexto. La VFC puede verse afectada por sueño, hidratación, temperatura, estado emocional, historia reciente de carga y condiciones de medición. No es una medida mágica de fatiga o herramienta que reemplace el juicio

clínico o el conocimiento del sujeto. Precisamente por eso la investigación debía ir más allá del entusiasmo y precisar en qué condiciones aportaba información útil.

Ese esfuerzo de precisión aparece también en los trabajos sobre recuperación parasimpática tras el esfuerzo [3], es decir, la pendiente de recuperación de VFC (RMSSD-Slope) como indicador de carga interna [4] y sobre su utilidad en distintas situaciones deportivas [5]. En conjunto, estos estudios ayudan a desplazar la atención desde una lectura estática de la VFC hacia su dinámica de recuperación. La idea me interesa porque no solo importa cómo está el sistema en reposo, sino cómo vuelve a organizarse después de una perturbación o carga física. En un sentido más amplio, la recuperación deja de verse como descanso y pasa a entenderse como un fenómeno medible, interpretable y conectado con la magnitud de la carga recibida.

La noción de recuperación parasimpática fue especialmente importante en mi propia evolución teórica. En el terreno militar, la recuperación suele evaluarse de manera práctica: quién está en condiciones de continuar, muestra signos de agotamiento o requiere reorganización de la tarea. La investigación permitió pensar su recuperación como proceso cuantificable. Si la frecuencia cardíaca y su variabilidad no regresan con una dinámica determinada tras el esfuerzo, esa información puede sugerir que el sujeto no ha recuperado adecuadamente o que existen factores adicionales afectando su regulación [3–5]. Otra vez, su utilidad depende del contexto, pero el principio general muestra la forma de recuperar también informa sobre el costo de la tarea concreta. Esto es determinante cuando prescribimos tareas de campo como repeticiones o intensidades concretas.

Paralelamente, el trabajo con hipoxia hipobárica y con ambientes fríos mostraba que los estresores ambientales alteran la respuesta

interna de manera significativa [1]. La altura no es solo un problema para montañistas o atletas de élite; es un ejemplo pedagógico de cómo el ambiente cambia el significado de una tarea aparentemente equivalente. Una marcha, una sesión aeróbica o un esfuerzo submáximo adquieren otro costo cuando disminuye la disponibilidad de oxígeno. Lo mismo ocurre con el frío o con la privación del sueño. En todos esos casos, la pregunta central deja de ser únicamente cuánto se hizo y pasa a ser bajo qué condiciones se hizo y con qué respuesta interna.

Esa lógica fue organizando también la manera en que entendí la gestión académica e investigación aplicada dentro del ámbito militar. Ser responsable de investigación para el combate en la *División Doctrina* y participar en la creación de un reglamento de lecciones aprendidas o trabajar en la actualización de programas de medicina preventiva del Ejército no significaba solo ocupar cargos. Significaba intentar que la experiencia y evidencia dialogaran mejor. La gestión del conocimiento no era un adorno burocrático, sino una forma de evitar que las lecciones fisiológicas y operacionales quedaran dispersas o dependieran solo de memoria individual.

En retrospectiva, esta etapa me enseñó dos cosas. La primera fue que la ciencia aplicada necesita preguntas con realidad y aplicabilidad práctica. Los estudios más interesantes rara vez nacen de un vacío metodológico; nacen de una dificultad concreta que exige ser comprendida mejor. La segunda es que transferencia del conocimiento depende tanto del rigor como del lenguaje. Si los hallazgos no se traducen en decisiones, protocolos, cambios de preparación o criterios de seguimiento, su efecto práctico se reduce. Esa convicción explicará en los capítulos siguientes (Cap. VIII) mi interés creciente por la docencia y divulgación.

Otro aprendizaje decisivo de este período fue comprender que no toda carga es visible desde fuera. Dos sujetos pueden completar la misma tarea con tiempos similares y, sin embargo, mostrar perfiles internos distintos. Dos personas pueden tolerar aparentemente una noche de sueño restringido y responder después de manera muy diferente frente a un nuevo estímulo. Dos atletas pueden salir airosos de una sesión intensa y presentar recuperaciones vagas divergentes [2–5]. Esa disociación entre conducta externa y costo interno se volvió una preocupación metodológica persistente. No para reemplazar la observación del desempeño, sino para volverla más inteligente.

Aquí ya aparecen, aunque todavía en contexto militar, varios de los ejes que luego dominarán la segunda mitad del libro: importancia de la carga interna, necesidad de seguimiento longitudinal, interpretación de la fatiga más allá del resultado inmediato y desconfianza frente a las lecturas simplistas del rendimiento. Esa continuidad importa porque muestra que el paso hacia el deporte de resistencia no fue un giro oportunista, sino una extensión lógica. El triatlón y el trail running me interesarían más tarde por razones específicas, pero la matriz conceptual ya estaba armada: esfuerzo prolongado, ambiente, costo interno, regulación y recuperación.

Hay, además, un aspecto humano que la investigación en contextos militares permite apreciar con especial claridad: el organismo no responde como una suma de sistemas independientes. La altura puede modificar la ventilación y frecuencia cardíaca, pero también afecta percepción, atención y toma de decisiones. La falta de sueño no solo altera el tono autonómico; también cambia la disposición emocional y calidad del control ejecutivo. El frío no es únicamente un problema térmico; puede alterar la coordinación y economía del esfuerzo. Esta visión integradora del cuerpo sería fundamental más adelante al trabajar con deportistas, porque ayuda a no caer en reduccionismos fisiológicos que olvidan el comportamiento real [1,2].

Tal vez por ello, esta etapa no debería describirse solo como un proceso de tecnificación. Fue, sobre todo, un proceso de afinamiento de la pregunta. La ciencia no vino a reemplazar la experiencia previa, sino a volverla más exigente. Comencé a desconfiar de las explicaciones rápidas, de las relaciones causales demasiado lineales y de la fascinación con un solo indicador. También entendí que investigar implica aceptar límites: muestras pequeñas, contextos difíciles, variabilidad individual alta y múltiples factores concurrentes. Lejos de invalidar la investigación aplicada, esas dificultades se vuelven más honesta.

En ese punto apareció una intuición que me acompañaría siempre: el mejor uso de la ciencia del ejercicio no consiste en producir control absoluto, sino en reducir incertidumbre con inteligencia. Quien trabaja con sujetos reales sabe que nunca medirá todo ni siquiera anticipará cada respuesta. Pero sí puede construir mejores marcos de interpretación, reconocer patrones y evitar errores groseros. La carga interna y la recuperación, tal como empecé a estudiarlas en esta etapa, me parecieron precisamente eso: herramientas para reflexionar mejor, no para eliminar la complejidad [3–5].

El tránsito desde el mundo militar a la pregunta científica fue, en suma, una reorganización del modo de mirar. El esfuerzo dejó de ser solo una experiencia exigente y pasó a ser un objeto de análisis. La fatiga dejó de ser solo una sensación o una constatación operacional y empezó a entenderse como un fenómeno regulatorio, parcialmente medible. El ambiente dejó de ser mero escenario y apareció como modulador activo del costo fisiológico. Esa reorganización preparó el terreno para la siguiente etapa: la consolidación de una identidad claramente más académica en torno a la fisiología del ejercicio, el control de carga y VFC.

Si el primer capítulo mostraba el rendimiento como problema de adaptación, este segundo muestra algo más: su necesidad de estudiarlo con método. Allí comienza, de verdad, la transformación de la experiencia en conocimiento. No para despojar al esfuerzo, sino para leer con mayor precisión aquello que el cuerpo expresa cuando la carga se vuelve significativa.

Lo más fértil de esta etapa fue, quizás, haber sustituido una pregunta ingenua, qué variable explica el rendimiento, por una pregunta más útil: qué combinación de observaciones ayuda a disminuir el error al interpretar la respuesta al esfuerzo. Esa reformulación es menos espectacular, pero mucho más fértil. No promete certezas absolutas; promete mejores criterios. Y esos criterios serían los que luego viajarían conmigo al aula y al entrenamiento deportivo.

También aprendí a valorar de otro modo el error. El error metodológico no es solo un problema estadístico o técnico; puede convertirse en error de decisión. Interpretar mal la carga interna o recuperación puede llevar a exponer de más a un sujeto, a subestimar un proceso de fatiga o sobre reaccionar frente a una variación inocua. Esto vuelve especialmente importante la combinación de herramientas. La VFC, observación clínica, percepción del sujeto, registro de sueño y análisis del entorno no compiten entre sí; se corrigen y enriquecen mutuamente. Esa visión multimodal, tan relevante hoy en los deportes de resistencia, empezó a ordenarse aquí como necesidad práctica.

Este período me dejó también una lección sobre escalas temporales. En fisiología aplicada, los cambios de un día importan, pero los cambios de semanas y meses importan más. Una medición puede delatar una alteración puntual; una secuencia revela una adaptación o una deriva. En el ámbito militar, donde la exigencia puede agruparse en bloques intensos, esta distinción ya era visible, aunque no siempre

se formulara así. La investigación permitió convertirla en criterio: diferenciar entre efecto agudo y acumulación, entre perturbación transitoria y patrón persistente. Sin esa distinción, el monitoreo corre el riesgo de volverse reactivo y errático.

En términos más amplios, la investigación en ambiente militar también me obligó a pensar la relación entre fisiología y toma de decisiones. Una respuesta cardiaca alterada o una recuperación enlentecida no importan solo por su significado biológico, sino por las consecuencias que pueden tener sobre la capacidad de decidir bien bajo carga. Este vínculo entre función fisiológica y conducta de acción reaparecería más tarde en el deporte, cuando la fatiga empezó a interpretarse no solo como descenso del rendimiento físico, sino también como alteración de aquella calidad con que el atleta administra ritmo, técnica o alimentación. La fisiología aplicada se vuelve verdaderamente interesante cuando dialoga con la conducta real.

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C. *Effect of hypothermia, hypobaric hypoxia and sleep deprivation as stressing agents in special forces of the Chilean Army* [doctoral thesis]. Universidad Pablo de Olavide; 2019.
2. Nieto-Jiménez C, Naranjo Orellana J. Heart rate variability to assess the effect of sleep deprivation in mountain troops of the Chilean army: a pilot study. *Arch Med Deporte*. 2020;37(195):13-18.
3. Ruso-Álvarez JF, Nieto C. La recuperación parasimpática tras el esfuerzo como medida de carga de trabajo. *Arch Med Deporte*. 2019;36(194):356-359.
4. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Recovery slope of heart rate variability as an indicator of internal training load. *Health*. 2019;11(2):211-221.
5. Ruso-Álvarez JF, Nieto-Jiménez C, Muñoz-López A, Naranjo Orellana J. Utility of the RMSSD-Slope to assess the internal load in different sports situations. *Health*. 2019;11(6):683-691.

Capítulo 3. Magíster y Doctorado

Toda trayectoria profesional atraviesa momentos en los que el lenguaje disponible deja de bastar. En mi caso, ese momento se hizo evidente al pasar del campo práctico en contextos militares a la necesidad de comprender con mayor profundidad los mecanismos del esfuerzo y la recuperación. El Magíster en Medicina Deportiva y Ciencias del Deporte (2014), y posteriormente el Doctorado en Ciencias del Deporte, finalizado en Sevilla (2019), no fueron solo grados académicos. Fueron etapas de reorganización intelectual. A través de ellas, la fisiología del ejercicio dejó de ser un conjunto de conceptos útiles y se convirtió en una estructura de pensamiento capaz de vincular ambiente, carga, sistema autónomo y rendimiento.

El magíster representó una primera entrada ordenada al lenguaje fisiológico contemporáneo. Ya no se trataba solo de saber que el esfuerzo desgasta o que la altura exige más, sino de entender cómo se modifican el transporte de oxígeno, la ventilación, regulación autonómica, comportamiento metabólico y recuperación según el tipo de estímulo. Esa formación fue importante porque ofreció una arquitectura conceptual para preguntas que venían gestándose desde antes. También permitió orientarme a relacionar mi experiencia del terreno con una tradición académica, donde la respuesta al ejercicio se estudia desde protocolos, marcadores, modelos de adaptación y discusión crítica de la evidencia.

El Doctorado profundizó ese proceso y le dio una dirección propia. Si el magíster ordenó el lenguaje, el Doctorado definió con mayor claridad el problema central: cómo interpretar la carga y recuperación a partir de indicadores fisiológicos dinámicos, con especial interés en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC). En el fondo, era una pregunta práctica: *¿Era posible leer mejor el costo interno del ejercicio y calidad de su recuperación sin depender exclusivamente*

de observaciones externas o de valoraciones retrospectivas del sujeto?, la respuesta no fue absoluta, pero el recorrido mostró que sí era posible avanzar si se afinaban los métodos y, sobre todo, las preguntas.

Para comprender la importancia de esta etapa conviene detenerse en la VFC. En términos divulgativos, ya mencionamos en los capítulos anteriores que esas fluctuaciones expresan parte de la interacción entre sistemas reguladores, en especial del sistema nervioso autónomo. Algunas métricas lineales, como la RMSSD, se han usado de forma extendida para aproximarse a la modulación vagal, especialmente en reposo. Su relativa sencillez de cálculo y su sensibilidad a cambios de carga y recuperación la volvieron muy popular en deporte. Sin embargo, una de las lecciones más importantes del Doctorado fue que esa popularidad debía ir acompañada de una comprensión crítica.

Las métricas lineales (como la RMSSD) resumen magnitudes de variabilidad y resultan valiosas cuando el objetivo es seguir tendencias en contextos bien controlados. La RMSSD, por ejemplo, puede aportar información sobre la recuperación nocturna, el efecto agudo de una carga intensa o cambios longitudinales tanto en deportistas como en sujetos físicamente activos [1,2,5]. Pero el corazón no funciona como un metrónomo al que baste medirle amplitudes. Su comportamiento también puede analizarse en términos de complejidad, fractalidad, regularidad y organización temporal. Allí aparecen las métricas no lineales, como el DFA- α 1 o entropía muestral, que permiten estudiar la estructura de la señal más allá de su mera dispersión.

El interés por estas métricas no lineales no respondía a una fascinación técnica, sino a un problema conceptual, los sistemas biológicos complejos raramente se comportan de manera lineal. Su

respuesta no es simplemente proporcional al estímulo, y su organización cambia con la intensidad, fatiga y con el estado del sistema. En ese contexto, estudiar la complejidad de su señal cardíaca durante y después del esfuerzo ofrecía una promesa, captar *algo* de la reorganización sistémica que acompaña la transición entre distintos estados fisiológicos, como los hitos ventilatorios. Los trabajos sobre dinámica no lineal del corazón durante y después de tres intensidades controladas de ejercicio [3] y sobre complejidad cardíaca [4] fueron decisivos para profundizar esa línea.

Explicado en un lenguaje menos técnico, lo que esas investigaciones sugieren es que el corazón late más rápido o más lento según la intensidad. También cambia la manera en que organiza sus fluctuaciones. A intensidades bajas o moderadas, la señal conserva ciertos patrones de complejidad compatibles con una regulación flexible. A medida que la intensidad aumenta, esa organización tiende a modificarse. El valor pedagógico de esta idea es importante porque ayuda a entender que el esfuerzo no es solo una subida de variables, sino una reorganización del sistema. Más adelante, esta manera de pensar sería muy útil para leer umbrales y transiciones en deportes de resistencia [3,4].

Sin embargo, fue igualmente importante reconocer los límites. Ninguna métrica no lineal debería convertirse en dogma. Su cálculo requiere calidad de señal, control de artefactos y prudencia interpretativa. Una mala adquisición, un exceso de corrección o un contexto de medición mal definido pueden llevar a conclusiones exageradas. Durante esta etapa aprendí a valorar tanto el potencial como la fragilidad metodológica de estas herramientas. Ese doble aprendizaje, interés y prudencia fue, probablemente, una de las ganancias más importantes del Doctorado.

Otras de las métricas importante en este periodo fue la pendiente de recuperación de VFC, desarrollada junto a José Naranjo. Ocupó un lugar especial porque conectaba muy bien el lenguaje científico con la utilidad aplicada [1,2]. La idea de resumir la velocidad con que ciertas métricas vagas se recuperan tras el esfuerzo no solo era elegante desde el punto de vista metodológico; también resultaba pedagógicamente potente. Permitía mostrar que la recuperación no es un tiempo muerto, sino una fase informativa del ejercicio. En ese sentido, la recuperación dejó de ser algo que ocurre después del entrenamiento y pasó a ser parte del entrenamiento mismo: una ventana desde la cual leer su costo [1,2].

El estudio piloto sobre mujeres activas no deportistas añadió otra dimensión importante [5]. Mostró que la VFC como indicador de carga interna no era un asunto restringido al deporte de alto rendimiento. La respuesta autonómica al esfuerzo y la dinámica de recuperación también importan en sujetos físicamente activos sin dedicación competitiva. Eso ampliaba el alcance de la discusión y reforzaba una idea que más tarde sería central en mi docencia: la fisiología del ejercicio no pertenece exclusivamente al deporte de élite; pertenece a toda situación en que un organismo es expuesto a una carga que puede adaptarlo o sobrepasarlo.

No obstante, el aporte más importante de esta etapa fue interno. El paso por magister y Doctorado consolidó una identidad como investigador que ya no dependía únicamente del contexto militar ni de una institución específica. La pregunta por el control de carga, la recuperación y respuesta autonómica empezaba a adquirir autonomía propia y podía trasladarse a otros escenarios. Esa movilidad conceptual sería decisiva cuando el foco se desplazara con mayor fuerza hacia el triatlón y el trail running.

La palabra fisiología, en este punto, merece una precisión. Puede parecer una colección de números sobre frecuencia cardíaca, ventilación o metabolismo. Entendida con mayor riqueza, es un modo de leer el cuerpo en acción. Esa segunda acepción fue la que se instaló en mí durante estos años. La fisiología no como inventario, sino como lenguaje para interpretar transiciones, límites, compensaciones y procesos de reorganización. El entrenamiento, visto así, deja de ser una mera secuencia de estímulos y se vuelve una conversación regulada por sistemas adaptativos.

Otro efecto importante de este período fue el desplazamiento desde una fisiología más descriptiva hacia una fisiología interpretativa. Ya no me interesaba solamente registrar que una variable sube o baja, sino qué historia contaba ese cambio dentro del proceso completo del sujeto. Esa forma narrativa de leer la fisiología sería fundamental para la posterior escritura divulgativa y para el trabajo pedagógico con estudiantes. Un buen lector de fisiología no es quien recita más mecanismos, sino quien puede enlazar esos mecanismos con una situación concreta de entrenamiento, con una decisión práctica y con un margen explícito de incertidumbre.

En la etapa Doctoral empecé a comprender con mayor claridad que la fisiología también tiene una dimensión filosófica modesta, pero real: obliga a pensar qué entendemos por orden en un sistema vivo. Un organismo entrenado no es el que nunca se altera, sino el que se altera de manera funcional y vuelve a organizarse con eficacia. Esta idea cambia por completo la forma de leer el esfuerzo. La fatiga ya no es únicamente enemiga del rendimiento; puede ser parte de su construcción, siempre que no exceda la capacidad de reorganización del sujeto. De ahí que la recuperación importe tanto como el estímulo y que los patrones dinámicos del corazón resulten tan sugerentes para interpretar la relación entre carga y adaptación [1–4].

Hubo además un efecto docente anticipado en esta etapa. A medida que la literatura científica se volvía parte cotidiana de mi trabajo, también se hacía evidente que leer artículos no equivalía a comprenderlos. Empecé a notar que muchos debates sobre entrenamiento se sostenían en citas parciales, extrapolaciones apresuradas o entusiasmos poco matizados. El Doctorado me enseñó a valorar la crítica metodológica no como gesto defensivo, sino como parte de ética profesional. Un entrenador que no sabe leer la letra pequeña de la evidencia corre el riesgo de aplicar con convicción aquello que no ha entendido realmente. Esa observación sería decisiva más adelante, al enseñar metodología de la investigación a futuros entrenadores.

En síntesis, el magíster y el doctorado hicieron posible el nacimiento de una mirada fisiológica en un sentido fuerte. No significaron abandonar la realidad del esfuerzo, sino encontrar un lenguaje más fino para leerla. La VFC, recuperación parasimpática, la RMSSD-Slope y las métricas no lineales no aparecieron como artefactos metodológicos de moda, sino como intentos por comprender mejor la lógica interna del rendimiento [1–5]. Esa mirada, todavía muy conectada con ambientes exigentes y con problemas de carga, estaba ya lista para ampliar su campo de aplicación. La etapa siguiente, el trabajo post doctoral en la Universidad de Otago, aportaría justamente eso: una internacionalización del método y una expansión hacia los atletas de resistencia en un sentido más amplio.

Si en el capítulo anterior la experiencia se convertía en pregunta científica, aquí la pregunta adquiere densidad teórica. La fisiología deja de ser un marco general y se transforma en una manera de pensar el rendimiento. Desde entonces, cada variable empezó a interesarme menos por su valor aislado que por la historia funcional que permitiría reconstruir. Esa fue, probablemente, la ganancia más profunda de este período.

Referencias del capítulo

1. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Recovery slope of heart rate variability as an indicator of internal training load. *Health*. 2019;11(2):211-221.
2. Ruso-Álvarez JF, Nieto-Jiménez C, Muñoz-López A, Naranjo Orellana J. Utility of the RMSSD-Slope to assess the internal load in different sports situations. *Health*. 2019;11(6):683-691.
3. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Non-linear heart rate dynamics during and after three controlled exercise intensities in healthy men. *Physiol Int*. 2021;107(4):501-512.
4. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Heart complexity (DFA and SAMPEN) during and after three controlled exercise intensities in healthy men.
5. Nieto-Jiménez C, Bertoglia-Ghiglino C, Soto-Voisier E, Morales-Rodríguez I, Sepúlveda-Catalán F, Quintiliano-Scarpell D, et al. Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de carga interna en mujeres no deportistas: estudio piloto. *Arch Med Deporte*. 2020;37(4):234-238.

Capítulo 4. La Universidad de Otago

La investigación cambia de escala cuando cambia de contexto. El post doctorado en fisiología del ejercicio realizado en la Universidad de Otago entre 2020 y 2021, representó precisamente ese tipo de cambio. No fue solo una experiencia internacional prestigiosa. Fue una ampliación del método, del lenguaje y horizonte comparativo. Llegar a una institución con tradición consolidada en ciencias del deporte permitió contrastar intuiciones y líneas previas con otra cultura académica, con otras formas de hacer docencia y con nuevas preguntas aplicadas al rendimiento.

La Universidad de Otago ocupó, en ese sentido, un lugar decisivo. Por un lado, ofreció la oportunidad de participar en proyectos de investigación de postgrado vinculados al efecto de la modalidad e intensidad del ejercicio en la recuperación aguda de triatletas y al rol del calor y la humedad ambiental en el ejercicio aeróbico y su adaptación metabólica. Por otro, supuso una experiencia docente concreta como profesor de laboratorios en cursos de fisiología del ejercicio y principios del ejercicio para la salud y el rendimiento. Ambas dimensiones, investigación y docencia, fueron inseparables gracias al apoyo del Doctor Jim Cotter. Enseñar en laboratorio obliga a volver observables los conceptos; investigar obliga a discutir sus límites. En mi recorrido tengo dos profesores de estatura docente den envergadura: José Naranjo (Sevilla) y Jim Cotter (Nueva Zelanda). La combinación fue enormemente formativa.

Hasta entonces, buena parte de mis preguntas había estado muy vinculada a ambientes extremos y a la fisiología de la carga de entrenamiento en contextos militares. La Universidad de Otago no borró ese pasado, pero sí lo desplazó hacia un universo más deportivo y comparativo. Los triatletas empezaron a ocupar un lugar privilegiado porque representan muy bien un problema que siempre

me interesó: el de la transferencia entre modalidades. Un mismo organismo nada, pedalea y corre, pero no lo hace del mismo modo ni con el mismo costo. Pensar la carga interna en triatlón exigía aceptar esa heterogeneidad y, por tanto, refinar la evaluación [1,3,4].

El trabajo posterior publicado sobre evaluación de la carga interna del ejercicio físico mediante la recuperación de la VFC en triatletas resume ese aprendizaje [1]. Allí, la recuperación vagal postejercicio aparece como una herramienta para leer el costo interno de esfuerzos realizados por atletas de resistencia en un contexto más directamente aplicable al entrenamiento. Lo importante no es solo que la VFC se use en triatlón, sino que su uso obliga a pensar la carga como un fenómeno integrado por modalidad, intensidad, estado del deportista y momento de la medición.

En paralelo, los estudios de caso publicados en 2020 sobre monitoreo de un corredor Ironman [2], correlación entre variabilidad de la frecuencia cardíaca basal y postejercicio con carga en atletas de resistencia [3] y carga de entrenamiento y variabilidad de la frecuencia cardíaca en una atleta femenina [4] ayudaron a consolidar una idea metodológica poderosa: el seguimiento longitudinal ofrece una riqueza que los cortes aislados rara vez alcanzan. En un deporte de resistencia, donde la adaptación se construye por acumulación y la fatiga puede ser tanto funcional como problemática, seguir la evolución del sujeto en el tiempo resulta más útil que buscar una verdad definitiva en una sola medición.

Este punto merece una breve explicación. El monitoreo longitudinal no significa vigilar obsesivamente al atleta ni producir datos por rutina. Significa observar tendencias. Una mala noche, un mal día de VFC o una sesión pesada aislada dicen relativamente poco si se consideran fuera de su secuencia. En cambio, una deriva persistente, una recuperación sistemáticamente enlentecida, una percepción de

fatiga reiterada o un patrón repetido de desacople entre carga externa y respuesta interna sí empiezan a contar una historia. Esa forma de leer procesos fue reforzada por el trabajo en la Universidad de Otago [2–4].

La experiencia docente en laboratorio dejó también una huella importante. Enseñar fisiología del ejercicio en una escuela de educación física y ciencias del deporte con tradición investigativa exige traducir conceptos sin vaciarlos de complejidad. Un estudiante entiende mejor la ventilación, la recuperación o la carga interna cuando puede verlas en datos, en protocolos y respuestas humanas concretas. Esta idea me acompañaría después al volver a Chile y hacer docencia en kinesiología y en postgrado: la ciencia del ejercicio se enseña mejor cuando puede tocar cuerpo y contexto al mismo tiempo.

Además, el paso por Nueva Zelanda favoreció una comparación cultural que no fue menor. Ver cómo se discute el rendimiento, investiga y articula el trabajo aplicado con atletas en otro ecosistema académico ayuda a tomar distancia de las propias costumbres. Esa distancia crítica no significa imitación acrítica del extranjero. Significa reconocer fortalezas y carencias, y entender que la internacionalización valiosa no consiste en copiar modas, sino en mejorar estándares de pregunta, método y comunicación.

Hay una lección adicional que vale la pena subrayar. La internacionalización solo adquiere sentido cuando vuelve transformada a su lugar de origen. Si un postdoctorado deja únicamente un sello de prestigio, su efecto es superficial. Si modifica la manera de enseñar, investigar y de acompañar procesos deportivos, entonces se convierte en capital intelectual real. La segunda mitad de este libro mostrará justamente ese retorno: la experiencia internacional reingresando al medio chileno como exigencia de mejor criterio, docencia y lectura del deportista.

En ese mismo período, el interés por herramientas digitales y monitoreo aplicado se expresó en el estudio de caso sobre uso de dispositivos digitales para seguir a un trail runner [5]. El texto anticipa una preocupación que se volvería cada vez más importante: cómo integrar la tecnología al seguimiento del deportista sin caer en su fetichización. El reloj, el GPS, registro de carga y métricas de recuperación pueden ser extraordinariamente útiles, pero solo cuando están subordinados a un marco de interpretación. De lo contrario, multiplican información sin aumentar comprensión. Esta crítica a la fascinación tecnológica tomó una forma mucho más nítida durante la experiencia post doctoral [5].

Otra consecuencia de la Universidad de Otago fue el desplazamiento de la pregunta desde la simple respuesta a la carga de entrenamiento hacia la especificidad de la modalidad. No es lo mismo recuperar después de nadar, de correr o de pedalear. No es lo mismo responder a una tarea en frío que a una tarea en calor y humedad. No es lo mismo interpretar la carga externa en un atleta unidisciplinario que en un triatleta. Estas diferencias, que podrían parecer obvias, suelen quedar aplanadas por modelos genéricos de entrenamiento. Trabajar en un entorno donde tales matices se discutían y se investigaban ayudó a consolidar mi desconfianza hacia las prescripciones universales [1–4].

Desde una perspectiva personal, el postdoctorado también significó un ensanchamiento de mi identidad profesional. Hasta entonces, mi trayectoria podía leerse principalmente como la de un oficial con fuerte desarrollo académico en fisiología del ejercicio y carga interna. Después de Otago, esa identidad empezó a incluir con mayor claridad la figura del investigador-docente expuesto internacionalmente al entrenamiento de resistencia. No se trataba de abandonar un pasado, sino de ampliarlo. La VFC, su recuperación parasimpática y la carga seguían siendo ejes, pero ahora se insertaban en preguntas más

directamente relacionadas con triatlón, trail running, modalidad e intensidad.

Esta expansión tuvo además un efecto epistemológico. Me hizo valorar aún más la necesidad de que la ciencia aplicada se mantenga cerca de la práctica sin perder densidad conceptual. Los estudios de caso, por ejemplo, son a veces menospreciados por su limitada generalización. Sin embargo, en el entrenamiento real pueden ser muy valiosos para describir patrones, sugerir hipótesis y mostrar la lógica longitudinal de una preparación [2,4,5]. Lo importante está en no sobreinterpretarlos. Un caso no prueba una ley universal, pero puede iluminar una forma de problema y ayudar al entrenador a mirar mejor a través de una metodología de trabajo.

Mirado retrospectivamente, Otago fue una etapa de internacionalización metodológica más que de consagración curricular. Enseñó a preguntar, comparar y a enseñar mejor. También ayudó a confirmar que el camino de investigación construido hasta entonces podía dialogar con problemas globales del entrenamiento de resistencia: monitoreo, carga interna, seguimiento longitudinal, recuperación posesfuerzo, calor, especificidad modal y traducción entre laboratorio y terreno. Esa legitimidad fue importante, pero lo fue aún más la convicción práctica que dejó: el rendimiento necesita marcos de lectura capaces de viajar entre contextos sin perder sensibilidad por el detalle.

Con ello se prepara la transición hacia la segunda mitad del libro. El retorno a Chile no será una simple vuelta, sino una etapa de síntesis. Lo aprendido en el Ejército, doctorado y en Otago empezará a converger con más claridad en la docencia universitaria, en el trabajo con triatletas y trail runners, en el monitoreo aplicado y en la formulación de una propuesta metodológica propia. Si los capítulos anteriores mostraron el nacimiento de una mirada, este capítulo

muestra su expansión. Los siguientes deberán mostrar su consolidación [1–5].

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C, Cotter JD, Van Duijn T, Gawn J, Valenzuela OFA, Roa MT. Evaluación de la carga interna del ejercicio físico mediante la recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en triatletas. *Retos*. 2024;(61):1555-1562.
2. Nieto C, Ruso-Álvarez J, Pardos-Mainer EE, Naranjo Orellana J. Heart rate variability in the training monitoring of an Ironman runner. A case study. 2020.
3. Nieto-Jiménez, C., Ruso-Álvarez, J. F., Pardos-Mainer, E., Schnettler-Ramírez, M., & Naranjo Orellana, J. (2020). Basal and post-exercise heart rate variability correlates with training load in endurance athletes.
4. Nieto-Jiménez C, Pardos-Mainer E, Ruso-Álvarez JF, Naranjo Orellana J. Training load and VFC in a female athlete: a case study. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2020;20(78):321-333.
5. Sánchez R, Nieto-Jiménez C. Use of digital devices to follow a trail runner. Case study. *Retos*. 2020;(83):582-586.

Hasta aquí, el recorrido ha mostrado una secuencia relativamente clara: primero la formación militar y la experiencia del sujeto/individuo bajo exigencia; luego la observación de la adaptación humana en ambientes extremos; más tarde, la formalización científica de la carga, recuperación y la VFC; y, finalmente, la ampliación metodológica que supuso la etapa en la Universidad de Otago. Lo que sigue empieza a converger en una forma más explícita de aplicación, docencia y propuesta metodológica.

El retorno a Chile ya no ocurre desde la posición inicial del Oficial que observa el esfuerzo ni desde la del investigador que recién empieza a formular preguntas. Ocurre desde una madurez distinta: alguien que ha estudiado, publicado, enseñado y contrastado su trabajo en contextos diversos. Por eso la segunda mitad del libro será una etapa de síntesis. Allí aparecerán con más fuerza el post doctorado en la Universidad Andrés Bello, la docencia de pre y postgrado, direcciones de tesis, trabajo como entrenador de triatlón y trail running y divulgación científica vinculada al equipo *Primer Umbral*.

También cambiará la escena principal del esfuerzo. Si en la primera mitad predominaban los ambientes extremos y la fisiología de la carga externa en contexto militar, ahora el foco se desplazará hacia el deportista de resistencia, su seguimiento longitudinal, relación con el sueño, percepción de fatiga, carga externa/interna y la especificidad del terreno. Sin embargo, no se trata de dos mundos separados. Lo aprendido sobre ambiente, costo fisiológico y regulación del organismo seguirá actuando como matriz interpretativa. La diferencia es que ahora esa matriz deberá ponerse a prueba en escenarios donde el entrenamiento, docencia y transferencia del conocimiento adquieren una centralidad mayor.

Los capítulos que siguen, por lo tanto, son consecuencia lógica de un trayecto previo. La experiencia en la Universidad Andrés Bello, la continuidad docente en la Universidad Mayor, el trabajo con triatletas y trail runners, y la formulación de una metodología propia en el equipo *Primer Umbral* no son piezas sueltas. Son manifestaciones distintas de una misma búsqueda: convertir la ciencia del ejercicio en una pedagogía del rendimiento que sea útil, rigurosa y humanamente legible.

Conviene subrayar, antes de avanzar, un punto metodológico que atraviesa toda la primera mitad: el rendimiento solo empieza a volverse intangible cuando se lo sigue en secuencia. La cronología del libro no es un capricho narrativo. Es una manera de mostrar que también las ideas se entrenan, exponen, se tensan, corrigen y refinan. Así como el cuerpo no se adapta por saltos arbitrarios, una mirada profesional tampoco madura de forma instantánea. Necesita tiempo, contraste y contexto.

La segunda mitad mostrará, en definitiva, cómo una trayectoria marcada por la montaña, fisiología y docencia desemboca en una metodología del rendimiento que intenta integrar ciencia aplicada, contexto, umbrales, fuerza, recuperación y humanidad del deportista. Si la primera parte explicó de dónde viene la mirada, la que comienza ahora deberá mostrar qué hace con ella.

Capítulo 5. Regreso a Chile

Cuando una trayectoria académica y profesional incluye una estadía postdoctoral internacional, el retorno al país de origen suele narrarse desde dos clichés opuestos. O bien se lo presenta como una vuelta nostálgica, marcada por el deseo de aplicar en casa lo aprendido afuera, o bien se lo interpreta como una pérdida de densidad, como si la centralidad del trabajo científico quedara inevitablemente atrás. Ninguna de esas lecturas describe bien mi caso. Mi regreso a Chile luego del post doctorado en la Universidad de Otago y del cierre de esa etapa entre 2020 y 2021 no tuvo el carácter de una retirada. Fue, más bien, el comienzo de una fase en la que la pregunta por la utilidad del conocimiento se volvió más exigente. La experiencia internacional me había permitido refinar método, lenguaje y diseño experimental; el desafío siguiente era demostrar que esa maduración también podía organizar docencia, mentoría y acompañamiento aplicado en el contexto chileno [1–3].

En este punto, la biografía profesional deja de avanzar solo por acumulación de grados o publicaciones y empieza a articularse como una estructura de transferencia. El postdoctorado en fisiología del ejercicio en la Universidad Andrés Bello, desarrollado entre 2023 y 2024, funcionó precisamente en esa dirección. No se trató únicamente de continuar una línea de investigación ya iniciada en carga interna y variabilidad de la frecuencia cardíaca. Se trató de volver con una mirada que ya había contrastado escenarios militares, contextos de laboratorio, estudios de caso en atletas de resistencia y docencia en otro sistema universitario. Lo importante no era repetir lo hecho, sino reordenarlo para que produjera nuevas preguntas localmente pertinentes.

Ese matiz importa porque la consolidación académica rara vez consiste en hacer más de lo mismo. Consiste en discriminar mejor qué

merece continuidad, qué necesita reformulación y qué puede transformarse en una plataforma para otros. En Chile, ese retorno se expresa en varios frentes simultáneos: la participación en docencia de pregrado y postgrado, la inserción en procesos de investigación con estudiantes de kinesiología y entrenamiento deportivo, la dirección de tesis y el fortalecimiento de una agenda aplicada a triatlón, trail running, hipoxia hipobárica y control de carga. La madurez ya no se juega solamente en la producción propia; también se juega en la capacidad de volver legible el conocimiento para nuevas generaciones de entrenadores, kinesiólogos e investigadores.

La inserción post doctoral en la Universidad Andrés Bello coincidió con una etapa en que mi línea de investigación se encontraba lo suficientemente consolidada como para dialogar con distintos objetos sin perder coherencia. La VFC ya no aparecía solo como una métrica sugestiva para describir la recuperación tras el esfuerzo. Aparecía como una ventana de observación capaz de discutir carga interna, deriva fisiológica, contexto ambiental, seguimiento longitudinal y problemas aplicados de entrenamiento. Esto se hace visible en trabajos como el estudio de caso sobre exposición aguda a hipoxia hipobárica y VFC, y en el seguimiento anual de trail runners publicado en 2023 [1,2].

Ambos trabajos son importantes para entender el valor de esta etapa. El estudio sobre hipoxia hipobárica no vale solo por el hecho de medir VFC en altura; vale porque muestra una continuidad epistemológica entre la investigación militar temprana y el interés posterior por la respuesta de atletas de resistencia. El ambiente extremo deja de ser únicamente un escenario castrense y se convierte en un modelo para pensar cómo se altera la regulación del organismo cuando cambian las condiciones del medio. La pregunta por la carga externa deja de depender exclusivamente del volumen o de la intensidad prescrita y

pasa a depender también de la interacción entre tarea, historia del sujeto y ambiente [1].

El seguimiento anual de trail runners, por su parte, desplaza la atención hacia un problema igual de importante: la temporalidad. Gran parte de los errores en entrenamiento aparecen cuando se interpreta el estado del deportista a partir de un dato aislado. Un seguimiento prolongado recuerda que la adaptación y la fatiga son procesos, y que cualquier valor fisiológico solo adquiere sentido pleno cuando se lo ubica dentro de una secuencia. Esta es una lección metodológica de enorme importancia para la práctica. Enseña a desconfiar de las lecturas instantáneas y a valorar el monitoreo longitudinal como condición de una toma de decisiones más prudente [2].

La publicación de 2024 sobre recuperación de la VFC en triatletas representa muy bien la lógica de transferencia de esta etapa [3]. No se limita a replicar una idea previa sobre recuperación parasimpática. La traslada a una población concreta, con demandas específicas y preguntas directamente útiles para el entrenamiento. El triatlón, por su naturaleza multimodal, obliga a pensar la carga desde una complejidad mayor que la de una disciplina única. Leer la recuperación en ese contexto ayuda a mostrar que el monitoreo de la carga interna puede ser científicamente sólido sin perder relevancia práctica [3].

Una parte decisiva de este retorno ocurre en el aula. La continuidad en docencia de postgrado en la Universidad Mayor desde 2017, la docencia en la Universidad Santo Tomás entre 2020 y 2024, y el nuevo rol de profesor e investigador en la Universidad Andrés Bello a partir de 2025 y 2026 no constituyen solo una secuencia administrativa. Revelan una forma de asumir que la formación académica y la práctica del entrenamiento no pueden seguir como

mundos separados. Enseñar metodología de la investigación a estudiantes de entrenamiento deportivo o de kinesiólogía significa, en este contexto, algo muy concreto: enseñar a formular buenas preguntas antes de elegir una métrica llamativa.

La experiencia de trabajar con estudiantes y pasantes en inserción a la investigación refuerza esa idea. En carreras aplicadas, la tentación habitual es entender la investigación como un apéndice distante, útil solo para quien quiere publicar o cursar un posgrado. La mirada que emerge aquí va en dirección opuesta. La investigación se presenta como una forma de leer mejor la práctica, de evitar certezas prematuras y de entender que el entrenamiento es siempre una hipótesis en movimiento. En ese punto, el retorno a Chile adquiere una dimensión pedagógica decisiva: la transferencia no ocurre solo cuando un paper se transforma en recomendación, sino cuando un estudiante aprende a desconfiar de los atajos conceptuales.

Esta dimensión docente también ayuda a depurar el uso de las herramientas fisiológicas. El problema no es disponer de demasiados datos, sino carecer de un criterio claro para jerarquizarlos. Enseñar metodología permite mostrar que una variable solo es valiosa cuando está insertada en un problema y diseño interpretativo. La VFC, los umbrales, percepción subjetiva del esfuerzo o las medidas de fuerza dejan entonces de parecer entidades autosuficientes. Se vuelven piezas de un razonamiento que necesita contexto, repetición y prudencia. Ese tipo de formación es especialmente importante en Chile, donde la profesionalización del entrenamiento todavía convive con tradiciones de trabajo muy dependientes de la intuición no contrastada.

Vista en perspectiva, la etapa 2023–2025 muestra que el regreso a Chile operó como un punto de condensación. Allí convergen al menos cuatro corrientes previas: la disciplina observacional aprendida en el

Ejército; la formalización de preguntas fisiológicas durante el magíster y el doctorado; la ampliación metodológica del paso por Otago; y la voluntad de traducir ese conocimiento hacia problemas concretos de rendimiento y salud. Esa convergencia explica por qué el trabajo posterior con triatletas, trail runners y estudiantes no aparece como un giro caprichoso, sino como una consecuencia lógica de la trayectoria.

También explica algo más profundo: que la madurez académica no depende solo de publicar más, sino de decidir mejor qué hacer con lo que ya se sabe. Un investigador puede acumular artículos y, sin embargo, seguir pensando de forma fragmentaria. La síntesis ocurre cuando los hallazgos empiezan a dialogar entre sí. El estudio de caso en hipoxia, el seguimiento anual en corredores de trail y la evaluación de carga interna en triatletas configuran justamente ese tipo de diálogo [1–3]. Cada uno trata un problema distinto, pero todos insisten en una misma intuición: el rendimiento es inseparable del contexto, y la respuesta del organismo debe observarse a lo largo del tiempo, no solo en momentos espectaculares o extremos.

El retorno a Chile fue menos una vuelta y más una reubicación del centro de gravedad. Desde aquí en adelante, la investigación no abandonará la precisión, pero sí se moverá cada vez más hacia el acompañamiento real del deportista, hacia la docencia como espacio de transmisión y hacia la formulación de una metodología propia. El laboratorio sigue siendo importante; lo decisivo es que ya no pretende hablar solo desde sí mismo. Empieza a integrarse con la práctica, con la formación de otros y con la lectura situada del rendimiento.

El retorno a Chile aparece así como una etapa de síntesis: una fase en la que la investigación deja de valer solo por lo que descubre y empieza a valer también por lo que logra transferir, enseñar y reorganizar en el campo aplicado. Ese es, probablemente, el cambio

más importante de este periodo. Ya no se trata solo de producir conocimiento sobre el rendimiento, sino de construir condiciones para que ese conocimiento se vuelva criterio en otros.

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C, Espinoza-Salinas A, Pérez DV, Sánchez R, Besomi M. Carga de entrenamiento y variabilidad de la frecuencia cardíaca en una exposición aguda a la hipoxia hipobárica: estudio de caso. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*. 2023.
2. Nieto-Jiménez C, Sánchez R, Besomi M, Naranjo Orellana J. One-Year Follow-Up With Heart Rate Variability In Trail Runners. *Revista multidisciplinar de las Ciencias del Deporte*. 2023;23(89).
3. Nieto-Jiménez CN, Cotter JD, Van Duijn T, Gawn J, Valenzuela OFA, Roa MT. Evaluación de la carga interna del ejercicio físico mediante la recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en triatletas. *Retos*. 2024;(61):1555-1562.

Capítulo 6. Triatlón, trail running y sistemas complejos

La consolidación del trabajo con deportistas de resistencia introduce una corrección metodológica necesaria: el atleta real rara vez coincide con el sujeto abstracto que aparece en muchos diseños experimentales. Un triatleta no es solamente alguien que nada, pedalea y corre; es un sistema expuesto a transiciones, a acumulación de fatiga entre modalidades, interferencias entre sesiones, demandas nutricionales complejas y a una vida cotidiana que compite con el entrenamiento por recursos tan decisivos como el sueño, el tiempo y la atención. Un trail runner, por su parte, no puede entenderse solo como un corredor que cambia el asfalto por la montaña. Cambian el terreno, la distribución de fuerza, tolerancia excéntrica, ventilación, exposición ambiental y el significado mismo del ritmo [1–5].

En este escenario, el trabajo aplicado desarrollado con deportistas de resistencia obliga a desplazar la discusión desde la pregunta por el mejor indicador hacia una pregunta más exigente: cómo integrar indicadores distintos sin perder el sentido de la tarea. Esta es una diferencia central. En el alto rendimiento, y también en el rendimiento amateur serio, el problema ya no es la escasez de datos. Es la dificultad para organizarlos de un modo que oriente decisiones concretas. Por eso el cuerpo del deportista de resistencia se describe mejor como un sistema que como una suma de capacidades. Hablar de sistema no es un recurso retórico. Significa asumir que el rendimiento emerge de interacciones entre carga externa, carga interna, recuperación, historia de entrenamiento, percepción subjetiva, disponibilidad psicológica, contexto social y especificidad de la disciplina. Cuando alguno de estos niveles se aísla de forma excesiva, el entrenador corre el riesgo de confundir precisión con reduccionismo.

La distinción entre carga externa y carga interna se ha vuelto un lugar común en la literatura, pero en la práctica todavía se la utiliza con demasiada superficialidad. La carga externa (kilómetros, potencia, ritmo, desnivel, tiempo acumulado, repeticiones o duración de intervalos), en cambio, la carga interna expresa cómo responde el organismo a esa tarea. Es posible que dos atletas completen la misma sesión y produzcan una carga externa casi idéntica; lo que cambia de forma decisiva es el costo que esa tarea tiene para cada uno. Esa diferencia es el núcleo de la individualización [1,2].

Los trabajos recientes en este ámbito insisten en ese punto desde distintos ángulos. El estudio de 2025 que relaciona carga de entrenamiento, VFC, fatiga perceptiva, sueño y lesión durante un mesociclo de doce semanas muestra justamente que la carga no puede reducirse a una sola magnitud lineal [1]. El valor del trabajo está en mostrar convergencias parciales y no equivalencias simplistas. La VFC puede aportar una señal relevante, pero no reemplaza a la percepción de fatiga; el sueño puede anticipar problemas, pero no explica por sí solo la aparición de lesión; la carga prescrita importa, pero su interpretación depende de cómo el atleta la absorbe a lo largo del tiempo [1]. A esta línea se suma el trabajo de 2024 en triatletas, donde la recuperación vagal se convierte en una parte informativa del entrenamiento mismo: una ventana desde la cual leer la magnitud y la calidad de la perturbación recibida [2].

Esta mirada conversa, además, con estudios previos en triatlón y seguimiento de atletas de resistencia, donde la recuperación después del esfuerzo aparece como una medida con valor interpretativo, no como una sentencia automática [2–5]. La utilidad de estas herramientas depende de leerlas dentro del diseño del entrenamiento. Una sesión de alta intensidad, una semana con mucha carga laboral o un cambio de terreno pueden alterar la respuesta sin que eso signifique necesariamente un problema patológico. Lo importante no

es reaccionar ante cualquier fluctuación, sino detectar patrones con sentido. Allí comienza la diferencia entre controlar el entrenamiento desde arriba y acompañarlo desde dentro.

La percepción subjetiva del esfuerzo ocupa, en este punto, un lugar que a menudo se subestima. A veces se la trata como un dato blando, dependiente del ánimo o de la susceptibilidad del deportista. Sin embargo, bien recogida y bien educada, la percepción constituye una síntesis neurofisiológica y experiencial del estado del sujeto. No es el residuo borroso de una fisiología que todavía no sabemos medir; es parte de la fisiología vivida. Por eso, cuando se la registra de manera consistente y se la pone en diálogo con indicadores de carga y recuperación, se vuelve uno de los puentes más fértiles entre dato y sensación [1,3-5].

Esto exige, sin embargo, una precisión importante. No toda percepción espontánea es automáticamente útil. Un deportista sin educación perceptiva puede confundir activación con fatiga, comodidad con baja productividad o sufrimiento con entrenamiento de calidad. El trabajo del entrenador consiste también en refinar ese lenguaje. Cuando un triatleta aprende a distinguir entre la respiración que acompaña un trabajo estable, la tensión ventilatoria que anuncia un cambio de estado o la sensación de piernas vacías que no siempre coincide con una mala respuesta cardiovascular, su relación con la carga se vuelve más inteligente. En este punto, la tecnología ayuda, pero no reemplaza el aprendizaje de la percepción.

Entre los factores que mejor conectan fisiología y vida cotidiana, el sueño ocupa un lugar central. En resistencia, el problema no es solo dormir poco; es también cómo una reducción o fragmentación del sueño altera la tolerancia a la carga, percepción del esfuerzo, regulación autonómica y toma de decisiones. El trabajo publicado en 2025 sobre mesociclo de doce semanas vuelve a subrayarlo al mostrar

asociaciones entre entrenamiento, VFC, fatiga perceptiva, sueño y lesión [1]. La relevancia de ese hallazgo no radica en proponer una cadena causal simple, sino en recordar que el riesgo de lesión rara vez emerge de una sola variable. Suele emerger de la combinación de señales que dejan de compensarse entre sí [1].

Por eso, integrar sueño y fatiga al monitoreo no es una concesión blanda a la comodidad del atleta. Es una decisión metodológica. Significa reconocer que el entrenamiento no ocurre en el vacío. Ocurre en un organismo que trabaja, estudia, se traslada, cuida hijos, compite por tiempo y carga con múltiples obligaciones. En ese contexto, el riesgo de lesión no puede abordarse solamente desde la mecánica de la sesión. Debe abordarse desde la interacción entre tarea, recuperación y disponibilidad real del sujeto para absorber lo prescrito [1,4,5].

Una de las contribuciones más consistentes del trabajo reciente es insistir en la importancia del seguimiento longitudinal. Esta perspectiva aparece ya en el estudio anual con trail runners y se refuerza al pasar al trabajo aplicado con triatletas y corredores de montaña [2–5]. El seguimiento longitudinal no es simplemente una acumulación de mediciones. Es una forma de devolverle tiempo al análisis del rendimiento. Permite observar qué variables cambian rápido, cuáles cambian lento, cuáles oscilan de manera aparentemente caótica y cuáles tienen capacidad real de anticipar problemas o mejoras. En la práctica, esta lógica modifica el modo de entrenar. El entrenador deja de perseguir respuestas inmediatas a cada sesión y empieza a mirar tendencias de microciclo, mesociclo y temporada. Esa mirada protege contra dos errores frecuentes: sobrereaccionar ante pequeñas fluctuaciones y subestimar deterioros lentos, pero consistentes [1–5].

En el discurso deportivo contemporáneo, la palabra control aparece con demasiada facilidad. Se habla de controlar la intensidad, controlar la recuperación, controlar la respuesta autonómica o controlar el riesgo. Pero el entrenamiento real enseña que existe una diferencia importante entre controlar y comprender. Controlar alude a fijar parámetros y vigilar su cumplimiento. Comprender exige interpretar cómo esos parámetros se encarnan en un sujeto, semana o dentro de una historia concreta de adaptación. La práctica con triatletas y trail runners confirma que el exceso de control puede generar una ilusión de seguridad. Un deportista puede cumplir todos los rangos previstos y, aun así, estar entrando en una fase de mala absorción de la carga. Del mismo modo, puede desviarse de ciertos parámetros sin que eso represente un problema real. La comprensión es más exigente porque obliga a aceptar que el entrenamiento es un proceso parcialmente abierto [2–5].

Esta es, probablemente, una de las ideas más importantes de esta segunda mitad del libro. El cuerpo del deportista de resistencia no debe ser tratado como una máquina que responde de forma idéntica cada vez que se repite una dosis. Debe ser tratado como un sistema vivo, plástico, sensible al contexto y capaz de mostrar señales contradictorias. Acompañar ese sistema con rigor es mucho más difícil que administrar una planilla, pero también es, en sentido estricto, entrenar. Pensar al triatleta y al trail runner como sistemas obliga a entrenar con mayor humildad: menos obsesión por un indicador único y más capacidad para leer cómo conviven carga, recuperación, sueño, percepción y contexto a lo largo del tiempo. Esa es, en el fondo, la forma madura de individualizar.

Referencias del capítulo

1. Sanchez R, Nieto C, Leppe J, Gabbett T, Besomi M. Associations between training load, heart rate variability, perceptual fatigue, sleep, and injury in endurance athletes during a 12-week training mesocycle. *Int J Sports Sci Coach*. 2025;17479541251335613.
2. Nieto-Jiménez CN, Cotter JD, Van Duijn T, Gawn J, Valenzuela OFA, Roa MT. Evaluación de la carga interna del ejercicio físico mediante la recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en triatletas. *Retos*. 2024;(61):1555-1562.
3. Nieto C, Ruso-Álvarez J, Pardos-Mainer EE, Naranjo Orellana J. Heart rate variability in the training monitoring of an Ironman runner. A case study. 2020.
4. Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF, Pardos-Mainer E, Schnettler-Ramírez M, Naranjo Orellana J. Basal and post-exercise heart rate variability correlates with training load in endurance athletes. 2020.
5. Nieto-Jiménez C, Pardos-Mainer E, Ruso-Álvarez JF, Naranjo Orellana J. Training load and VFC in a female athlete: a case study. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2020;20(78):321-333.

Capítulo 7. Montaña, terreno y especificidad

El crecimiento del trabajo con corredores de montaña y la participación en espacios de divulgación especializados, como los Simposios Internacional Ultra-Trail Running Latinoamérica en 2024/25, consolidaron una idea que venía insinuándose desde antes: en montaña, la especificidad no es un adorno metodológico, sino la estructura misma del problema. Durante mucho tiempo, parte del entrenamiento de trail running intentó apoyarse en extrapolaciones generosas desde el corredor de ruta o desde el modelo clásico del laboratorio en llano. Ese traslado puede ser útil en algunas variables, pero se vuelve insuficiente cuando se intenta explicar la complejidad real del rendimiento en terreno montañoso [1–4].

La especificidad de la montaña comienza por la tarea mecánica. Subir no es simplemente correr más lento con una demanda cardiovascular distinta, y bajar no es solo dejarse llevar por la gravedad. En ambos casos cambian la distribución de fuerza, coordinación, estabilidad, longitud efectiva de zancada, tolerancia excéntrica y la forma en que el terreno obliga a ajustar cada apoyo. A eso se suman la pendiente, el tipo de superficie, altitud, clima y la duración acumulada del esfuerzo. El resultado es que variables aparentemente comparables adquieren un significado diferente. Un mismo valor de frecuencia cardíaca o de percepción del esfuerzo puede representar costos muy distintos según el terreno y la etapa de la carrera.

Por eso resulta tan relevante la caracterización morfo-funcional de un corredor de montaña chileno de élite publicada en 2025 [1]. Más que ofrecer una curiosidad descriptiva, ese estudio de caso muestra una forma de aproximarse al rendimiento que intenta no violentar la especificidad del deportista con categorías excesivamente genéricas. Observar la relación entre perfil fisiológico, historia de entrenamiento y características del atleta permite entender que la excelencia en

montaña no emerge solo de tener un VO_2max elevado. También depende de la economía específica, de la capacidad de sostener el gesto bajo fatiga, relación con el terreno o acumulación de experiencia pertinente [1].

Un error frecuente en el entrenamiento del corredor de montaña es pensar que el desnivel positivo concentra casi toda la exigencia importante y que el descenso es, sobre todo, una cuestión de valentía o de técnica informal. La evidencia y la experiencia de campo muestran algo más complejo. El ascenso desplaza con fuerza la demanda cardiorrespiratoria y cambia la economía del gesto; el descenso, en cambio, aumenta de manera importante la carga excéntrica, la necesidad de control segmentario y el costo neuromuscular acumulado. Estas tareas se complementan, pero no se sustituyen [1,4]. Desde una perspectiva fisiológica, esto obliga a revisar el uso ingenuo de métricas tomadas del llano. La velocidad lineal, por ejemplo, pierde parte de su valor descriptivo en montaña porque el costo energético por unidad de desplazamiento cambia con la pendiente, con la superficie y con la estrategia técnica del corredor. Incluso la percepción del esfuerzo puede desplazarse en direcciones distintas según predomine la limitación ventilatoria del ascenso o la fatiga muscular del descenso.

Mi experiencia como entrenador e investigador me llevó, por eso, a una consecuencia práctica importante: en montaña, el principio de especificidad debe organizar tanto la evaluación como la programación. No basta con conocer los umbrales o la respuesta cardiovascular general; hay que contextualizarlos. Tampoco basta con hablar de fuerza en abstracto; hay que vincularla a la producción y absorción de fuerza en pendientes, apoyos variables y fatiga acumulada. El corredor de montaña no compite en una cinta ni en un estadio. Su fisiología está permanentemente negociando con el terreno.

La caracterización morfo-funcional publicada en 2025 es útil también porque recuerda que la forma corporal y la función no son dominios separados [1]. En deportes de resistencia ya es habitual discutir la relación entre masa corporal, economía y rendimiento. En montaña, esa discusión adquiere mayor relieve porque el peso relativo, la distribución de masa, la rigidez útil del sistema músculo-tendinoso y su tolerancia al trabajo excéntrico pueden alterar de forma importante el costo de locomoción. No se trata de idealizar un biotipo único, sino de entender cómo las características del atleta condicionan ciertas ventajas y ciertos compromisos [1].

Lo mismo ocurre con la ventilación. Parte del trabajo previo había estado muy centrado en la carga interna, en la recuperación parasimpática y en la respuesta cardiorrespiratoria. El corredor de montaña obliga a reordenar esas piezas desde otra lógica. La ventilación deja de ser solo un acompañante del esfuerzo y se convierte en una respuesta muy sensible a la pendiente, altitud y al modo en que el atleta distribuye el trabajo. En pendientes sostenidas, por ejemplo, el costo ventilatorio de mantener cierta intensidad puede dispararse sin que la velocidad lineal exprese del todo lo que está ocurriendo. En ese tipo de situaciones, interpretar correctamente la respuesta respiratoria es decisivo para no sobredosificar la carga.

Aquí vuelve a aparecer el valor del laboratorio, pero también su límite. El laboratorio permite medir con precisión, construir perfiles, identificar umbrales y comparar condiciones. Pero el terreno recuerda que esos hallazgos necesitan traducción ecológica. La utilidad del dato no se pierde; se vuelve más exigente. El entrenador debe saber qué parte de lo medido puede sostenerse como criterio general y qué parte necesita reajuste cuando el corredor pisa senderos reales, con cambios de pendiente, clima y superficie.

Uno de los desarrollos más interesantes de este periodo es el trabajo sobre mapeo de terreno de alta precisión para la investigación de locomoción humana en montaña [2]. A primera vista podría parecer un estudio alejado de la práctica cotidiana del entrenador. En realidad sucede lo contrario. Cartografiar con precisión el terreno no es un lujo tecnológico; es una forma de devolverle materialidad al contexto. Permite describir mejor el escenario donde se produce el rendimiento y, por lo tanto, interpretar con mayor rigor la respuesta del atleta.

Cuando el terreno se considera solo como un fondo paisajístico, se pierde una parte central de la explicación. La pendiente real, la irregularidad de la superficie, la longitud de los tramos, su acumulación de microcambios y secuencia espacial de los esfuerzos pueden modificar la fisiología de manera muy relevante. Incorporar herramientas geoespaciales abre una vía para conectar biomecánica, fisiología y estrategia. En vez de preguntar solamente qué le pasó al corredor, se puede empezar a preguntar dónde y por qué comenzó a cambiar su patrón de esfuerzo [2].

Esta posibilidad tiene también un efecto cultural. Acerca la ciencia a la realidad concreta del trail running, un deporte que muchas veces se narra con épica y mística, pero que también necesita descripción precisa. La montaña no pierde belleza cuando se la estudia mejor; gana inteligibilidad. Y esa inteligibilidad es esencial si lo que se busca no es solo admirar el rendimiento, sino aprender a construirlo.

La montaña, sin embargo, no es solo una topografía. También es una cultura. El texto publicado en 2025 sobre restricciones socioculturales de la excelencia deportiva en trail running amplía la definición misma de especificidad [5]. El rendimiento no emerge únicamente de relaciones entre VO_2 , fuerza, técnica y carga. También depende del acceso a escenarios de entrenamiento, de la organización del tiempo, del capital cultural para interpretar la evidencia, del apoyo social

disponible y de la manera en que cada comunidad entiende el deporte [5].

En América Latina, y particularmente en Chile, esta dimensión es importante. Muchos corredores de montaña construyen trayectorias exigentes sin la infraestructura sistemática de otros contextos. Eso puede producir una cultura de resiliencia admirable, pero también riesgos metodológicos: normalización del sobreesfuerzo, dependencia de intuiciones heroicas o dificultad para sostener monitoreos prolongados. Hablar de restricciones socioculturales no significa restar mérito al atleta; significa reconocer que la excelencia se organiza dentro de condiciones materiales y simbólicas concretas [5].

Esta observación enlaza con mi experiencia como entrenador y divulgador. Formar cultura del rendimiento en trail running implica, entre otras cosas, enseñar a valorar el descanso, el registro, la interpretación y el trabajo específico tanto como se valora la dureza. Implica sacar al deporte de una estética exclusivamente épica y darle también una gramática de proceso. En ese punto, el rendimiento de montaña se vuelve una excelente escuela para comprender que la especificidad más profunda no es solo biomecánica ni fisiológica. Es también ecológica y humana.

La montaña enseña, en definitiva, que la especificidad no es una sofisticación tardía, sino la condición misma de una buena interpretación del rendimiento. Quien quiera comprender al corredor de trail debe aprender a leer el terreno tanto como al organismo. Esa es, probablemente, la lección más importante de este capítulo y una de las razones por las que la montaña ocupa un lugar tan decisivo en esta segunda mitad del libro.

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C, Baez-San Martín E, Rojas-Valverde D, Yáñez-Sepúlveda R, Tuesta M. Morpho-functional characterization of an elite Chilean mountain runner: insights from a high-performance case study. *J Hum Sport Exerc.* 2025;20(2):409-418.
2. Sánchez R, Nieto-Jiménez C, Riveros-Matthey C. High-Precision Mapping of Mountain Terrain for Human Locomotion Research: a multimodal geospatial framework. 2025.
3. Nieto-Jiménez C, Sánchez R, Besomi M, Naranjo Orellana J. One-Year Follow-Up With Heart Rate Variability In Trail Runners. *Revista multidisciplinar de las Ciencias del Deporte.* 2023;23(89).
4. Sanchez R, Nieto C, Leppe J, Gabbett T, Besomi M. Associations between training load, heart rate variability, perceptual fatigue, sleep, and injury in endurance athletes during a 12-week training mesocycle. *Int J Sports Sci Coach.* 2025;17479541251335613.
5. Nieto-Jiménez C. *El camino a la excelencia: el rendimiento desde mi perspectiva como entrenador, Capítulo II (p.79).* Santiago de Chile: Antígrafo Ediciones Chile; 2025

Capítulo 8. Docencia, tesis y transferencia del conocimiento

A medida que mi trayectoria ha ido avanzando, la docencia dejó de ser una actividad paralela y pasó a convertirse en uno de los espacios donde el conocimiento termina de organizarse. Eso puede observarse en mi continuidad en postgrado en la Universidad Mayor desde 2017, en la docencia de pregrado y laboratorio en distintas instituciones, en la experiencia académica desarrollada durante la etapa de Otago y, más tarde, en mi inserción en la Universidad Andrés Bello. Sin embargo, lo decisivo no es la suma de universidades ni de asignaturas, sino la función que la enseñanza comenzó a cumplir en la construcción de una metodología propia del rendimiento.

Enseñar me obligó a afinar el criterio. Explicar fisiología del ejercicio, teoría del entrenamiento o metodología de la investigación a estudiantes con perfiles diversos me forzó a depurar el lenguaje, distinguir lo esencial de lo accesorio y revisar constantemente si la evidencia que estaba utilizando realmente servía para resolver problemas del campo. La docencia, entonces, dejó de ser un momento posterior a la investigación y empezó a funcionar como un laboratorio conceptual donde las ideas se vuelven a poner a prueba.

La metodología del rendimiento no se construye solo entrenando atletas ni solo publicando artículos. También se construye cuando un profesor debe enseñar a leer una curva, interpretar un umbral, discutir la validez de una métrica o cuestionar el diseño de un estudio. La buena docencia no simplifica de forma banal: traduce sin traicionar. Esa tarea de traducción, que durante años ejercí en la sala de clases, también tomó forma escrita en dos libros recientes que considero parte de esta misma labor de transmisión y transferencia del conocimiento. [1,2].

El camino a la excelencia.. nació desde la experiencia del entrenador que intenta ordenar su práctica y volverla comunicable. Allí propuse una secuencia de trabajo que parte en la identidad atlética del deportista, continúa con el análisis de las demandas fisiológicas y biomecánicas, avanza hacia la prescripción de la carga externa y la valoración de la carga interna, y se completa mediante monitoreo, seguimiento y ajuste [1]. Más que ofrecer una receta, ese libro buscó mostrar que el entrenamiento no puede reducirse a una suma de sesiones, sino que requiere una arquitectura de decisiones especialmente para mis disciplinas rectoras: Natación, Triatlón, Trail runners y ambientes extremos.

Por su parte, *La frecuencia cardiaca en la valoración del deportista: un recorrido por la historia*, escrito junto a José Naranjo Orellana, tuvo una intención complementaria [2]. Si el primero intentó ordenar una práctica de entrenamiento, el segundo reconstruyó la genealogía de una de las herramientas más utilizadas en fisiología del ejercicio: la frecuencia cardiaca. Su principal aporte, desde mi perspectiva, es pedagógico: muestra que ninguna herramienta aparece de la nada. Detrás de la frecuencia cardiaca, de la VFC, de los umbrales y del control de carga, existe una historia de problemas, limitaciones técnicas, redefiniciones conceptuales y aplicaciones progresivas [2].

Para un estudiante de entrenamiento deportivo, comprender esa genealogía cambia su relación con las herramientas. Deja de verlas como dispositivos cerrados, listos para ser obedecidos, y comienza a entenderlas como construcciones científicas situadas, útiles precisamente porque tienen límites claros. Esa es una lección metodológica de fondo. Enseñar no consiste solo en decir qué mide una variable, sino también en mostrar por qué llegó a ser relevante, qué problema intentó resolver y en qué condiciones su uso resulta más defendible. En ese sentido, ambos libros participan de un mismo proyecto docente: uno organiza el entrenamiento desde el campo; el

otro organiza una de sus herramientas principales desde la historia de la fisiología [1,2].

En carreras aplicadas como entrenamiento deportivo, la metodología de la investigación suele ser recibida con una mezcla de respeto y distancia. Los estudiantes intuyen que es importante, pero muchas veces la imaginan desconectada de la práctica real. Mi experiencia me llevó a una conclusión clara: la metodología debe enseñarse desde preguntas nacidas en el entrenamiento. No se parte de un formalismo estadístico vacío, sino de problemas reconocibles. ¿Cómo comparar dos formas de dosificar la carga? ¿Cómo saber si una intervención produjo una mejora real? ¿Cómo estimar un umbral con mayor validez? ¿Cómo distinguir entre adaptación y variación aleatoria?

Enseñar desde preguntas aplicadas tiene al menos dos ventajas. La primera es que devuelve sentido al método, especialmente cuando uno tiene la oportunidad de guiar tesis. El estudiante entiende que diseñar una investigación no es un requisito burocrático, sino una forma de disminuir errores costosos en la práctica profesional. La segunda es que modifica su posición frente a la evidencia: deja de verse como consumidor tardío de ciencia producida en otros lugares y empieza a reconocer que también puede formular preguntas relevantes con poblaciones locales, problemas reales y diseños ajustados a las limitaciones del contexto.

Eso fue precisamente lo que pude experimentar guiando tesis durante el año 2025 y proyectando nuevas líneas en 2026. La tesis de validación de un protocolo de medición de VO_2max (10) en laboratorio para corredores de montaña mostró que los protocolos tradicionales con pendiente constante pueden subestimar la capacidad real de deportistas cuya tarea específica ocurre sobre pendiente, desnivel y terreno irregular, y que un protocolo con incremento progresivo de velocidad y pendiente produjo valores máximos y

ventilatorios superiores respecto del protocolo convencional en los corredores evaluados. Lo importante de ese trabajo no es solo que la prueba en pendiente diera VO_2max algo más alto o ventilaciones mayores. Lo decisivo es el principio que deja a la vista: el laboratorio describe mejor cuando deja de imaginar que el cuerpo rinde igual en cualquier ecología. En deportes de montaña, la pendiente no es un añadido; es parte del fenómeno que se quiere comprender.

La propuesta de Marrero González y Pizarro Montalva sobre protocolos con y sin pendiente, VFC y estimación del umbral ventilatorio en corredores de ultratrail profundiza esa misma línea, pero la lleva hacia un problema muy actual: el valor del DFA- $\alpha 1$ como aproximación a transiciones internas relevantes [11]. Lo metodológicamente fértil de ese trabajo no es presentar una nueva métrica como solución total, sino mostrar que la pendiente puede modificar el significado fisiológico de la frecuencia cardíaca por el aumento del trabajo mecánico, mientras que el comportamiento del DFA- $\alpha 1$ podría aportar una lectura del estrés interno menos dependiente del tipo de estímulo externo [11]. Esto obliga, por una parte, a no utilizar la frecuencia cardíaca como sustituto ingenuo del umbral ventilatorio y, por otra, a no convertir el DFA- $\alpha 1$ en respuesta definitiva.

Ese es, a mi juicio, el lugar que deberían ocupar hoy la VFC, el RMSSD-Slope y el DFA- $\alpha 1$ dentro del entrenamiento de resistencia: no el lugar de la moda técnica, sino el de herramientas útiles dentro de un marco interpretativo más amplio [2–4,7,8,11]. La tesis de Vergara Pinochet (2026) sobre variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de carga interna en mujeres activas no deportistas vuelve visible esta exigencia [12]. Allí, la carga interna se entiende como la expresión funcional del grado de reorganización fisiológica que el sistema necesita para mantener estabilidad frente al ejercicio, explorando tanto el comportamiento del DFA- $\alpha 1$ en estados

estacionarios submáximos como la recuperación vagal a través del RMSSD-Slope [12]. Lo relevante de ese trabajo no es solo su aporte técnico, sino lo que corrige en el campo: la idea de que la fisiología aplicada pertenece casi exclusivamente a hombres entrenados o atletas de élite.

Ampliar el estudio de estas herramientas a mujeres físicamente activas no deportistas es una ampliación metodológica y ética del problema [12]. Una herramienta se vuelve más valiosa cuando ayuda a pensar mejor la individualización en poblaciones diversas, no solo cuando funciona bien en un nicho estrecho. Lo mismo ocurre con la recuperación. El trabajo de González (2025) sobre crioterapia y VFC tras un esfuerzo maximal en mountain bikers desplaza la discusión hacia la recuperación como intervención aguda y como parte del análisis de la carga interna [13]. La reducción de la temperatura corporal, la recuperación parasimpática y la lectura RMSSD-Slope no convierten a la crioterapia en una solución universal, pero sí obligan a reorganizar la pregunta: recuperar no es simplemente “hacer algo después del esfuerzo”, sino intervenir sobre una fase del proceso que también tiene valor fisiológico e interpretativo [7,13].

En natación, el trabajo de Rubio Varas (2025) sobre entrenamiento en altitud moderada en nadadores de élite abre otro puente que me parece importante no dejar fuera [14]. A primera vista podría parecer un problema más específico o alejado del triatlón y el trail running, pero en realidad se conecta con el mismo núcleo metodológico: cómo cambia el significado del esfuerzo cuando se modifica el medio, mecánica y disponibilidad fisiológica. En un deporte como la natación, donde el medio impone restricciones ventilatorias particulares, la fisiología útil vuelve a ser aquella que no separa demasiado lo respiratorio, lo técnico y lo contextual [14].

Si reúno estos trabajos no es para resumirlos como simple participación docente, sino para escucharlos en conjunto. Lo que aparece es una propuesta bastante clara: el rendimiento no se deja comprender bien desde una sola escala. Necesita articular dato, contexto y sensación. El dato importa porque protege contra la arbitrariedad y obliga a contrastar intuiciones. El contexto importa porque ningún dato existe por fuera de una modalidad, un terreno, un ambiente, una historia de carga y una fase de la temporada. Y la sensación importa porque el cuerpo vivido sigue entregando información que no toda plataforma captura: sensación de control, de desorden, de piernas vacías, de tensión ventilatoria, de frescura o de deriva interna.

Aquí la docencia fue decisiva. No solo por la cantidad de cursos o instituciones, sino por el tipo de exigencia que impone enseñar. Explicar fisiología del ejercicio, metodología de la investigación, teoría del entrenamiento o ambientes extremos obliga a depurar el lenguaje y a distinguir entre lo accesorio y lo verdaderamente transferible. También obliga a reconocer que el conocimiento útil no es el que acumula más terminología, sino el que mejora la calidad de las decisiones. En ese punto, investigar, enseñar y entrenar dejan de ser tareas separadas y se transforman en formas complementarias de formar criterio.

La fisiología del ejercicio reaparece aquí como un lenguaje de traducción. El riesgo permanente al enseñarla es convertirla en un repertorio de definiciones elegantes que el estudiante memoriza sin saber qué hacer con ellas. Para evitarlo, la fisiología debe traducirse al campo. Traducir no significa reducir. Significa mostrar cómo conceptos como umbral ventilatorio, recuperación parasimpática, complejidad cardiaca, economía del movimiento o variabilidad de la frecuencia cardiaca se convierten en decisiones concretas sobre dosificación, control y evaluación [2–9].

La frecuencia cardiaca y, sobre todo, la VFC, han sido herramientas privilegiadas en este proceso de enseñanza, no porque resuelvan todo, sino porque permiten ejemplificar muy bien la relación entre carga externa y carga interna [2–4,7–9]. Como se discute en el libro sobre frecuencia cardiaca, la VFC aporta información relevante sobre adaptación cardiovascular, recuperación, asimilación de cargas consecutivas y estados de fatiga porque devuelve una señal interna que no siempre coincide con la apariencia externa del entrenamiento [2]. Esa utilidad se vuelve más clara aún cuando se la conecta con trabajos posteriores sobre recuperación de la VFC, RMSSD-Slope, monitoreo longitudinal en triatletas y corredores de montaña, y con asociaciones entre carga, sueño, fatiga perceptiva y lesión [3,4,7–9].

En este sentido, enseñar metodología y enseñar fisiología terminan siendo dos formas de una misma tarea: formar criterio. Una variable solo se vuelve valiosa cuando está inscrita en un problema. Un protocolo solo adquiere sentido cuando conduce a una decisión mejor fundamentada. Un artículo científico solo merece ser recordado cuando ayuda a comprender mejor al deportista real. Todo lo demás, la fascinación por la novedad, el exceso de métricas o la obediencia acrítica a un software, puede generar apariencia de modernidad, pero no necesariamente conocimiento útil.

La transmisión del conocimiento tampoco se agota en el aula universitaria. A lo largo de estos años también se ha desplegado en libros, manuscritos, columnas de divulgación, simposios, conversaciones con entrenadores y espacios de reflexión como el equipo *Primer Umbral*. Esta expansión importa porque el conocimiento aplicado al rendimiento necesita circular entre comunidades distintas: investigadores, estudiantes, entrenadores, kinesiólogos, médicos del deporte y atletas. Si queda encerrado en un paper, su efecto es limitado. Si se vulgariza en exceso, pierde precisión. La tarea consiste en encontrar un lenguaje intermedio:

suficientemente riguroso para no banalizar y suficientemente claro para no excluir.

Visto en perspectiva, la docencia terminó de consolidar una convicción que había empezado a formarse antes: que el rendimiento solo puede comprenderse bien cuando ciencia, entrenamiento y lenguaje se corrigen mutuamente. La investigación produce herramientas; el entrenamiento las pone a prueba; la docencia obliga a ordenar su sentido; y la divulgación amplía su alcance. En ese circuito, la transmisión del conocimiento deja de ser una etapa final y pasa a ser una parte constitutiva del método.

Por eso este capítulo no trata solo de universidades, tesis o asignaturas. Trata de algo más profundo: del momento en que el conocimiento deja de pertenecer exclusivamente al investigador y empieza a transformarse en una pedagogía del rendimiento. Enseñar fue, para mí, una forma de seguir investigando. Dirigir tesis fue una manera de verificar si las preguntas que yo consideraba importantes podían volverse legibles y fecundas para otros. Escribir libros fue otra forma de la misma tarea: construir puentes entre fisiología, práctica y criterio [1,2].

Si la primera mitad de este libro mostró cómo se fue formando una mirada, este capítulo muestra cómo esa mirada empezó a ser compartida, discutida y reformulada al contacto con estudiantes, tesis y entrenadores. En ese movimiento, la docencia ya no aparece como un añadido a la investigación, sino como uno de sus destinos más exigentes. Porque un conocimiento que no puede enseñarse con claridad difícilmente puede orientar procesos complejos de manera sostenida. Y porque, en última instancia, transmitir conocimiento no consiste en repetir lo sabido, sino en formar nuevas maneras de mirar.

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C. *El camino a la excelencia: el rendimiento desde mi perspectiva como entrenador*. Santiago de Chile: Antígrafo Ediciones Chile; 2025.
2. Naranjo Orellana J, Nieto Jiménez C. *La frecuencia cardiaca en la valoración del deportista: un recorrido por la historia*. Sevilla: Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE) / Esmon Publicidad; 2025.
3. Nieto-Jiménez CN, Cotter JD, Van Duijn T, Gawn J, Valenzuela OFA, Roa MT. Evaluación de la carga interna del ejercicio físico mediante la recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en triatletas. *Retos*. 2024;(61):1555-1562.
4. Sanchez R, Nieto C, Leppe J, Gabbett T, Besomi M. Associations between training load, heart rate variability, perceptual fatigue, sleep, and injury in endurance athletes during a 12-week training mesocycle. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2025.
5. Sánchez R, Nieto-Jiménez C, Riveros-Matthey C. High-Precision Mapping of Mountain Terrain for Human Locomotion Research: A Multimodal Geospatial Framework. 2025.
6. Nieto-Jiménez C, Baez-San Martín E, Rojas-Valverde D, Yáñez-Sepúlveda R, Tuesta M. Morpho-functional characterization of an elite Chilean mountain runner: Insights from a high-performance case study. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2025;20(2):409-418.
7. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Recovery slope of heart rate variability as an indicator of internal training load. *Health*. 2019;11(2):211-221.
8. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Non-linear heart rate dynamics during and after three

- controlled exercise intensities in healthy men. *Physiology International*. 2021;107(4):501-512.
9. Nieto-Jiménez C, Sánchez R, Besomi M, Naranjo Orellana J. One-Year Follow-Up With Heart Rate Variability In Trail Runners. *Revista multidisciplinar de las Ciencias del Deporte*. 2023;23(89).
 10. Astudillo Montenegro MA, Meyer Huesbe HB, Sepúlveda Cutipa MJ, Urenda Howard MA. *Validación de un protocolo de medición del consumo de oxígeno máximo en laboratorio para corredores de montaña*. Tesis de pregrado en Kinesiología. Universidad Andrés Bello; 2026.
 11. Marrero González M, Pizarro Montalva J. *Evaluación de protocolos con pendiente y sin pendiente y medición de variabilidad de la frecuencia cardiaca para la estimación del umbral ventilatorio en corredores de ultratrail*. Tesis de magíster. Universidad Mayor; 2026.
 12. Vergara Pinochet GA. *Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de carga interna frente a distintas intensidades relativas en mujeres activas no deportistas*. Tesis de magíster. Universidad Mayor; 2026.
 13. González N. *Efecto de la crioterapia en la variabilidad de la frecuencia cardiaca tras un esfuerzo maximal en mountain bikers*. Tesis de magíster. Universidad Mayor; 2026.
 14. Rubio Varas Ó. *Efecto del entrenamiento en altitud moderada en nadadores de élite: protocolo preliminar*. Trabajo fin de máster. Universidad de León; 2025.

Capítulo 9. Hacia una metodología del rendimiento

A esta altura del recorrido, ya no basta con describir experiencias, métodos o contextos por separado. Lo que corresponde ahora es intentar formular una síntesis. No una síntesis cerrada, mucho menos una doctrina, sino una manera relativamente estable de entender el rendimiento después de haberlo observado en la disciplina militar, en ambientes extremos, el laboratorio, en la docencia y el trabajo aplicado con atletas de resistencia. Si hubiera que resumir esa trayectoria en una sola idea, diría lo siguiente: *el rendimiento no se comprende de verdad cuando se mide más, sino cuando se interpreta mejor.*

La frase puede parecer simple, pero contiene una crítica importante al entrenamiento contemporáneo. Durante años, el problema principal parecía ser la escasez de información. Hoy la situación es otra. Disponemos de más registros, más sensores, más software, más variables y más posibilidades de seguimiento que nunca. Sin embargo, esa abundancia no garantiza comprensión. A veces produce el efecto contrario: una acumulación de datos sin jerarquía, contexto y una pregunta suficientemente clara. El problema ya no es solo medir. El problema es transformar información en criterio. Y el criterio, a diferencia del dato, no se compra ni se descarga: se forma.

Con el tiempo fui entendiendo que una metodología del rendimiento no puede reducirse a una técnica de control de carga externa ni a un conjunto de pruebas bien aplicadas. Tampoco puede agotarse en una buena cultura de entrenamiento. Necesita una arquitectura más amplia. En términos muy concretos, esa arquitectura comienza cuando el entrenador deja de pensar solo en tareas y empieza a pensar en relaciones: relación entre identidad del atleta y sus objetivos; entre demandas fisiológicas y biomecánicas de la disciplina; entre carga externa e interna; entre estímulo y recuperación; dato fisiológico,

percepción subjetiva y contexto vital. Esa lógica apareció formulada de un modo más práctico en la introducción de *El camino a la excelencia*, donde propuse un ciclo de trabajo que parte de los objetivos, pasa por el análisis de demandas, prescribe carga, valora respuesta y reajusta el proceso [1]. Ese modelo sigue siendo válido para mí, no como plantilla rígida, sino como recordatorio de que el entrenamiento serio siempre exige lectura y corrección continua.

Esa lectura, sin embargo, no puede hacerse en el vacío. Requiere una cultura fisiológica capaz de distinguir qué nos dice realmente una variable y qué no puede decirnos. En ese sentido, el trabajo realizado junto a José Naranjo en *La frecuencia cardiaca en la valoración del deportista: un recorrido por la historia* me ayudó a ordenar otro aspecto de esta metodología: la necesidad de comprender las herramientas antes de obedecerlas [2]. Revisar la historia de la frecuencia cardiaca, de los test de esfuerzo, de la recuperación, de los umbrales y del control de carga permitió ver con claridad que incluso las variables más familiares están cargadas de historia, de límites y malentendidos posibles. La frecuencia cardiaca es útil, muy útil, pero no piensa por el entrenador. La VFC abre una ventana valiosa sobre la recuperación y la carga interna, pero tampoco reemplaza la interpretación. Lo que ambas enseñan, en el fondo, es una pedagogía de la prudencia: medir no exime de pensar.

Por eso me parece insuficiente cualquier metodología que se organice alrededor de una sola variable. El rendimiento no emerge de una dimensión aislada. En triatlón, trail running o natación, lo que aparece en competencia es siempre el resultado de múltiples interacciones: ventilación, metabolismo, economía de movimiento, fuerza, historia de entrenamiento, calidad de recuperación, sueño, biografía atlética, terreno, ambiente y estabilidad emocional. La tarea del entrenador consiste en ordenar ese sistema sin violentarlo. No en simplificarlo hasta volverlo irreconocible.

Los umbrales ventilatorios siguen teniendo, en este marco, un valor importante. No solo porque ayudan a organizar intensidades, sino porque muestran puntos de transición del sistema. Permiten observar cuándo la tarea empieza a exigir otra forma de regulación, cuándo la ventilación cambia de significado o el costo se desplaza. Pero incluso allí, la buena práctica exige cautela. El umbral no es una verdad metafísica del atleta; es una referencia útil dentro de un proceso dinámico. Sirve cuando ayuda a decidir mejor. Se vuelve estéril cuando se transforma en cifra sagrada.

Algo semejante ocurre con la fuerza. Una parte del entrenamiento de resistencia la traté durante años como complemento. Mi experiencia, tanto de campo como de laboratorio, me llevó a una conclusión distinta: la fuerza no es un añadido periférico, sino una dimensión central de la economía, estabilidad técnica y tolerancia al esfuerzo prolongado. Pero, otra vez, no basta con declararla importante. Hay que leer su papel según disciplina, terreno, historial del sujeto y momento de la temporada. La fuerza útil no es una abstracción; es una fuerza situada en su contexto.

Lo mismo vale para la recuperación. En la cultura deportiva se suele hablar de ella como si fuera el espacio entre los estímulos. Para mí ha pasado a ser otra cosa: una dimensión constitutiva del entrenamiento. No es el vacío después de lo importante. Es una parte de lo importante. La recuperación informa sobre el costo del estímulo, sobre la capacidad de reorganización del organismo y sobre el margen real de adaptación del sujeto. Una metodología del rendimiento que no sepa leer la recuperación está condenada a interpretar mal la carga. Y esa mala interpretación no es un error menor: puede significar estancamiento, lesión o desgaste innecesario. Esta línea de pensamiento dialoga directamente con los trabajos sobre recuperación vagal, RMSSD-Slope y monitoreo longitudinal que han acompañado mi investigación en los últimos años [3-6].

Sin embargo, incluso esa mirada fisiológica sería incompleta si olvidara algo que el trabajo con atletas ha vuelto cada vez más evidente: el deportista no existe solo dentro del entrenamiento. Existe también dentro de una vida. Duerme o duerme mal. Trabaja. Cuida hijos. Enfrenta tensiones afectivas. Se entusiasma, se desgasta, se compara, recupera, y desordena. Por eso toda metodología que pretenda ser útil debe aceptar que el contexto no es una interferencia externa, sino parte constitutiva del rendimiento. La carga interna no depende solo de la sesión prescrita, sino del organismo que la recibe y del momento *biográfico* en que la recibe.

En ese punto, la palabra criterio recupera toda su densidad. Porque criterio no es intuición romántica, pero tampoco mera aplicación automática de una regla. Es una forma de inteligencia práctica. La capacidad de decidir con base en evidencia, experiencia y lectura contextual del sujeto. La capacidad de saber cuándo insistir, cuándo ajustar, cuándo esperar y cuándo cambiar el problema. Tal vez esa sea la forma más madura de ciencia aplicada al entrenamiento: no la que promete control absoluto, sino la que reduce incertidumbre sin negar la complejidad.

La docencia reforzó esta convicción de manera decisiva. Enseñar metodología de la investigación, fisiología del ejercicio o evaluación funcional me obligó a volver explícito algo que en la práctica a veces queda implícito: entrenar bien es, en gran medida, aprender a formular mejores preguntas. ¿Qué estoy viendo realmente en este dato? ¿Qué parte de esta respuesta pertenece a la carga y qué parte al contexto? ¿Qué decisión concreta justifica esta medición? ¿Qué error estoy evitando? En ese sentido, investigar, enseñar y entrenar terminaron pareciéndome variaciones de una misma tarea: formar criterio.

Si hoy tuviera que definir de manera operativa una metodología del rendimiento, lo haría así: ***una secuencia de decisiones que integra evaluación funcional, demandas específicas de la disciplina, carga externa, carga interna, recuperación, percepción subjetiva, fuerza y contexto para acompañar la adaptación del deportista con el menor margen de error posible.*** No es una receta. Es una estructura de lectura. No busca reemplazar la experiencia, sino disciplinarla. No idolatra la tecnología, sino que la subordina a una pregunta práctica. No romantiza la sensación, pero tampoco la expulsa del análisis.

Dicho de otro modo: una metodología del rendimiento comienza cuando el dato deja de ser un fin en sí mismo y se convierte en una herramienta para comprender mejor a un sujeto concreto en un momento concreto de su proceso. ***Ahí está, para mí, el paso decisivo. Del dato al criterio. De la medición al sentido. De la información dispersa a una inteligencia del proceso.***

Ese tránsito resume buena parte del camino recorrido en este libro. No he querido defender una escuela única ni un protocolo universal. He querido sostener algo más modesto y más exigente: ***que el rendimiento merece ser leído con suficiente finura como para no quedar atrapado ni en el reduccionismo de una sola variable ni en la imprecisión de una intuición sin contraste. Entre ambos extremos se abre un espacio difícil, pero fértil. Ese espacio es el de la metodología.***

Referencias del capítulo

1. Nieto-Jiménez C. *El camino a la excelencia: el rendimiento desde mi perspectiva como entrenador*. Santiago de Chile: Antígrafo Ediciones; 2025.
2. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C. *La frecuencia cardíaca en la valoración del deportista: un recorrido por la historia*. Sevilla: Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE); 2025.
3. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Recovery slope of heart rate variability as an indicator of internal training load. *Health*. 2019;11(2):211-221.
4. Ruso-Álvarez JF, Nieto-Jiménez C, Muñoz-López A, Naranjo Orellana J. Utility of the RMSSD-Slope to assess the internal load in different sports situations. *Health*. 2019;11(6):683-691.
5. Naranjo Orellana J, Nieto-Jiménez C, Ruso-Álvarez JF. Non-linear heart rate dynamics during and after three controlled exercise intensities in healthy men. *Physiol Int*. 2021;107(4):501-512.
6. Nieto-Jiménez CN, Cotter JD, Van Duijn T, Gawn J, Valenzuela OFA, Roa MT. Evaluación de la carga interna del ejercicio físico mediante la recuperación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en triatletas. *Retos*. 2024;(61):1555-1562.

Epílogo

Ciencia con alma, entrenamiento con criterio

Al final de un libro sobre rendimiento, la tentación más fácil sería ofrecer una fórmula definitiva. Sin embargo, el rendimiento humano no admite recetas sin pagar un precio demasiado alto: el de reducir su complejidad. Después de este recorrido, prefiero cerrar con una convicción más prudente. Entrenar bien no consiste en elegir entre ciencia o intuición, entre datos o sensaciones, entre laboratorio o terreno. Consiste en aprender a sostener esas dimensiones en diálogo, sin permitir que una de ellas expulse a las demás.

Esa ha sido, en el fondo, la búsqueda que atraviesa estas páginas. Primero apareció el cuerpo bajo disciplina, bajo frío, bajo altura y bajo exigencias que obligaban a resistir. Luego vino la necesidad de medir mejor, de comprender la carga interna, la recuperación, la ventilación, la variabilidad de la frecuencia cardiaca y el modo en que el organismo reorganiza su respuesta al esfuerzo. Más tarde se sumaron la docencia, investigación, el trabajo con triatletas, trail runners, nadadores y atletas expuestos a contextos específicos. Lo que fue tomando forma, lentamente, no fue una receta de entrenamiento, sino una manera de mirar.

Hoy me parece cada vez más claro que uno de los principales problemas del entrenamiento contemporáneo no es la falta de información, sino la dificultad para transformarla en criterio. Disponemos de relojes, plataformas, software, sensores, métricas de carga, índices de recuperación y registros fisiológicos cada vez más sofisticados. Pero la abundancia de información no garantiza comprensión. A veces, incluso, la vuelve más difícil. Cuando el dato deja de ser una ayuda para pensar y se transforma en un fin en sí mismo, el proceso se empobrece.

Por eso la cuestión central no es cuánto medimos, sino cómo interpretamos lo que medimos. El dato aislado dice poco. Necesita contexto, secuencia y contraste con la experiencia real del deportista. Una frecuencia cardíaca determinada, una percepción de esfuerzo inhabitual, una mala noche de sueño o una recuperación enlentecida pueden no significar demasiado por separado, pero sí adquieren sentido cuando se inscriben dentro de una historia de carga, adaptación y respuesta. Entrenar con criterio exige precisamente eso: saber leer procesos, no solo registrar cifras.

En esta perspectiva, la evaluación funcional ocupa un lugar importante, pero no como ritual técnico ni como espectáculo de precisión. Su valor está en que ayuda a observar mejor la relación entre una tarea y el costo que esa tarea produce. Lo mismo ocurre con la frecuencia cardíaca, la variabilidad, los umbrales, la fuerza o cualquier otra herramienta. Ninguna de ellas vale por sí sola. Todas adquieren sentido cuando se integran en una arquitectura de decisiones. Esa integración es, para mí, una de las definiciones más honestas de método.

Tampoco me interesa una idea de excelencia basada únicamente en el brillo del resultado. Durante mucho tiempo, el deporte ha tendido a narrar la excelencia como una forma de invulnerabilidad: más fuerte, más rápido, más resistente, más capaz de soportarlo todo. Mi experiencia me ha llevado a una idea distinta. La excelencia no consiste en negar límites, sino en construir respuestas cada vez más ajustadas frente a las exigencias reales del entorno. A veces eso significa tolerar más carga. Otras veces significa detenerse a tiempo. A veces exige insistir; otras, corregir. La verdadera dificultad está en saber distinguir una cosa de la otra.

También por eso me parece insuficiente pensar el entrenamiento solo como administración de cargas. Entrenar es, desde luego, dosificar

estímulos, organizar progresiones, controlar intensidades y ajustar recuperaciones. Pero es también educar una forma de atención. Es enseñar al deportista a reconocerse, a interpretar sus sensaciones sin caer en el autoengaño, a distinguir entre cansancio útil y desgaste improductivo, entre dolor que forma y dolor que rompe. En ese sentido, el entrenamiento bien hecho tiene algo de pedagogía: forma al sujeto, pero también forma discernimiento.

La ciencia del ejercicio sigue siendo, para mí, un lenguaje indispensable. Sin ella, la observación corre el riesgo de volverse arbitraria o ingenua. Pero la ciencia solo se vuelve realmente fecunda cuando conserva contacto con la vida concreta del deportista. Cuando ayuda a leer mejor y no solo a nombrar mejor. Cuando mejora decisiones y no solo explicaciones. Cuando se deja atravesar por la pregunta práctica: qué hago con esto, aquí, ahora, en este sujeto, en este momento de su proceso.

Es, quizás, la forma más sobria en que hoy entiendo la relación entre ciencia y entrenamiento. No como una jerarquía en la que una domina por completo a la otra, sino como una conversación exigente. La experiencia de campo sin contraste puede endurecerse en costumbre. La ciencia sin encarnadura puede volverse elegante, pero estéril. El criterio nace justamente en ese espacio intermedio, donde medir no reemplaza mirar, y donde sentir no sustituye pensar.

Si este libro consigue dejar algo, me gustaría que fuera eso: una invitación a entrenar con más lucidez y menos dogma. A confiar en la evidencia, pero sin idolatrarla. A valorar la experiencia, pero sin convertirla en verdad intocable. A usar la tecnología, pero sin entregarle el gobierno del proceso. Y, sobre todo, a recordar que detrás de cada variable hay una persona que intenta adaptarse, resistir, mejorar y encontrar sentido en lo que hace.

Al final, el rendimiento no es solo una cuestión de marcas, tiempos o posiciones. Es también una forma de relación entre un sujeto, una exigencia y un modo de responder. Por eso entrenar bien no consiste únicamente en producir mejoras visibles. Consiste en construir, con paciencia y rigor, una inteligencia del proceso. Allí empieza, a mi juicio, una ciencia con alma y un entrenamiento con criterio.