



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Revisión sistemática de los indicadores utilizados en el diagnóstico del síndrome de sobreentrenamiento en atletas**

**Jennifer Sandoval Delgadillo**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Maestría en Fisioterapia del deporte y la actividad física

Bogotá D.C., Colombia

2018

# **Revisión sistemática de los indicadores utilizados en el diagnóstico del síndrome de sobreentrenamiento en atletas**

**Jennifer Sandoval Delgadillo**

Tesis presentada como requisito para optar al título de:  
**Magister en Fisioterapia del deporte y la actividad física**

Director:

Magister Edgar Debray Hernández Álvarez  
Profesor Asociado Facultad de Medicina  
Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina  
Maestría en Fisioterapia del deporte y la actividad física  
Bogotá D.C., Colombia

2018

*Llegará una época en la que una investigación diligente y prolongada sacará a la luz cosas que hoy están ocultas. La vida de una sola persona, aunque estuviera toda ella dedicada al cielo, sería insuficiente para investigar una materia tan vasta... Por lo tanto este conocimiento sólo se podrá desarrollar a lo largo de sucesivas edades.*

*Llegará una época en la que nuestros descendientes se asombrarán de que ignoráramos cosas que para ellos son tan claras... Muchos son los descubrimientos reservados para las épocas futuras, cuando se haya borrado el recuerdo de nosotros.*

*Nuestro universo sería una cosa muy limitada si no ofreciera a cada época algo que investigar... La naturaleza no revela sus misterios de una vez para siempre.*

*SÉNECA, Cuestiones naturales, libro 7, siglo primero.*

## Agradecimientos

Al universo, porque en su infinidad de posibilidades me dejó vivir en este tiempo para conocer seres humanos admirables.

A la Universidad Nacional de Colombia, por ser el medio por el que conocí la academia y por aportar los elementos necesarios para contribuir a la generación de conocimiento continuo.

Al Ft. Mg. Edgar Hernández, por compartir su saber y guiar mi proceso de aprendizaje. Gracias por su apoyo y dedicación.

A la Ft. Angélica Rico, por su colaboración y acompañamiento para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Maestría en Fisioterapia del deporte y la actividad física, por ser pionera en la comprensión de lo fundamental de educar desde la promoción de la salud.

A mi novio Sergio Díaz, por compartir su vida conmigo, valorar cada momento, cuidar de mí y ser el compañero perfecto para descubrir las maravillas de este universo.

# Resumen

**Introducción:** El éxito de un proceso de entrenamiento deportivo radica en la adaptación satisfactoria del atleta al aumento progresivo de la carga respetando los tiempos de recuperación. Sin embargo, cuando esto no ocurre puede aparecer el síndrome de sobreentrenamiento (SSE). Se evidencia entonces la necesidad de establecer herramientas de diagnóstico a partir de indicadores sencillos y eficaces que contribuyan en los procesos de prevención en los deportistas. **Objetivo:** Establecer a través de la revisión de evidencia sistemática, los indicadores utilizados para el diagnóstico del SSE en atletas de resistencia de alto rendimiento. **Método:** Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed, Embase, Cochrane, Science Direct, Biomed Central y Scielo. Se seleccionaron ensayos clínicos controlados aleatorizados sobre protocolos de entrenamiento que incluyeran fases de sobrecarga aplicados a atletas de alto rendimiento en disciplinas deportivas de resistencia. Dos evaluadores generaron las matrices de análisis que incluyeron evaluación de calidad, sesgo y heterogeneidad metodológica para un posterior análisis cualitativo o cuantitativo de acuerdo a la información encontrada para cada variable. **Resultados:** En esta revisión se identificaron 203 artículos de los cuales 11 fueron seleccionados para análisis completo. Se encontró de forma general como sujetos de intervención deportistas de alto rendimiento en categoría semi-élite y elite de disciplinas deportivas como natación, atletismo, ciclismo, triatlón, esquiadores y navegadores. Los protocolos de entrenamiento tuvieron una duración entre 4 a 19 semanas, con fases de sobrecarga que fluctuaban entre el 100% y el 290% de intensidad y/o volumen y con una duración de 2 a 4 semanas. Para 3 de las variables (glucógeno, glutamina y leucocitos) no se encontraron valores para análisis. Para 7 variables (testosterona, neutrófilos, catecolaminas, urea, ACTH, POMS y VFC) se realizó análisis cualitativo. Y finalmente 5 variables (lactato, creatin quinasa, cortisol,  $VO_2$  máx y FC máx) fueron incluidas para análisis cuantitativo. 3 de las variables presentaron heterogeneidad baja y 2 heterogeneidad moderada. El lactato demostró una disminución consistente en el grupo experimental (DM -1.86 IC95% -2.66 a -1.07). La FC máx también se vio disminuida en el grupo experimental (DM -4.08 IC95% -8.41 a 0.24). El cortisol y la creatin quinasa demostraron una gran variabilidad en sus resultados con valores de (DM 52.03 IC95% -3.89 a 107.95) y (DM 49.36 IC 95% -32.13 a 130.84). Por último el  $VO_2$  máx sugiere no verse afectado por una condición de sobreentrenamiento (DM -0.20 IC95% -2.01, 1.60). **Conclusiones:** Se encontró que la monitorización del lactato y de la FC máxima son indicadores cercanos al proceso de diagnóstico, mostrando cambios significativos y consistentes aunque con mayor consistencia en la primera variable en comparación con la segunda pero que permiten señalarlos como herramientas de fácil medición, no exigentes con el atleta, ni intervinientes en los procesos de entrenamiento que permitirían la identificación de estados de sobreentrenamiento en deportistas de alto rendimiento.

**Palabras clave:** Sobreentrenamiento, atletas, diagnóstico, indicadores y ensayos clínicos aleatorizados.

## Abstract

**Introduction:** The success of the sport training process, depend on the satisfactory adaptation of the athlete to the progressive increase of the load, respecting the recuperation time. However, when it does not happen could appear the overtraining syndrome (OTS). Then it is evident the need of stablish the diagnosis tools since simple and effective markers that promote the prevention process to the athletes. **Objective:** To stablish through the systematic review of evidence, the indicators used for the diagnosis of the OTS in elite athletes of sports disciplines of resistance. **Methods:** It realized a systematic search in the next database, PubMed, Embase, Cochrane, Science Direct, Biomed Central and Scielo. It were selected randomized controled clinical trial with training protocols that includes phase of overtraining applied in elite athletes of sports disciplines of resistance. Two evaluators create the analysis matrix that includes quality evaluation, bias and methodological heterogeneity. For a later qualitative or quantitative analysis, agree with the found information for each variable. **Results:** In this review were identified 203 articles, of which 11 were included for complete analysis. In general as experimental subjects were athletes of resistance to high performance in semi-elite and elite category of sports disciplines such as swimming, athletics, cycling, triathlon, skiers and navigators. The protocols of training had a duration between 4 to 19 weeks, with overtraining phase that fluctuated between the 100% and 290% of intensity or volume and with a duration of de 2 to 4 weeks. For 3 of the variables (glycogen, glutamine and leukocytes) no were found values for analysis. For 7 variables (testosterone, neutrophils, catecholamine, urea, ACTH, POMS and VFC) it was released the qualitative analysis. Finally 5 variables analysis (lactate, creatin kinase, cortisol, VO<sub>2</sub> max and HR max) were included for quantitative. 3 of the variables presented low heterogeneity and 2 moderate heterogeneity. Lactate showed a consistent decrease in the experimental group (MD -1.86 IC95% -2.66 a -1.07). La HR máx it was also decrease in the experimental group (MD -4.08 IC95% -8.41 to 0.24). Cortisol and creatin kinase showed great variability in their results with values of (MD 52.03 IC95% -3.89 to 107.95) and (MD 49.36 IC 95% -32.13 to 130.84). **Conclusions:** It was found that lactate and HR máx are markers that are close to the diagnostic process, showing significant and consistent changes showing significant and consistent changes although with greater consistency in the first variable compared to the second, but which allow them to be identified as easy-to-measure tools, not demanding with the athlete, nor intervening in the training processes that would allow the identification of overtraining states in elite athletes.

**Keywords:** Overtraining, athletes, diagnosis, markers and randomized clinical trial.

# Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VI</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>X</b>
<b>Lista de abreviaturas .....</b>	<b>XI</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>V</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Marco conceptual.....</b>	<b>5</b>
1.1 Antecedentes .....	5
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Justificación.....	16
<b>2. Marco Teórico.....</b>	<b>19</b>
2.1 Entrenamiento deportivo .....	19
2.2 Síndrome de sobreentrenamiento .....	22
2.3 Indicadores utilizados para el diagnóstico del SSE.....	28
<b>3. Marco metodológico .....</b>	<b>34</b>
3.1 Objetivos .....	34
3.1.1 Objetivo general.....	34
3.1.2 Objetivos secundarios.....	34
3.2 Pregunta de investigación .....	34
3.3 Tipo de estudio.....	34
3.4 Estrategia de búsqueda.....	35
3.5 Criterios de inclusión de la evidencia.....	37
3.5.1 Tipos de estudio .....	37
3.5.2 Tipos de participantes.....	37
3.5.3 Tipos de intervenciones .....	39
3.5.4 Tipos de medidas resultado .....	39
3.5.5 Análisis y extracción de datos.....	42
3.5.6 Calidad de los estudios.....	43
3.5.7 Riesgo de sesgo de los estudios .....	43
3.5.8 Heterogeneidad .....	43
3.5.9 Análisis de sensibilidad.....	44
3.6 Aspectos éticos .....	44
<b>4. Resultados.....</b>	<b>46</b>
4.1 Características de los estudios seleccionados .....	46
4.2 Fuente de construcción de la tabla de análisis .....	51

4.3	Análisis de los datos y descripción de los estudios .....	52
4.4	Evaluación de calidad y riesgo de sesgo .....	58
4.5	Análisis cualitativo.....	62
4.6	Análisis de heterogeneidad.....	68
4.6.1	Lactato .....	70
4.6.2	Frecuencia cardiaca máxima.....	71
4.6.3	Cortisol.....	73
4.6.4	Creatin quinasa .....	73
4.6.5	VO <sub>2</sub> máximo.....	74
4.7	Análisis meta-analítico .....	76
4.7.1	Lactato .....	76
4.7.2	Frecuencia cardiaca máxima.....	76
4.7.3	Cortisol.....	77
4.7.4	Creatin quinasa .....	77
4.7.5	VO <sub>2</sub> máximo .....	78
<b>5.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>79</b>
5.1	Limitaciones del estudio.....	87
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>90</b>
Anexo A1:	Historial y estrategia de búsqueda base de datos Science Direct.....	90
Anexo A2:	Historial y estrategia de búsqueda base de datos Biomed Central .....	91
Anexo A3:	Historial y estrategia de búsqueda base de datos Cochrane .....	91
Anexo A4:	Historial y estrategia de búsqueda base de datos Embase .....	94
Anexo A5:	Historial y estrategia de búsqueda base de datos PubMed .....	96
Anexo A6:	Historial y estrategia de búsqueda base de datos Scielo.....	97
Anexo B:	Formato de matriz de análisis de artículos .....	98
Anexo C:	Matriz de análisis de artículos .....	98
Anexo D:	Tabla de evaluación de comprobación de la evidencia - Consort.....	100
Anexo E:	Tabla de evaluación de calidad - SIGN .....	101
<b>Bibliografía .....</b>		<b>102</b>

# Lista de figuras

Pág.

<b>Figura 2-1:</b> Posibles etapas de la sobrecarga y el SSE .....	26
<b>Figura 3-1:</b> Esquema de estrategia de búsqueda .....	37
<b>Figura 4-1:</b> Diagrama de flujo de selección de estudios.....	49
<b>Figura 4-2:</b> Análisis de sesgo de los estudios incluidos .....	61
<b>Figura 4-3:</b> Diagrama de árbol de la variación de las concentraciones de LACTATO en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso.....	71
<b>Figura 4-4:</b> Diagrama de árbol de la variación de los valores de FC máx tras un periodo de entrenamiento intenso. ....	72
<b>Figura 4-5:</b> Diagrama de árbol de la variación de las concentraciones de CORTISOL en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso.....	73
<b>Figura 4-6:</b> Diagrama de árbol de la variación de las concentraciones de CREATIN QUINASA en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso.....	74
<b>Figura 4-7:</b> Diagrama de árbol de la variación de los valores de VO <sub>2</sub> máx tras un periodo de entrenamiento intenso. ....	75

# Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 3-1:</b> Tabla de medidas resultado .....	40
<b>Tabla 4-1:</b> Tabla de artículos excluidos .....	50
<b>Tabla 4-2:</b> Tabla de artículos incluidos .....	51
<b>Tabla 4-3:</b> Evaluación de sesgo de los estudios incluidos .....	61
<b>Tabla 4-4:</b> Valores de TESTOSTERONA .....	63
<b>Tabla 4-5:</b> Valores de TESTOSTERONA .....	63
<b>Tabla 4-6:</b> Valores de NEUTROFILOS .....	64
<b>Tabla 4-7:</b> Valores de NEUTROFILOS .....	64
<b>Tabla 4-8:</b> Valores de CATECOLAMINAS .....	65
<b>Tabla 4-9:</b> Valores de CATECOLAMINAS .....	65
<b>Tabla 4-10:</b> Valores de UREA .....	66
<b>Tabla 4-11:</b> Valores de ACTH.....	66
<b>Tabla 4-12:</b> Valores de POMS .....	67
<b>Tabla 4-13:</b> Valores de VFC .....	68

# Lista de abreviaturas

- **SSE:** Síndrome de sobreentrenamiento
- **POMS:** De su sigla en inglés Profile of mood states
- **VFC:** Variabilidad de la frecuencia cardiaca
- **FC:** Frecuencia cardiaca
- **SMFS:** Cuestionario de la Sociedad Francesa de Medicina del Deporte
- **ABQ:** De su sigla en inglés Athlete Burnout Questionnaire
- **ACTH:** Hormona adrenocorticotropa
- **CRH:** Hormona liberadora de adrenocorticotropa
- **VO<sub>2</sub>máx:** VO<sub>2</sub> máximo
- **FC máx:** FC máxima
- **IC:** Intervalo de confianza
- **DM:** Diferencia de medias



# Introducción

El éxito de un proceso de entrenamiento radica en la adaptación satisfactoria del atleta al aumento progresivo de la carga, respetando los tiempos de recuperación. Sin embargo, cuando esto no ocurre puede aparecer el síndrome de sobreentrenamiento (SSE) (1), definido como una acumulación inadecuada de las cargas de entrenamiento que desencadenan en una disminución a largo plazo del rendimiento deportivo y que se puede manifestar o no con signos y síntomas fisiológicos y psicológicos paralelos. Así mismo, se ha señalado que el restablecimiento del rendimiento puede tardar varios meses incluso años o en algunos casos no se recupera (2).

Esta salida del deportista durante varios meses de su campo de acción representa una problemática relevante en el área del deporte, pues le significa una dificultad mayor al atleta para lograr su reincorporación, así como una inversión alta de recursos para alcanzar tal objetivo.

En cuanto a la prevalencia de SSE, las cifras difieren en relación a las diferencias metodológicas de los estudios realizados. De acuerdo al consenso entre el Colegio Europeo de las Ciencias del Deporte y el Colegio Americano de Medicina del Deporte se reportan 10% de casos de SSE en nadadores universitarios (3); en corredores elite, 60-64% han sido afectados al menos una vez por esta condición. En corredores adultos amateur se reportan cifras del 33% de casos (4). Raglin en el 2000 reportó que un 34,6% de los nadadores entre 13 y 18 años presento SSE

(5), Kentta en el 2001 informó de un 37% de casos en atletas suecos junior de 16 deportes diferentes (6) y en un estudio longitudinal realizado en Gran Bretaña reportaron un 29% de nadadores afectados (7). Adicionalmente un estudio realizado en Estados Unidos con nadadores universitarios encontró un 91% de casos reincidentes, lo cual indica un alto riesgo de recaída (3). Para Colombia se encontró un único estudio realizado previo a la participación en los Juegos Nacionales en el 2012 reportando que el 24,8% de los atletas presentaban manifestaciones tempranas de SSE (8).

De acuerdo a lo anterior, se infiere que existe un riesgo importante que los atletas puedan ser afectados por el SSE. De allí la importancia de conocer las particularidades de esta condición, que genera alteraciones tanto físicas como psicológicas en los deportistas y de la que se ha identificado que tiene un origen multicausal. Son varios los factores desencadenantes que llevan a un desequilibrio entre carga y recuperación dando paso a las manifestaciones más complejas de un cuadro de sobreentrenamiento; entre estos factores se incluye una nutrición inadecuada o insuficiente, patrones de sueño alterados, alto estrés psicosocial y/o condiciones de enfermedad alternas que afectan el sistema digestivo o respiratorio principalmente (9).

En la actualidad el diagnóstico del SSE se hace mediante la exclusión de todas las otras posibles causas de alteración en el estado de salud del deportista, por ejemplo enfermedades infecciosas, metabólicas, autoinmunes, lesiones musculoesqueléticas entre otras, y se considera que se presente disminución del rendimiento pese a un tiempo de descanso adecuado, cambios de humor y

ausencia de otras causas de enfermedad, todo esto relacionado con factores psicosociales relevantes (1) (8) (9) (10) (11).

La ausencia de un indicador definitivo o gold estándar para el diagnóstico de esta condición dificulta los procesos de prevención que se pudieran generar y son variados los indicadores que se han utilizado para acercarse al diagnóstico del SSE. Sin embargo, las investigaciones han señalado la creatin quinasa, la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) y el lactato en sangre como los indicadores más promisorios para ser utilizados a futuro, debido a la modificación que se evidencia en sus valores como consecuencia de las cargas de entrenamiento y su relativa facilidad de medición, no obstante no se consideran definitivos. Aun así Carfagno en el 2014 encontró que al combinar el monitoreo de la frecuencia cardiaca (FC) y el control de lactato fue posible identificar un 89,5% de atletas con casos de sobreentrenamiento (11). Debido a las implicaciones psicológicas de este síndrome, también se han propuesto cuestionarios como el POMS y el RESTQ-SPORT para identificación del riesgo de aparición, sin embargo ninguno de estos indicadores por sí solos han demostrado ser totalmente efectivos para emitir un diagnóstico debido a su afectación por otras variables (11).

En consecuencia no se cuenta con una herramienta definitiva para el diagnóstico del SSE, lo que lleva a que en la mayoría de los casos se identifique tardíamente, cuando ya se presenta un estado avanzado de sobreentrenamiento con notorias consecuencias negativas para quien lo sufre y ocasionando secuelas deportivas difíciles de resolver. Por tal razón es posible que al identificar los indicadores más efectivos para el diagnóstico del SSE, mediante un control sencillo y eficaz, se

esperaría una menor incidencia de estos casos disminuyendo el uso de recursos para el retorno del deportista a su actividad, la afectación psicológica a la que se expone el atleta al verse enfrentado a esta situación y la probabilidad de abandono de la vida deportiva entre los deportistas.

Sumado al origen multicausal del SSE se debe tener en cuenta la influencia social que alcanza hoy el mundo del deporte y que se convierte en un punto más de presión para el deportista que en su formación se ve agobiado por la necesidad de éxito y reconocimiento de su disciplina, persistencia y tenacidad (12) llevándolo en algunos casos a no atender las señales de alarma que su cuerpo le pueda estar enviando previo a la aparición de una condición de sobreentrenamiento. Por tanto, el control de esta condición mediante indicadores sencillos y efectivos se convierte en un pilar fundamental del proceso de formación del atleta (4).

En este sentido es un objetivo de las instituciones deportivas y de los profesionales de la salud que allí intervienen implementar medidas y programas que permitan identificar y controlar las afecciones que son resultado de las altas exigencias en las cargas de entrenamiento y otros tantos esfuerzos físicos y mentales que dejan vulnerable al atleta alterando sus procesos deportivos (13).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta la heterogeneidad que se encuentra en las discusiones frente al tema, se propone este trabajo con el objetivo de realizar una revisión sistemática de la literatura científica disponible en relación con los indicadores usados para el diagnóstico del SSE en atletas de deportes de resistencia de alto rendimiento.

# 1. Marco conceptual

## 1.1 Antecedentes

La comprensión del SSE ha sido un tema incluido en los intereses del área de la salud, fuertemente abordado por la medicina y específicamente por la fisiología del esfuerzo, la cual tiene como objetivo identificar cómo responde el cuerpo al estrés agudo de la actividad física o al estrés crónico de un entrenamiento programado, así como develar aquellos eventos que ocurren cuando se supera la capacidad de adaptación. Sin embargo, históricamente la medición de las condiciones de salud de los deportistas no fue un objetivo primario, pues aunque se reconocían los efectos benéficos de mantener una actividad física regular, no existía interés prioritario en conocer las respuestas del cuerpo ante el ejercicio (14).

Antes del siglo XX primaba la obtención de información relevante para la intervención clínica en condiciones patológicas, mientras que las respuestas orgánicas y sistémicas frente al ejercicio no eran de interés; aun así, en 1921 tras el premio Nobel otorgado a Archibald Hill por sus descubrimientos sobre metabolismo energético, se inició un movimiento impulsado por tres grandes motivaciones que permitieron el avance de la ciencia en la fisiología del ejercicio: 1) el interés militar de conocer los factores que podrían mejorar el rendimiento físico de los soldados, 2) la masificación de la práctica deportiva en las clases burguesas, sumado al interés de mejorar el rendimiento en aquellos atletas que representaban a los países en las competencias mundiales y 3) el avance tecnológico, más la

comprensión del ejercicio como un modelo ilustrativo del funcionamiento de los diferentes sistemas del cuerpo humano (15).

En respuesta a lo anterior, ya en el siglo XX en la segunda década la aparición de los primeros laboratorios de fisiología del esfuerzo, el avance en tecnologías como los calorímetros, los primeros ergoespirometros, las técnicas de laboratorio, el desarrollo de los test de esfuerzo, así como el fortalecimiento de la interdisciplinariedad para la atención de los deportistas y otros múltiples avances de la ciencia, colaboraron a lo largo del siglo XX en la investigación de las respuestas del cuerpo humano ante el ejercicio, sus adaptaciones en diferentes grados de exigencia o condiciones ambientales, así como los procesos que se desencadenaban al exceder la capacidad de adaptación como ocurre en el SSE, fueron Dinamarca, Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania y España los pioneros en el campo (16).

El SSE como fenómeno ha sido abordado en el mundo en variedad de ocasiones, especialmente desde finales de la década de los ochenta, con el objetivo de describir su etiología, fisiopatología y aún más, los posibles marcadores con los que fuera posible confirmar su diagnóstico de forma certera. Verde y Cols en 1992, se refirieron al SSE como una condición de fatiga y empeoramiento del rendimiento, consecuencia de un entrenamiento excesivo, plantearon que hasta el momento el diagnóstico de la condición se daba por identificación de un cuadro clínico que incluía pérdida del apetito, disminución de peso, inadecuada recuperación, aumento de la irritabilidad, cambios emocionales y alteraciones en el patrón del sueño. Describieron que los cambios fisiológicos, psicológicos, bioquímicos y

patológicos que se desencadenaban con el SSE no estaban claramente descritos, por lo cual resaltaron la importancia de avanzar en este campo. Como consecuencia a lo anterior plantearon un estudio observacional en el cual 10 corredores élite aprobaron incrementar su entrenamiento en un 38% durante 3 semanas y fueron evaluados con: 1) el cuestionario de actividad y sueño 5 Plus Profile of Mood States (POMS), 2) valoración antropométrica, 3) consumo máximo de oxígeno con una prueba incremental en banda y 4) muestras de sangre para valoración de niveles de cortisol, creatin-quinasa, aumento de linfocitos, porcentajes de células T y B, y relaciones de las células supresoras o estimuladoras de inmunoglobulinas, con el fin de identificar su efectividad para la determinación de una condición de sobreentrenamiento. En los resultados reportaron que no hubo alteración en el patrón del sueño, pero sí hallaron una tendencia al aumento de los estados de ánimo negativos y una disminución de la sensación de vigor. Varios de los sujetos reportaron inicios de resfriado y principios de asma inducidos por el ejercicio. En cuanto a la potencia aeróbica se registró disminución del consumo máximo de oxígeno en algunos sujetos y en la FC de reposo no se encontraron variaciones significativas. Los niveles séricos de cortisol en reposo fueron bastante altos de igual forma que los valores de creatin-quinasa. En cuanto a la respuesta inmune no se encontraron variaciones significativas y los deportistas que vieron su respuesta inmune decaída se recuperaron fácilmente. Finalmente se concluyó que la FC de reposo, los controles hormonales y del sistema inmune no proporcionaban información certera acerca de una condición de sobreentrenamiento, sin embargo

el POMS si mostró resultados consistentes al referir una pérdida continua del vigor y aumento de la fatiga (17).

Por su parte Lehmann y Cols en 1993, describieron el SSE como un desequilibrio entre las cargas del entrenamiento y la recuperación, el ejercicio y la capacidad de ejercicio, el estrés y la tolerancia al estrés, con una marcada disminución del rendimiento en el atleta y persistencia de la sensación de fatiga a pesar de tener periodos de descanso, condición que se mantiene por semanas a meses. En su artículo de revisión sugieren la aparición de esta condición por una combinación de factores endógenos y exógenos que se expresan de acuerdo a la variabilidad individual que se encuentra en los deportistas en cuanto a capacidad de recuperación, entrenamiento y tolerancia al estrés. Plantearon el diagnóstico del SSE a partir de la identificación de una reducción en el rendimiento máximo, acumulación de fatiga, estados de ánimo alterados, disminución de la FC en ejercicio submáximo y máximo, disminución en el nivel máximo de lactato, posiblemente submáximo y acumulación de dolor y tensión muscular (18).

A su vez Hooper y Cols en 1995, definieron que el SSE ocurría como respuesta a altos volúmenes o altas intensidades de entrenamiento con inadecuados periodos de recuperación entre las sesiones, acompañado de fatiga crónica y pobre desempeño. En su estudio observacional con 14 nadadores elite, realizaron el seguimiento del entrenamiento durante 6 meses usando un cuestionario de autorreporte de la sensación de fatiga y adicionalmente mediciones de proteína en orina, urea, tasa metabólica en reposo, FC y presión arterial en reposo, lactato en sangre en reposo, y medición de cortisol, catecolaminas, fosfocreatina, conteo de

leucocitos, hematocrito y hemoglobina. Se concluyó que el auto-reporte de los deportistas acerca de la sensación de bienestar podría otorgar información valiosa respecto a la condición de sobreentrenamiento y recuperación. Adicionalmente, plantearon que de los marcadores controlados, los niveles de catecolaminas en plasma serían los que con mayor seguridad otorgarían información objetiva importante para confirmar el diagnóstico de SSE (19).

Hacia el año de 1998, Kuipers definió en su estudio de revisión al SSE como una incapacidad del hipotálamo para manejar las situaciones de estrés internas y externas lo cual se vería reflejado en alteraciones del sistema endocrino, autónomo y del comportamiento. En cuanto al diagnóstico, planteó que no se conocían parámetros específicos, sencillos y fiables para poder diferenciar el punto en el que el entrenamiento adecuado deja de serlo para convertirse en una condición de sobreentrenamiento (20).

Por su parte, Foster en el mismo año, realizó un estudio observacional con 25 patinadores de velocidad de alto rendimiento, en donde solicitó calificar la intensidad de cada sesión de entrenamiento a través de la escala de Borg y adicionalmente realizar el registro de la duración total de la sesión. Posteriormente se hizo el cálculo total de las cargas por días y por semana y llevó un control paralelo de la incidencia de enfermedades en los deportistas. Este registro se realizó entre 6 meses y 3 años. En sus resultados expuso que un alto porcentaje de las enfermedades aparecieron en un momento posterior de incremento relevante de la carga de entrenamiento o en un momento posterior a un ciclo sin descanso adecuado. Expone que esto se podría explicar por una afectación del

sistema inmune por la exposición del atleta a un desequilibrio entre carga y recuperación. En los resultados se rescata la importancia de realizar un monitoreo de las cargas de entrenamiento y así poder identificar un posible SSE; sin embargo, no desconoce el carácter multifactorial del síndrome por lo que señala que este no debería ser el único medio de control. Foster definió el SSE como una condición compleja caracterizada por un grupo de síntomas y anormalidades fisiopatológicas que siempre incluyen la incompetencia en el rendimiento y que permanece a pesar de los ciclos de recuperación. Resaltó que esta puede ser una condición común pues es instintivo de los atletas y entrenadores incrementar las cargas frente a bajos desempeños para obtener las mejoras esperadas (20).

En Colombia, para la vigilancia del SSE en deportistas de alto rendimiento se cuenta con los lineamientos de política pública en ciencias del deporte, emitidos por Coldeportes el cual establece los protocolos de evaluación para los atletas desde las áreas de medicina, nutrición, psicología, fisioterapia, técnica metodológica y desarrollo psicosocial, los cuales abordan los indicadores que han sido utilizados para el diagnóstico de esta condición. Aunque no se evidencia un procedimiento específico para control del SSE, la presencia de estos protocolos podrían contribuir al control de la condición, pues como se plantea en los antecedentes revisados son múltiples los factores que influyen en la aparición del mismo (13),(21–25).

Al revisar los estudios publicados a nivel nacional relacionados con SSE se halló una única investigación de Mercado y Gallo en el 2014 en el que evaluaron la frecuencia de manifestaciones tempranas de SSE en deportistas antes de competir

en los Juegos Nacionales del 2012. Para ello aplicaron el cuestionario de la Sociedad Francesa de Medicina del Deporte (SMFS) en 153 deportistas de diferentes disciplinas. En los resultados reportaron 24,8% de manifestaciones tempranas de SSE. Se encontró que los afectados informaron altos volúmenes de entrenamiento ( $24,3 \pm 10,3$  frente a  $19,7 \pm 9,3$  horas/semana;  $p = 0,018$ ), con altas frecuencias, se desempeñaban en una disciplina individual (81,6% frente a 55,7%;  $p = 0,017$ ), estaban estudiando (76,3% frente a 56,5%;  $p = 0,030$ ), se encontraban en períodos de exámenes (42,1 frente a 21,2%;  $p = 0,029$ ) y habían percibido más situaciones de estrés en el último mes (62,1% frente a 16,2%;  $p < 0,01$ ). Los investigadores resaltaron que una de las mayores dificultades para la detección temprana de síntomas del SSE es la falta de herramientas validadas para el diagnóstico de esta condición, por tal motivo encuentran en la SMFS una herramienta útil, confiable, reproducible, de bajo costo y de fácil aplicación para tal fin, sin embargo reconocen la necesidad de ampliar la investigación al respecto con énfasis en medidas objetivas. (8).

Por último, se encontró un estudio relacionado que dio continuidad al realizado por Arce y Cols en el 2012 (26), en donde se realizó la adaptación del Athlete Burnout Questionnaire (ABQ) para la medición del “síndrome del quemado” en la población de atletas bogotanos pertenecientes al programa de rendimiento deportivo del IDRD. En total se hicieron 313 aplicaciones durante las etapas de pilotaje y estandarización, reportando en sus resultados una confiabilidad de 0,818 para el cuestionario de forma global. En este estudio concluyen que el cuestionario ABQ podría ser una herramienta confiable y válida que permitiría acercarse al

diagnóstico del SSE, permitiendo aminorar los efectos físicos y psicológicos de esta condición así como reducir el riesgo de retiro temprano del deporte (27).

En cuanto a la existencia de publicaciones que incluyeran el análisis de la mayor cantidad de indicadores utilizados para el diagnóstico del SSE, se encontró un estudio del 2010 elaborado por Purvis y Cols, en donde se realizó una revisión de los mecanismos y marcadores relevantes asociados al SSE; en este se incluyeron indicadores de tipo psicológicos, bioquímicos, inmunológicos, neuroendocrinos y fisiológicos, concluyendo que en primer lugar es fundamental tener claridad frente a la conceptualización del SSE en relación con las condiciones de sobreentrenamiento que se pueden presentar previo al desencadenamiento del síndrome; adicionalmente refieren que aquellos indicadores relacionados con el sistema inmune y neuroendocrino son complejos desde el método de evaluación hasta su análisis, generando confusiones y poca claridad frente a la emisión del diagnóstico, mientras que los indicadores psicológicos se consideraron consistentes y relacionados con medidas biológicas y reporte de sintomatología específica (28).

Por otro lado Saw y Cols en el 2016, realizaron una revisión sistemática en donde a partir de los estudios seleccionados compararon los indicadores objetivos vs los subjetivos y sus variaciones en el atleta al estar expuesto a cargas de entrenamiento agudas y crónicas, así como su eficacia para el diagnóstico del SSE. Al hacer esta comparación concluyen que los indicadores subjetivos reportaron una sensibilidad y consistencia mayor frente a los indicadores objetivos; adicionalmente

los reportan como métodos más sencillos y prácticos al requerirse de manera constante para el monitoreo de los atletas (29).

Para el 2017, un consenso de expertos realizado en Doha, Qatar, resalta la importancia del monitoreo del atleta como concepto para control de la carga externa e interna resultado del entrenamiento, aquí se mencionó el papel que actualmente y a futuro jugaran los avances tecnológicos al servicio del deporte, con énfasis en el monitoreo de los indicadores de tipo biomecánicos y neuromusculares con el fin de prevenir y controlar el SSE (30).

Finalmente y de acuerdo a los antecedentes revisados se encontró que son pocos los estudios que se orientan a definir cuáles de todos los indicadores utilizados para el monitoreo y diagnóstico de los atletas de alto rendimiento sería el más efectivo y práctico de implementar; sin embargo sí concuerdan en que es necesario llevar a cabo más estudios que contribuyan a aclarar este panorama y así apoyar las decisiones de los profesionales de la salud en el deporte. Por lo tanto a través de este estudio se pretende dejar un nuevo antecedente al realizar una revisión sistemática de la literatura científica disponible en relación con los indicadores usados para el diagnóstico del SSE en atletas de deportes de resistencia de alto rendimiento.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El atleta de alto rendimiento hace parte de un sistema complejo en donde hay intereses sociales, políticos, económicos y por supuesto deportivos, cualquiera que

sea su disciplina, en donde el objetivo principal siempre será el rendimiento, el mantenimiento de este a largo plazo, así como una rápida y efectiva recuperación tras cada entrenamiento con el propósito de alcanzar mejores adaptaciones y ejecuciones en su deporte (31).

Es así como el afán por lograr tales objetivos incrementa el riesgo del atleta a desarrollar un SSE producto de un desequilibrio entre las cargas del entrenamiento y el proceso de recuperación, combinado con una inadecuada alimentación y situaciones de estrés psicológico (32,33).

Autores como Flippin en 1981 (34) resaltan la importancia de identificar tempranamente una condición de sobreentrenamiento en el atleta con el fin de hallar aspectos que estén afectando la adherencia del atleta a su vida deportiva o que estén interviniendo en el alcance de objetivos y por ende en la proyección de su carrera, así como para evitar retiros tempranos de la práctica deportiva. Otros autores como Maslach y Cols en 1986 (35) mencionan las afectaciones que ocurren en los atletas en condición de sobreentrenamiento exponiendo la complejidad del síndrome pues describen un proceso de agotamiento emocional, despersonalización y reducida realización personal. Por su parte Weinberg y Cols en 1995 mencionan consecuencias físicas, emocionales, comportamientos poco asertivos, sensación de baja realización personal y reacciones exageradas al estrés cotidiano y crónico (36).

Así mismo Smith en 1986 (37), Loehr en 1990 (38) y Garcés de los Fayos en 2003 (39), identifican las consecuencias del sobreentrenamiento en afectaciones

fisiológicas y conductuales, evidenciadas en enfermedades y lesiones recurrentes, insatisfacción con el rol relacionado en el deporte, disminución del entusiasmo y la energía generados por la práctica del deporte, insatisfacción por el cumplimiento de objetivos, disminución de la diversión y goce de su deporte, problemas de concentración, emociones y estados de ánimo negativos como angustia, depresión, pérdida de confianza, aislamiento, evitación, escape y conductas de abandono.

De acuerdo a lo anterior, el agotamiento físico y emocional serían resultado de demandas elevadas en competencia; la no consecución de logros desencadenaría la percepción de baja realización personal para finalmente perder interés por el deporte e incrementar progresivamente el deseo de retirada (40).

Teniendo en cuenta lo anterior los profesionales de la salud en el ámbito deportivo han tenido como uno de sus objetivos garantizar el bienestar del deportista en todas sus esferas, contribuyendo en la mejora de los procesos de evaluación e intervención y en lo que respecta al manejo del SSE esta tendencia se ha mantenido (41). Históricamente desde las diferentes áreas de la salud se ha intentado establecer cuál sería el mejor indicador para el diagnóstico del SSE, sin embargo, el no contar con una etiología y fisiopatología claramente descritas conllevan a que el proceso evaluativo se vuelva complejo (42). Por tal razón y a pesar de los múltiples intentos, en la mayoría de los casos el diagnóstico se hace de forma tardía, con considerables consecuencias negativas para la vida deportiva del atleta (43).

Son múltiples los indicadores que han sido empleados para el diagnóstico del SSE reportándose una alta variabilidad en su eficacia, por lo tanto no se cuenta con una herramienta sencilla y eficaz que permita establecer un dictamen confiable, generando la necesidad de establecer una revisión de la literatura existente sobre cómo se comprende el SSE, cómo se ha abordado y más aún cómo se ha realizado el diagnóstico hasta ahora y a partir de esto poder determinar cuál sería el método más eficiente y acertado para ser empleado en el proceso diagnóstico (44). Es así como se propone este estudio con el fin de realizar una revisión sistemática de la literatura científica disponible, en relación con los indicadores usados para el diagnóstico del SSE en atletas de deportes de resistencia de alto rendimiento.

### **1.3 Justificación**

Es una preocupación permanente para los profesionales del área de la salud la alteración de la condición de salud de los atletas, por la presentación de complicaciones que afecten el proceso de entrenamiento y por tanto el mantenimiento y mejoramiento del rendimiento (Bahr y Holme, 2013). De acuerdo a esto, las acciones de diagnóstico que permitan hacer control de estas situaciones son fundamentales para garantizar el adecuado desempeño del deportista (13).

El SSE particularmente tiene un efecto importante en las condiciones de salud del atleta que lo presenta pues se considera una mala adaptación fisiológica en respuesta a un ejercicio excesivo sin descanso adecuado, que se acompaña de manifestaciones multisistémicas que van en detrimento de la calidad de vida de los

atletas (45). Las cifras reportadas de prevalencia para el SSE, son bastante diversas y oscilan desde el 5% hasta el 60%, esto a razón de la variedad metodológica hallada, pues son múltiples las pruebas que se emplean para establecer un diagnóstico, los tamaños de muestra, así como el estatus de los deportistas, que incluyen profesionales y amateur (46–48). Adicionalmente se considera un riesgo de reincidencia de hasta 91%, lo cual es aún más preocupante (49). Los estudios que reportan las cifras de prevalencia corresponden a investigaciones realizadas con grupos que practicaban deportes de resistencia y aunque no se encuentran cifras precisas en diferentes modalidades, sí es claro que la afectación se presenta principalmente en este tipo de disciplinas de alta exigencia a nivel fisiológico (50). Este tipo de disciplinas exponen a los atletas a altas cargas de entrenamiento, pues su desarrollo va orientado a la ejecución de tareas motoras por largos periodos de tiempo con la necesidad de mantener intensidades determinadas de manera constante, exigiendo del cuerpo numerosas adaptaciones a nivel cardiovascular, hematológico, inmunológico y neuromuscular, llevando al cuerpo casi al límite de su capacidad de respuesta (51).

Se evidencia un porcentaje importante de deportistas que están siendo afectados por el SSE, por la ausencia de metodologías estandarizadas y sobretodo de indicadores específicos que permitan establecer claramente un diagnóstico, para a partir de ello derivar acciones de control y de tratamiento de las condiciones alteradas de salud en los deportistas antes de llegar a secuelas permanentes. Así mismo, aunque son múltiples los indicadores que se han utilizado para el

diagnóstico de esta condición, aún no ha sido posible establecer una prueba que se considere el “gold estándar” y que otorgue claridad al proceso diagnóstico (52).

Lo anterior expone la necesidad de realizar un aporte en cuanto a los procesos de diagnóstico de la condición del SSE en deportistas de alto rendimiento para así direccionar apropiadamente los programas de atención y prevención de lesiones de manera más efectiva (53). Por tal razón, se plantea en este estudio realizar una revisión sistemática de literatura científica, con el objetivo de identificar cuáles serían los indicadores más efectivos de los que han sido utilizados hasta el momento para el diagnóstico del SSE en atletas de alto rendimiento en deportes de resistencia. Adicionalmente a partir del desarrollo del proyecto se espera generar un aporte desde lo académico a la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física en lo referente a los procesos evaluativos aplicados al deporte.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Entrenamiento deportivo**

En un sentido amplio el término entrenamiento deportivo se utiliza para definir una enseñanza organizada, dirigida al rápido aumento de la capacidad del rendimiento físico, psíquico, intelectual o técnico-motor de un individuo (54). Matveiev en 1983, quien define el entrenamiento como la forma fundamental de preparación del deportista, basada en ejercicios sistemáticos y la cual representa en esencia, un proceso organizado pedagógicamente con el objeto de dirigir la evolución del deportista (54) .

Por su parte, Platonov en 1988 habla de una preparación compleja para el rendimiento acompañada de un estado de adaptación biológica (55). Definiciones un poco más complejas como la del Diccionario de las Ciencias del Deporte en 1992 indica que el entrenamiento deportivo implica la existencia de un plan en el que se definen los objetivos parciales, además, de los contenidos y los métodos de entrenamiento, cuya relación debe evaluarse mediante controles del mismo.

El Colectivo de profesores del Departamento de Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia en el 2008 encuentra el entrenamiento deportivo como un proceso pedagógico que se entiende como el conjunto de decisiones tomadas en distintos momentos, las actividades y las experiencias realizadas por los actores que intervienen en la búsqueda del perfeccionamiento del individuo en el campo de la práctica del deporte, mediante el cultivo de valores,

la cualificación de la calidad de movimiento, la transmisión de conocimientos y la ampliación de las posibilidades de rendimiento técnico.

Por otro lado para González Badillo en 1994, el entrenamiento es un proceso continuo de trabajo que busca el desarrollo óptimo de las cualidades físicas y psíquicas del sujeto para alcanzar el máximo rendimiento deportivo. Lo considera un proceso sistemático y planificado de adaptaciones morfofuncionales, psíquicas, técnicas, tácticas, logradas a través de cargas funcionales crecientes, con el fin de obtener el máximo rendimiento de las capacidades individuales en un deporte o disciplina concreta (56).

Esta última definición llama particularmente la atención pues involucra el concepto de cargas funcionales crecientes, haciendo referencia a los principios del entrenamiento (57), específicamente al principio de sobrecarga, el cual plantea que la carga debe incrementarse de manera gradual y no de forma desordenada, sin cambios bruscos en la intensidad o el volumen, pues estos cambios deben ser planeados y controlados estrictamente para evitar sobrecarga permanente y garantizar que el organismo responda a ellos con eficiencia, además que los descansos permitan una aceptación de cargas mayores posteriormente y en consecuencia se alcance un alto nivel de rendimiento gracias a la adaptación fisiológica al ejercicio que se fortalece por el ajuste psicológico al entrenamiento y el desarrollo neurológico de las habilidades específicas para el deporte (58).

Ahora bien la carga se entiende como el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento (56); sin embargo

no es claro qué se puede considerar una carga óptima y un estímulo efectivo dentro de un proceso de entrenamiento (59), pues cada individuo responde de modo distinto a una misma carga de entrenamiento, así lo que se puede considerar excesivo para un individuo para otro puede estar muy por debajo de su capacidad (60). Por esta razón, el proceso de recuperación es primordial y es mencionado en otro principio del entrenamiento que habla de la relación adecuada entre la carga y la recuperación. Es fundamental un periodo de recuperación posterior a un entrenamiento en donde la carga se ha impuesto con una intensidad y volumen específicos garantizando que haya sido un estímulo eficaz, este estímulo llevará a una pérdida gradual de las reservas energéticas y en el proceso de recuperación ocurrirá la reposición de las mismas, con las que el organismo posteriormente enfrentará una carga similar o incluso superior a la anterior, proceso que se conoce como fenómeno de supercompensación, desde el cual se generan mecanismos de adaptación que elevarán el umbral del rendimiento del individuo alcanzando desempeños superiores hacia el futuro; un ejemplo de este proceso ocurre al aumentarse los depósitos de glucógeno a nivel muscular y hepático tras cargas programadas de entrenamiento, siempre y cuando se garantice un proceso de recuperación óptimo que incluirá una alimentación y descanso adecuados, y que se verá reflejado en una aparición más tardía de la condición de fatiga al enfrentarse a una nueva sesión de trabajo (61).

A partir de estos principios se rescata la necesidad de controlar la magnitud de la carga desde su volumen (duración o cantidad total de los estímulos aplicados en un periodo de tiempo), intensidad (grado de los estímulos aplicados en una escala

porcentual de acuerdo a la capacidad máxima individual), densidad (relación entre el tiempo de recuperación y la carga aplicada) y frecuencia (número de sesiones en un tiempo específico) (62).

Es claro que existen muy pocos datos científicos acerca del entrenamiento óptimo para alcanzar el pico máximo de rendimiento (63) y es muy difícil determinar la frecuencia, densidad, intensidad y volumen óptimos en un momento dado (64), pero hacer una graduación y planificación de estas variables de acuerdo a las particularidades del individuo al que va dirigido el plan de entrenamiento así como del deporte a entrenar es necesario si se pretende ejecutar un programa óptimo. La clave del éxito no se encuentra en un volumen extremo de cargas sino en uno adecuado para evitar la condición de sobreentrenamiento, que se considera un determinante y factor primario en la aparición del SSE, sin dejar de lado la mejora y optimización del rendimiento (65).

## **2.2 Síndrome de sobreentrenamiento**

La definición del SSE es relativamente reciente, ya que no existe claridad suficiente en cuanto a su etiología y fisiopatología (66) y se considera un tema de interés debido a las cifras reportadas de prevalencia que no son despreciables, por tanto, múltiples han sido los abordajes e intentos por describir esta condición.

Desde una perspectiva cualitativa Gustafsson y Cols en el 2008 (67) aplicaron entrevistas semiestructuradas a 10 atletas suecos entre los 22 y 26 años que se vieron obligados a abandonar el deporte por presentar fatiga persistente. De

acuerdo a sus resultados definen el SSE como una condición multidimensional, estableciendo tres categorías claves: 1) agotamiento físico y emocional, 2) aversión al deporte y 3) disminución del rendimiento y abandono de la práctica deportiva (68).

Respecto a la primera categoría, el agotamiento físico, se informa que es consecuencia de altos niveles de estrés relacionado con las restricciones que la organización social del deporte impone al desarrollo normal de la vida del individuo (69), situación que se agrava si el deportista practica el deporte obligado por alguna razón particular (68). Adicionalmente se identifica en los atletas un problema de motivación, pues niveles exagerados de motivación intrínseca hacen que el atleta continúe practicando su deporte a pesar del bajo rendimiento y aquellos en los que su motivación es mayormente extrínseca también presentarán alta probabilidad de alcanzar un estado de agotamiento (70).

También se identifican rasgos de personalidad como el perfeccionismo, la necesidad de validación de la autoestima o el mantenimiento de altas expectativas que no corresponden a la realidad, como factores que incrementan el riesgo de alcanzar el agotamiento. Por último el ver un desequilibrio entre el esfuerzo realizado y los logros obtenidos, termina por influir negativamente en la autoestima y la motivación del deportista convirtiéndose esto en un círculo vicioso (71).

En cuanto a la segunda categoría, aversión al deporte, se evidencia al presentarse en el deportista aversión a realizar su entrenamiento, actitudes negativas hacia el mismo e interés creciente en actividades diferentes (72), lo cual sería consecuencia

de la condición de agotamiento ya instaurado para dar paso a la tercera categoría en la que de no resolverse la situación se podría concluir en el abandono de la práctica deportiva por un largo tiempo o definitivamente.

Así mismo se identifican factores asociados a la presentación del SSE y se dividen en: 1) aquellos relacionados directamente con el deporte o las formas de entrenamiento en los que incluyen: entrenamiento excesivo, baja autonomía del deportista en sus planes de entrenamiento, recuperación insuficiente y dedicación exclusiva al deporte, 2) factores psicosociales como demandas relacionadas con la educación o el trabajo, demandas de rendimiento excesivas, relaciones personales destructivas y ausencia de redes sociales de apoyo y 3) personalidad vulnerable con rasgos de ansiedad, autocrítica destructiva y perfeccionismo.

De acuerdo a los factores de riesgo asociados al SSE, se concluye que es importante tener una visión holística de los procesos de recuperación en los atletas, siendo responsabilidad tanto de los entrenadores o profesionales de la salud como de los mismos deportistas monitorear constantemente la aparición de estos para reducir la prevalencia de esta patología (67).

De acuerdo a lo anterior se evidencia que este abordaje cualitativo ha estado orientado desde el campo de la psicología principalmente realizando aportes valiosos para la comprensión del SSE; sin embargo también se encuentra la perspectiva contraria que se orienta hacia una definición más cuantitativa desde la que el SSE se describe priorizando variables que son objetivamente medibles; sin embargo antes de exponerlas es importante mencionar algunos términos que

pueden generar confusión y que Budgett en 1990 (73) haciendo una aproximación inicial y otorgando claridad a la comprensión del SSE definió así:

- Fatiga: se considera una condición subjetiva, sinónimo de cansancio, letargo y apatía, acompañado de baja concentración e intolerancia a la actividad. Contrasta con la fatiga fisiológica definida como el fracaso en el sostenimiento de un esfuerzo muscular solicitado (73).
- SSE: entendido como fatiga prolongada y bajo rendimiento tras un periodo de entrenamiento, con una duración mínima de dos semanas, en donde se ha excluido cualquier otra posible causa médica, y en donde se supone el estrés sería el principal factor causal, identificando como consecuencia importante disfunción del sistema inmune (73).
- Burnout / Estancamiento: se les considera sinónimos del SSE (74).
- Síndrome de fatiga crónica: sinónimo del SSE con mayor uso en la literatura americana (75).

Aunque estos términos guiaron estudios realizados posteriormente a la conceptualización realizada por Budgett en 1990, al encontrar variedad en las definiciones del SSE como las que se expusieron en los antecedentes de este trabajo, el Colegio Europeo de las Ciencias del Deporte y el Colegio Americano de la Medicina del Deporte emiten en el 2012 un consenso respecto al SSE en donde definen la condición resaltando que los procesos de entrenamiento para considerarse exitosos, necesariamente deben involucrar una condición de sobrecarga que no debe ser excesiva y además debe tener una relación equilibrada

con el proceso de recuperación. Para hacer más sencilla la comprensión del mismo establecen la siguiente figura:

**Figura 2-1:** Posibles etapas de la sobrecarga y el SSE

PROCESO	ENTRENAMIENTO (Sobrecarga)	INTENSIDAD ENTRENAMIENTO →		
		Sobrecarga funcional (Short -term OR)	Sobrecarga no funcional (Extreme OR)	Síndrome de sobreentrenamiento (OTS)
<b>Resultado</b>	Fatiga aguda	Sobrecarga funcional (Short -term OR)	Sobrecarga no funcional (Extreme OR)	Síndrome de sobreentrenamiento (OTS)
<b>Recuperación</b>	Días	Días a semanas	Semanas a meses	Meses...
<b>Rendimiento</b>	Incrementa	Disminución temporal	Estancamiento Disminución	Disminución

Adaptado de: Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013; 45(1):186–205.

Con base en lo anterior se plantea que los atletas en su proceso de entrenamiento intensifican las cargas para mejorar su rendimiento y como resultado de esto experimentan una fatiga aguda que disminuye su rendimiento momentáneamente pero tras un periodo adecuado de descanso alcanzan la adaptación y por ende la mejora del rendimiento. Este proceso se conoce como supercompensación, sin embargo cuando no se respeta la relación carga/recuperación puede aparecer la condición de sobrecarga o sobreentrenamiento que fueron definidos por Kreider y Cols en 1998 (2) así:

- Sobrecarga: acumulación de entrenamiento y/o factores que no corresponden al entrenamiento que ocasionan estrés en el deportista y que resultan en una disminución del rendimiento a corto plazo con o sin

presencia de signos y síntomas fisiológicos y psicológicos de mal adaptación y en el cual la capacidad de restauración del rendimiento podría tomar varios días o semanas.

- Sobreentrenamiento: acumulación de entrenamiento y/o factores que no corresponden al entrenamiento que ocasionan estrés en el deportista y que resultan en una disminución del rendimiento a largo plazo con o sin presencia de signos y síntomas fisiológicos y psicológicos de mal adaptación y en el cual la capacidad de restauración del rendimiento podría tomar varias semanas a meses.

Algunos autores (76,77) han señalado que de acuerdo a estas definiciones la diferencia entre la sobrecarga no compensada y el sobreentrenamiento es fundamentalmente el tiempo que tarde el deportista en recuperarse, el grado de afectación y además se señala que no estarían siempre presentes síntomas fisiológicos o psicológicos; sin embargo el límite entre estas dos y el SSE se confunde y hace difícil su diagnóstico por tanto Halson y Cols en el 2004 (76) en un intento de dar claridad a estos conceptos plantean que el sobreentrenamiento debe ser usado para definir un proceso de entrenamiento intenso que puede desencadenar en: 1) sobrecarga con efectos a corto plazo, que se puede considerar aún funcional pues el deportista tras recuperarse puede experimentar una mejora en su rendimiento, 2) sobrecarga con efectos a largo plazo en la que se presenta disminución del rendimiento evidente, pérdida de la sensación de vigor y aumento de la fatiga, también se pueden presentar factores de confusión como alteraciones nutricionales y del sueño, estrés psicosocial o enfermedades y 3) SSE,

para este último al mencionar el término síndrome se hace alusión a la etiología multifactorial y se reconoce que el entrenamiento no sería el único factor causal de esta condición. Por último resaltan que la distinción entre la sobrecarga con efecto a largo plazo y el SSE es compleja y dependerá en gran medida del control clínico y la exclusión de otros factores aunque se reconoce que las características clínicas pueden variar de un individuo a otro por lo que los resultados pueden ser inespecíficos y llevar a que el diagnóstico se confirme definitivamente de manera retrospectiva.

Este concepto fue reiterado para el año 2018 en el Simposio realizado en la Universidad Técnica de Múnich (Alemania) sobre recuperación y rendimiento, allí mantuvieron la definición del SSE desde una perspectiva de proceso, resaltaron la importancia del componente psicológico en los atletas y le dieron gran relevancia a los procesos de recuperación como herramienta de prevención y manejo para esta condición (78).

### **2.3 Indicadores utilizados para el diagnóstico del SSE**

Hasta el momento ningún indicador ha sido señalado como definitivo para el diagnóstico del SSE; sin embargo se han identificado algunos que son utilizados rutinariamente para el control del proceso de entrenamiento de los deportistas y se agrupan de la siguiente manera.

➤ Bioquímicos:

Las concentraciones de lactato están directamente relacionadas con las disponibilidad de glucógeno en el organismo y aunque se pueden encontrar variaciones en su metabolismo de manera individual y de acuerdo a las modalidades deportivas, particularmente en los deportes de resistencia se ha evidenciado una disminución consistente de las concentraciones de lactato en ejercicios máximos mientras que en intensidades submáximas los valores se mantienen o están levemente disminuidos (79). Los niveles de creatin quinasa pueden elevarse notoriamente frente a incrementos desproporcionados de la carga de entrenamiento, así como niveles de urea pueden otorgar información respecto al metabolismo muscular y grado de estrés acumulado (80). El glucógeno se almacena en el hígado y a nivel muscular, sin embargo al exponerse a entrenamiento prolongado sus niveles pueden decaer casi hasta el agotamiento, siendo esta situación una posible causa de SSE. Sin embargo al evaluar los niveles de glucógeno en atletas con manifestaciones de sobreentrenamiento estos suelen encontrarse normales (81).

➤ Hormonales:

De acuerdo a las características del SSE se ha planteado que el control hormonal podría ser útil para el diagnóstico de esta condición; sin embargo, no se desconoce que los niveles hormonales se pueden ver fácilmente modificados por múltiples factores como el sexo, la edad, la alimentación, etc. Adicionalmente los mecanismos de retroalimentación que regulan la producción hormonal exigen que el control se haga necesariamente sobre las relaciones entre hormonas anabólicas

y catabólicas. Un ejemplo de esto es la relación testosterona /cortisol o ACTH/Cortisol, aunque estas pruebas generalmente son costosas y complejas por lo que no serían la mejor opción (80),(82,83). Se reconoce que aunque el sistema endocrino está directamente involucrado en las respuestas inmediatas al ejercicio así como a las adaptaciones crónicas, también es cierto que estos procesos se dan de forma compleja por acciones en cascada y diversidad de mecanismos lo cual no permite que puedan considerarse definitivos en la identificación del SSE.

➤ Fisiológicos:

En cuanto a las modificaciones fisiológicas que podría generar una condición de sobreentrenamiento en el atleta, se ha hecho referencia a la FC tanto de reposo como máxima como posibles indicadores, así como del monitoreo a la VFC.

Bosquet y Cols en el 2008 (84) realizaron un metaanálisis con el fin de determinar el efecto de la carga de entrenamiento en la FC y la VFC y determinar si estos serían marcadores útiles para identificar el sobreentrenamiento encontrando que aunque se generaban cambios en la FC de reposo la cual se podría ver aumentada, mientras que la FC máxima se podría ver disminuida, la amplitud de estas modificaciones no eran significativas y se podrían atribuir a respuestas cotidianas; por lo tanto recomendaron que el monitoreo de estos indicadores debería ir acompañado de otros que contribuyan a la elaboración de un diagnóstico más preciso. Así mismo en lo que respecta a la VFC destacó una posible disminución en el funcionamiento del sistema parasimpático, sin embargo se reportan resultados inconsistentes.

➤ Psicológicos:

Desde el ámbito de la psicología se han utilizado escalas como el Profile of mood states (POMS) para el monitoreo de deportistas. Un ejemplo de esto fue el estudio realizado por Morgan y Cols en 1987 (85) del cual reportan un hallazgo de tipo relación dosis respuesta entre los estados de ánimo de los atletas y las cargas de entrenamiento, encontrando resultados consistentes en el aumento de estados de ánimo negativos y disminución del vigor frente a incrementos leves de la carga de entrenamiento. Adicionalmente se ha identificado variación en los puntajes de la escala frente a cambios mínimos en las cargas de entrenamiento (86).

También se ha encontrado que la aplicación de herramientas de auto-reporte muestra la misma relación dosis respuesta al informar sobre condiciones de dolor muscular, variación del apetito, alteración del sueño frente a sensación de cansancio y percepción del esfuerzo (5) (86).

Aun así se ha planteado que existe riesgo en la aplicación de estas herramientas pues se puede presentar un error al diligenciamiento por parte de los deportistas con el ánimo de aparentar una adecuada condición; sin embargo se reconoce la utilidad en la identificación de las alteraciones para sobreentrenamiento. En este sentido también se propone se apliquen escalas específicas para deportistas tales como la Training Distress Scale, el RestQ- Sport o el Overtraining questionnaire of the Societe Francaise de Medecine du Sport (SFMS), que otorguen información con mayor validez por ser más específicos (6).

➤ Inmunológicos:

En varios estudios se ha evidenciado que atletas con periodos largos y de intensidades altas de entrenamiento muestran depresión del sistema inmune tanto sistémico como mucoso, sobre todo al final de temporada (87,88).

Se habla entonces de un posible incremento de las hormonas del estrés, que llevan a un incremento en la liberación de citoquinas antiinflamatorias y a un proceso complejo que podría desencadenar en una disfunción inmune crónica (89) (90). Se reporta disminución en la actividad de neutrófilos, monocitos, células T, así como de la síntesis de anticuerpos (17).

De acuerdo a lo anterior, se plantea que el sistema inmune es sensible tanto al estrés psicológico como físico y por tanto el monitoreo de variables de funcionamiento del mismo podría ser útil para la identificación de una condición de sobreentrenamiento; sin embargo no se encuentra consistencia en los datos reportados, las pruebas serían demasiado costosas y aún no se tienen estándares claros de aplicación, por lo tanto existe el riesgo de variación en resultados por influencia de diversas variables fisiológicas.

Es importante recordar que en el Consenso emitido en el 2012 respecto al SSE por el Colegio Americano de Medicina del Deporte y el Colegio Europeo de Ciencias del Deporte, se espera que cualquier indicador que se utilice cumpla con características de eficacia, confiabilidad, sensibilidad y especificidad. Adicionalmente se menciona que los indicadores utilizados deberían cumplir con los siguientes aspectos:

- Ser objetivos y sensibles a las cargas de entrenamiento sin afectarse por otros factores como la dieta.
- Modificarse previamente a la configuración del SSE.
- Modificarse como respuesta aguda al ejercicio y ser fácilmente diferenciables frente a las adaptaciones crónicas al ejercicio.
- Ser fáciles de medir y determinar basándose en un sustento teórico fuerte (28).

## **3. Marco metodológico**

### **3.1 Objetivos**

#### **3.1.1 Objetivo general**

Establecer a través de la revisión de evidencia sistemática, los indicadores utilizados para el diagnóstico del síndrome de sobreentrenamiento en atletas de resistencia de alto rendimiento.

#### **3.1.2 Objetivos secundarios**

- Identificar los indicadores para el diagnóstico del síndrome de sobreentrenamiento.
- Identificar los indicadores más usados para el diagnóstico del síndrome de sobreentrenamiento.

### **3.2 Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los indicadores utilizados para el diagnóstico del SSE en atletas de alto rendimiento que practican deportes de resistencia?

### **3.3 Tipo de estudio**

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la metodología de revisión sistemática de ensayos clínicos controlados y aleatorizados. Esta revisión se realizó bajo los

parámetros establecidos por la colaboración Cochrane, sin embargo se aclara que no se trata de una Revisión Cochrane oficial. Se espera establecer bajo los criterios de niveles de evidencia y calidad de los estudios definir su aporte frente a la determinación de cuál sería el indicador más eficaz para el diagnóstico del SSE.

### **3.4 Estrategia de búsqueda**

La búsqueda de evidencia se realizó respecto a los indicadores utilizados para el diagnóstico del SSE en las siguientes bases de datos: PubMed, Embase, Cochrane, Science Direct, Biomed Central y Scielo. Se establece como punto de corte el mes de Junio del 2017. Adicionalmente se incluyó la búsqueda de literatura por referencias cruzadas.

La búsqueda inicial fue realizada por un investigador quien por lectura de título hizo la selección inicial de los artículos encontrados en las bases de datos. En estos artículos encontrados se hizo revisión de las bibliografías reportadas para seleccionar un segundo grupo de artículos por referencias cruzadas.

Del grupo de estudios que incluyó los artículos encontrados en las bases de datos y los arrojados por referencias cruzadas, se realizó la eliminación de duplicados.

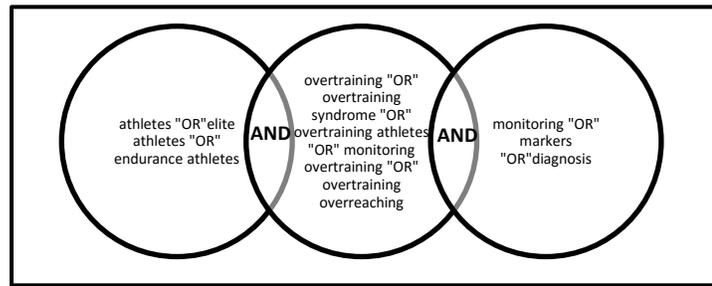
Posteriormente dos investigadores hicieron lectura de títulos y resúmenes para hacer la segunda selección de artículos que fueron definidos para hacer lectura a texto completo. Aquí se realizó una matriz inicial donde se consignaron los siguientes datos: título, tipo de estudio, autores, país, población, intervención, comparador, medidas resultado, los conceptos de aprobado o no aprobado y

observaciones finales. Tras la revisión de los dos investigadores se verifico junto a un tercer par evaluador el concepto dado para cada artículo y en caso de desacuerdo este último tomara la decisión definitiva de inclusión o no de los artículos en discusión.

A continuación se consignaron los artículos escogidos en una matriz de análisis donde se describieron más específicamente por su lectura a texto completo por parte de los dos investigadores iniciales. La extracción y análisis definitivo de las medidas a evaluar se hizo por cada uno de los investigadores de manera independiente para posteriormente cruzar la información y en caso de existir disparidad en los hallazgos el tercer evaluador tomo una determinación definitiva.

Los términos para la búsqueda se basaron en las tablas de términos Mesh y Desc, reportando algunos términos que no son Mesh pero se consideran términos de búsqueda de literatura y fueron los siguientes: athletes, overtraining, overtraining syndrome, monitoring, markers, diagnosis. Se utilizaron los conectores booleanos AND y OR en el momento de la búsqueda para generar todas las combinaciones posibles entre los términos. Adicionalmente se relacionó en la búsqueda clinical trial, randomized clinical trial o controled clinical trial con el fin de focalizar la búsqueda al tipo de estudio que se esperaba revisar. En la figura que se muestra a continuación se esquematiza la propuesta de búsqueda. Ver Figura 3-1.

**Figura 3-1:** Esquema de estrategia de búsqueda



## **3.5 Criterios de inclusión de la evidencia**

### **3.5.1 Tipos de estudio**

Se seleccionaran ensayos clínicos controlados en cualquier idioma, en humanos y de acuerdo a las recomendaciones para la elaboración de revisiones sistemáticas de Cochrane.

### **3.5.2 Tipos de participantes**

Deportistas de alto rendimiento que se desempeñen en disciplinas de resistencia. Población adulta, mayor de 18 años, esto de acuerdo a los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud, quienes establecen la etapa adulta a partir de los 18 años y hasta los 59 años. Adicionalmente se consideró la inclusión de los atletas que concordaron con la clasificación propuesta por Swann y Cols del 2015 (91) en la que establecen las siguientes categorías:

- Semi-elite: su mayor nivel de participación está por debajo del nivel más alto en su deporte, por ejemplo deportistas pertenecientes a programas de

desarrollo de talentos o deportistas universitarios. Con más de 2 años de experiencia.

- Elite –competitiva: su participación se da en el más alto nivel del deporte, pero no reportan logros en sus competencias. De 2 a 5 años de experiencia. Competencias a nivel regional.
- Elite de éxito: su participación se da en el más alto nivel del deporte, reportando logros ocasionales en sus competencias. De 5 a 8 años de experiencia. Competencias a nivel nacional.
- Elite de clase mundial: su participación se da en el más alto nivel del deporte, reportando logros frecuentes y sostenidos en sus competencias. Con más de 8 años de experiencia. Competencias a nivel internacional.

Adicionalmente se consideró el deporte de resistencia aquel que se encuentre clasificado en las modalidades de fondo, exija esfuerzos continuos, de intensidad submáxima, en periodos prolongados de ejecución y que son del tipo de activación muscular global, por ejemplo ciclismo, natación, atletismo, triatlón, maratón, marcha entre otros (92).

En este mismo sentido y de acuerdo al documento PASSCLAIM del 2003, el cual fue una iniciativa de la Comisión Europea, con el fin de emitir un consenso en relación a la evaluación del desempeño físico, el fitness y la nutrición, se consideraron deportes de resistencia aquellos que tienen una duración mayor de 30 minutos, donde la vía energética prioritaria es la aeróbica y los hidratos de carbono y las grasas se constituyen en las fuentes energéticas principales (93).

### **3.5.3 Tipos de intervenciones**

Se incluyeron estudios que en su diseño contenían grupos de intervención con atletas participantes de programas de entrenamiento con cargas altas en términos de intensidad, frecuencia y duración en diferentes modalidades de deportes de resistencia frente a grupos de control con atletas en entrenamiento usual sin ningún tipo de modificación que sirvieron de comparativo; no existe restricción frente a quien aplique los programas de entrenamiento; se incluyeron únicamente atletas que se pudieran clasificar dentro de los parámetros mencionados en el apartado anterior.

También se incluyeron estudios en donde se realizaron evaluaciones en las que el objetivo fue identificar o diagnosticar una condición de sobreentrenamiento en un grupo particular de atletas y para los cuales el grupo control fueron individuos que se encontraban en entrenamiento usual, que no se encontraban en el grupo de intervención o que estaban asistiendo a control de laboratorio de acuerdo a su deporte de rendimiento y calendario de monitoreo.

### **3.5.4 Tipos de medidas resultado**

Los estudios incluidos en la revisión contenían al menos una de las medidas resultado primarias, de las cuales como mínimo se hizo una medición inicial y post-intervención que permitió establecer la variación en el reporte de la misma.

El SSE como se ha mencionado en el marco teórico, se caracteriza por tener múltiples manifestaciones clínicas y afectar diferentes sistemas, por tal razón los indicadores utilizados son variados. Se han escogido como variables los indicadores más utilizados y representativos para el diagnóstico del SSE que se consideran importantes al describir aspectos que se pueden ver alterados a nivel bioquímico, hormonal, fisiológico, psicológico e inmunológico. En la tabla a continuación se describen en detalle. Ver Tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Tabla de medidas resultado

	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Como se obtiene en el estudio</b>
<b>Medidas primarias</b>	<b>Bioquímicas</b>			
	Lactato en sangre	Compuesto químico producto del metabolismo energético (glucólisis), sus concentraciones se incrementan de manera significativa cuando no se dispone de oxígeno suficiente para mantener el equilibrio entre su producción y eliminación	mmol/l Continua Razón	Medición pre y post intervención
	Creatin quinasa en sangre	Enzima que cataliza la producción de fosfocreatina por fosforilación de una molécula de creatina consumiendo una molécula de ATP	U/l Continua Razón	
	Urea en plasma	Compuesto químico producto del metabolismo de las proteínas	mmol/l Continua Razón	
	Glucógeno	Polisacárido formado por cadenas ramificadas de glucosa; se almacena principalmente en los músculos y el hígado	Continua Razón	

<b>Medidas primarias</b>	<b>Hormonales</b>			
	Cortisol en plasma	Hormona esteroidea producida por la glándula suprarrenal; es liberada en respuesta al estrés y a niveles disminuidos de glucocorticoides en sangre.	mmol/l Continua Razón	Medición pre y post intervención
	Testosterona en plasma	Hormona esteroidea sexual (andrógeno); se produce en los testículos y ovarios; se considera un esteroide anabólico	nmol/l Continua Razón	
	ACTH en plasma	Hormona adrenocorticotropa producida en la hipófisis y encargada de estimular las glándulas suprarrenales	nmol/l Continua Razón	
	Catecolaminas en plasma	Aminohormonas con funciones de neurotransmisión, incluyen la adrenalina, noradrenalina y la dopamina	nmol/l Continua Razón	Medición pre y post intervención
	<b>Fisiológicas</b>			
	VO <sub>2</sub> máximo	Volumen máximo de oxígeno por unidad de tiempo que es captado por los pulmones, transportado por el sistema cardiocirculatorio y utilizado por los músculos	mL/kg/min Continua Razón	Medición pre y post intervención
	Frecuencia cardiaca máxima	Número máximo de contracciones del corazón por unidad de tiempo tras un esfuerzo físico de alta intensidad	latidos por minuto Discreta Razón	
	Variabilidad de frecuencia cardiaca	Monitorización de la FC en condiciones de reposo y esfuerzo	Análisis de tiempo y frecuencia dominante Continua Razón	

<b>Psicológicas</b>				
	POMS	Instrumento utilizado para la medición de sentimientos, afectos y estados de ánimo. Es de carácter multidimensional	Puntuación numérica Continua Razón	Medición pre y post intervención
<b>Inmunológicas</b>				
<b>Medidas secundarias</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de variable</b>	Medición pre y post intervención
	Glutamina	Aminoácido fundamental para la síntesis proteica	micromol/L Continua Razón	
	Leucocitos	Células sanguíneas responsables de la respuesta inmunitaria	# de leucócitos por $\mu$ L Continua Razón	
	Neutrófilos	Glóbulos blancos de tipo granulocitos encargados de la defensa del cuerpo frente a agentes bacterianos y micóticos	# de neutrófilos por $\mu$ L Continua Razón	

### 3.5.5 Análisis y extracción de datos

El análisis de datos de acuerdo a las variables escogidas y ya descritas con anterioridad se realizó con una de las medidas del efecto diseñadas para variables de tipo continuas, siendo esta la diferencia de medias; en caso de no encontrar este dato se hizo el cálculo del mismo a partir de las medias reportadas en los estudios revisados con sus desviaciones estándar; las unidades de análisis de acuerdo al tipo de estudios que se incluyeron fueron: múltiples grupos de intervención, grupos aleatorizados y/o mediciones sucesivas.

En cuanto a los métodos de análisis dependiente de la variabilidad entre los estudios se utilizó el método de efectos fijos del inverso de la varianza o el método

de efectos aleatorios del inverso de la varianza, pensando en la posible diversidad que se puede encontrar en los estudios.

### **3.5.6 Calidad de los estudios**

Se aplicó la lista de chequeo de comprobación de la evidencia Consort, para los estudios que fueron incluidos para la revisión a texto completo. Adicionalmente la calidad de los estudios se determinó como baja, aceptable, alta y muy alta con la lista de chequeo SIGN para ensayos clínicos. Esta revisión se realizó por los dos investigadores iniciales y en caso de desacuerdo en la calificación, se hizo una revisión con el tercer evaluador quien tras la discusión académica tomo una decisión definitiva en la calificación.

### **3.5.7 Riesgo de sesgo de los estudios**

Cada estudio fue evaluado por los dos investigadores iniciales bajo los criterios e ítems establecidos en el Manual Cochrane de revisiones sistemáticas (94) en su sección de sesgo. Posteriormente la evaluación realizada se expuso en presencia del tercer par evaluador y en los casos donde existió disenso en la calificación y tras la discusión necesaria el tercer par evaluador tomo la determinación definitiva.

### **3.5.8 Heterogeneidad**

La heterogeneidad fue revisada en los estudios, se determinó desde el punto de vista metodológico y estadístico; la metodológica representada en la variabilidad

de los protocolos, participantes e intervenciones con el fin de encontrar aspectos que pudieran afectar el análisis de los datos.

Posterior a la obtención de estos datos se utilizó el software RevMan 5.3, para determinar la presencia de homogeneidad o heterogeneidad estadística en los estudios revisados; para tal proceso se aplicaron los estadísticos I<sup>2</sup>, Chi cuadrado con sus grados de libertad y valor de P en el modelo de efectos fijos y el tau<sup>2</sup> para el modelo de efectos aleatorios, con el objetivo de determinar el nivel de heterogeneidad, para la magnitud del efecto de la medida será determinado por el nivel del efecto según Cohen.

### **3.5.9 Análisis de sensibilidad**

En caso de encontrarse heterogeneidad estadística alta en el análisis de las variables generalmente se recurre a un análisis de sensibilidad con el fin de identificar que estudios aportarían en mayor porcentaje a la heterogeneidad, y posterior a ello un análisis por subgrupos determinando la medida del efecto encontrando cuales aportaron mayor homogeneidad; en este estudio las variables de análisis no reportaron heterogeneidad alta en sus resultados por lo cual no se hizo análisis de sensibilidad.

## **3.6 Aspectos éticos**

En la presente investigación los hallazgos presentados solo representan las afirmaciones de los investigadores. El presente es un estudio que se acoge a la

Declaración de Helsinki y representa una investigación con riesgo mínimo, de acuerdo a lo establecido en el numeral b, del artículo 11 de la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud. Es una investigación que no evidencia riesgo para los humanos porque no se realiza sobre individuos sino sobre artículos publicados.

## 4. Resultados

### 4.1 Características de los estudios seleccionados

Se realizó una búsqueda digital con los siguientes términos: athletes, overtraining, overtraining syndrome, monitoring, markers y diagnosis. Se utilizaron los conectores booleanos AND y OR para generar todas las combinaciones posibles entre los términos. En segunda instancia se focalizó la búsqueda a publicaciones tipo clinical trial, randomized clinical trial o controled clinical trial.

En total se encontraron 903 artículos, distribuidos de la siguiente manera en las bases de datos consultadas: 743 para Science Direct, 80 para Biomed Central, 31 para Cochrane, 21 para Embase, 19 para PubMed y 9 para Scielo. Ver Figura 4-1. (Anexos A1, A2, A3, A4, A5 y A6).

La búsqueda avanzada en la base de datos de Science Direct, tras generar el filtro para ensayos clínicos arrojó un total de 53 artículos, de los cuales 30 fueron eliminados por ser duplicados y 1 por tener un objetivo no relacionado con este estudio. Los artículos restantes se dejaron para lectura y análisis por resumen.

En el caso de la base de datos de Biomed Central, tan solo fueron incluidos 4 artículos que cumplían con los criterios de inclusión y fueron dejados para análisis posterior.

En la base de datos de Cochrane fueron hallados 12 artículos, de los cuales 2 fueron retirados por ser duplicados y otros 2 artículos fueron excluidos por plantear

un objetivo diferencial a los intereses de este estudio, quedando finalmente 8 artículos para inclusión a la matriz inicial de análisis.

Para Embase, tras hacer el filtro avanzado, se encontraron 4 artículos que cumplían con los criterios de inclusión, siendo uno de estos artículos una revisión sistemática. Todos estos fueron descritos en la matriz inicial.

En PubMed, tras la búsqueda avanzada, se eligieron 9 artículos de los cuales se retiraron 3 por ser duplicados, los 6 artículos restantes se dejaron para lectura de resumen posterior.

Finalmente al revisar la base de datos Scielo se encontraron 6 artículos que fueron incluidos para lectura de resumen y su respectiva descripción en la matriz inicial de análisis.

El investigador principal (JS) realizó la búsqueda en las bases de datos, haciendo el primer filtro de la evidencia reportada como se mencionó anteriormente. De los 903 artículos encontrados, 777 fueron excluidos por lectura de título, quedando 126 artículos.

En estos 126 artículos el investigador (JS) hizo lectura de las referencias bibliográficas y por título hizo una extracción por referencias cruzadas de 77 artículos, los cuales fueron sumados al grupo encontrado en las bases de datos para una suma total de 203 artículos. Tras la eliminación de duplicados, quedaron 111 artículos para revisión por resumen, la cual se hizo por dos evaluadores (AR) y (JS).

Para estos 111 artículos se hizo lectura de los resúmenes por parte de (AR) y (JS) extrayendo la información en una matriz que incluía título, tipo de estudio, autores, país, población, intervención, comparación, medidas resultado y el concepto de Aceptado o No aceptado.

Posteriormente se hizo una reunión para discutir los conceptos de aprobación o no de los artículos, en presencia de un tercer par evaluador (EH), quien en los casos en los que no hubo consenso entre los evaluadores (AR) y (JS) y tras escuchar la argumentación de las partes, tomó la decisión final sobre los documentos en discusión.

Tras esta revisión se excluyeron 89 estudios por tipo de estudio, 4 por el tipo de población, 4 por tener un objetivo orientado a otro tema, 1 por no reportar las variables de estudio y 2 por estar duplicados, en la Tabla 4-1 se expone una muestra de estos artículos. Al final del proceso fueron 11 los artículos escogidos para lectura a texto completo que corresponden a las referencias: (9) (95) (96) (97) (98) (99) (100) (101) (102) (103) (104). Ver Figura 4-1.

**Figura 4-1:** Diagrama de flujo de selección de estudios

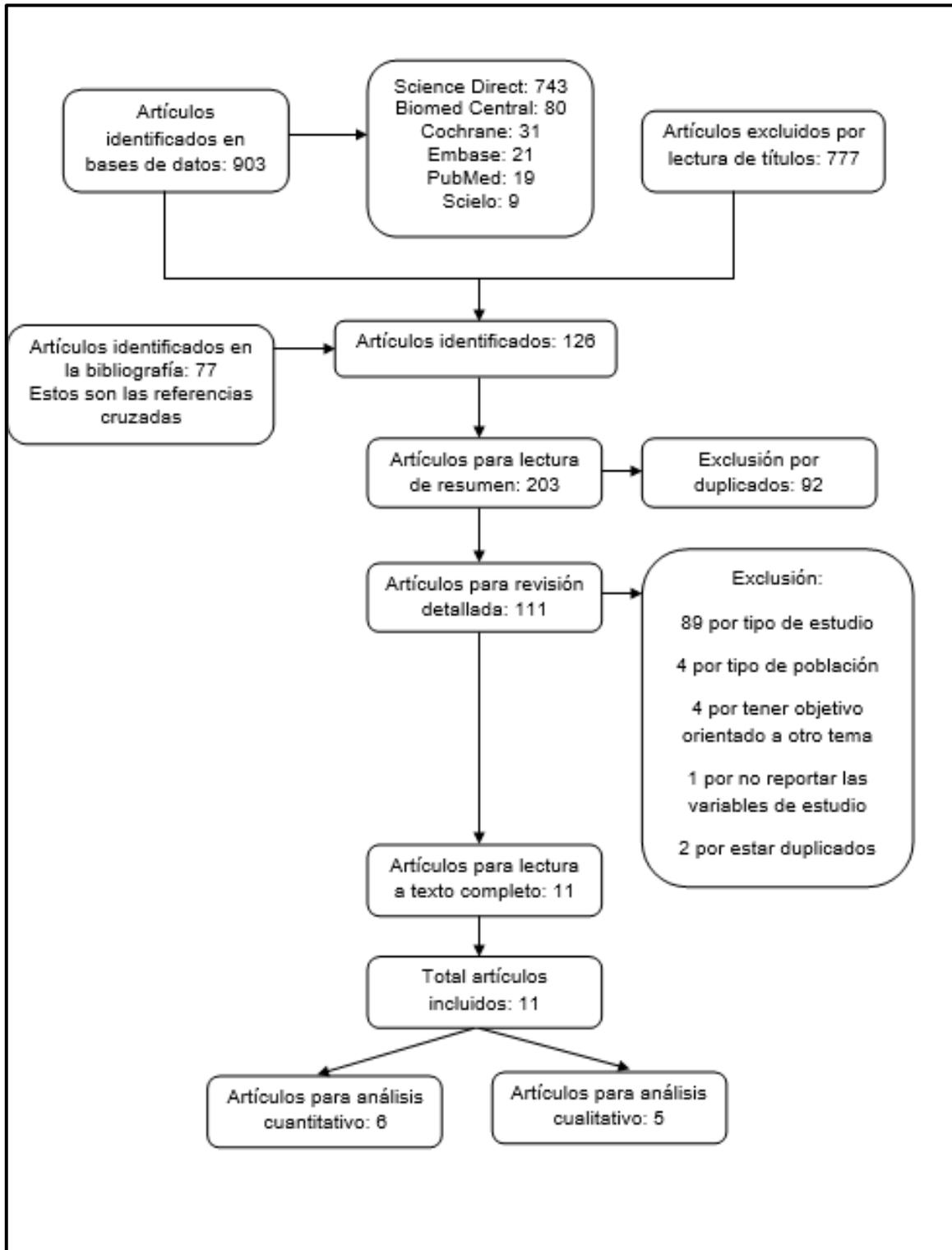


Tabla 4-1: Tabla de artículos excluidos

#	Autor	Título	Razón de exclusión
1	Urhausen A, Kullmer T, Kindermann W.	A 7-week follow-up study of the behaviour of testosterone and cortisol during the competition period in rowers	No es un ensayo clínico
2	Kenttä G, Hassmén P, Raglin JS.	Training practices and overtraining syndrome in Swedish age-group athletes	No es un ensayo clínico
3	M Lehmann, U Gastmann, K G Petersen	Training-overtraining: Performance, and hormone levels, after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners	No es un ensayo clínico
4	Lehmann, M.; Foster, C.; Netzer, N.	Physiological responses to short and long-term overtraining in endurance athletes	No es un ensayo clínico
#	Autor	Título	Razón de exclusión
5	Halson SL, Lancaster GI, Jeukendrup AE	Immunological responses to overreaching in cyclists	No es un ensayo clínico
6	Pichot V, Busso T, Roche	Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study	No aplica por el tipo de población. Son sedentarios
7	A. C. Fry, W. J. Kraemer, F. Van Borselen	Catecholamine responses to short-term high-intensity resistance exercise overtraining	No aplica por el tipo de población. Son musculadores
8	Chennaoui M, Desgorces F, Drogou C	Effects of Ramadan fasting on physical performance and metabolic, hormonal, and inflammatory parameters in middle-distance runners.	No aplica por el objetivo
9	Petibois C, Cazorla G, Poortmans JR	Biochemical aspects of overtraining in endurance sports.	No es un ensayo clínico
10	Robson P.	Elucidating the unexplained underperformance syndrome in endurance athletes: the interleukin-6 hypothesis	No es un ensayo clínico
11	Bosquet L, Léger L, Legros P.	Blood lactate response to overtraining in male endurance athletes	No es un ensayo clínico
12	Claudino J, Cronin J, Mezêncio B	Auto-regulating jump performance to induce functional overreaching	No contiene ninguna medida resultado
13	S. Kargotich, D. Keast, C. Goodman	Monitoring 6 Weeks of Progressive Endurance Training with Plasma Glutamine	No aplica por el tipo de población, son sujetos físicamente activos pero no atletas de alto rendimiento
14	Daijiro Abe, Takayoshi Yoshida, Hatsumi eoka	Relationship between perceived exertion and blood lactate concentrations during incremental running test in young females	No aplica por el objetivo
15	Rohlfis I, Carvalho T, Rotta T	Aplicação de instrum+B3:B8entos de avaliação de estados de humor na detecção da síndrome do excesso de treinamento	No es un ensayo clínico
16	Jurimae J, Purge P, Jurimae T	Adiponectin and stress hormone responses to maximal sculling after volume-extended training season in elite rowers	No es un ensayo clínico
17	J. Finaud, V. Scislowski G. Lac,	Antioxidant Status and Oxidative Stress in Professional Rugby Players: Evolution Throughout a Season	No es un ensayo clínico
18	Matos F, Samulski D, Perrot J	Cargas elevadas de treinamento alteram funcoes cognitivas em jogadores de futebol	No es un ensayo clínico
19	J Jurimae, J Maestu, P Purge	Changes in stress and recovery after heavy training in rowers	No es un ensayo clínico
20	Mourrot L, Bouhaddi M, Perrey, S	Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincare' plot analysis	No es un ensayo clínico
21	Filaire E, Ferreira J, Oliveira M	Diurnal patterns of salivary alpha-amylase and cortisol secretion in female adolescent tennis players after 16 weeks of training	No es un ensayo clínico

## 4.2 Fuente de construcción de la tabla de análisis

Con las 11 referencias elegidas (9) (95–104), los dos evaluadores (AR) y (JS) hicieron la lectura a texto completo de los artículos, se generó una matriz en la que se consignó la información relevante para los ECAS incluyendo los procesos de aleatorización, ocultamiento, protocolo de intervención específico tanto para el grupo experimental como para el control, así como las medidas resultado para cada estudio. Al hacer esta revisión se identificó que existen estudios que hacen publicaciones diferenciales en las cuales los datos reportados en cada artículo son diferentes por lo cual se incluyen para la revisión ya que exponen diferentes variables de análisis.

**Tabla 4-2:** Tabla de artículos incluidos

#	Autores	Año	Población y Disciplinas	Variables incluidas para análisis	País
1	Connor P, Morgan W, Raglin J, Barksdale C and Kalin N. (95)	1989	<b>22</b> sujetos 14 nadadores vs 8 sedentarios	POMS	Estados unidos
2	Pyne D, Baker M, Fricker P, McDonald W, Telford R and Weidemann M. (96)	1994	<b>23</b> sujetos 12 nadadores vs 11 sedentarios	Neutrófilos	Australia
3	Uusitalo A.L.T., Huttunen P, Hanin Y, Uusitalo A.J. and Rusko H. (97)	1998 Abril	<b>15</b> sujetos – 9 vs 6  3 triatletas, 3 navegadores, 5 corredores y 4 esquiadores	Cortisol Testosterona Catecolaminas (Adrenalina – Noradrenalina) VO <sub>2</sub> máx FC máx	Finlandia
4	Uusitalo A.L.T., Uusitalo A.J. and Rusko H.(98)	1998 Junio	<b>15</b> sujetos – 9 vs 6 3 triatletas, 3 navegadores, 5 corredores y 4 esquiadores	Variabilidad FC	Finlandia

5	Coutts A, Wallace L and Slattery K. (99)	2007	<b>16</b> sujetos 8 triatletas vs 8 triatletas	Creatin quinasa Urea Cortisol Testosterona ACTH Neutrófilos	Australia
6	Coutts A, Slattery K and Wallace L. (100)	2007	<b>16</b> sujetos 8 triatletas vs 8 triatletas	Lactato VO <sub>2</sub> máx FC máx	Australia
7	Le Meur Y, Hausswirth C, Natta F, Couturier A, Bignet F and Vidal P.(9)	2012	<b>24</b> sujetos 16 triatletas vs 8 triatletas	Lactato Creatin quinasa	Francia
<b>#</b>	<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Población y Disciplinas</b>	<b>Variables incluidas para análisis</b>	<b>País</b>
8	Hausswirthn C, Louis J, Aubry A, Bonnet G, Duffield R, and Le Meur Y. (101)	2013	<b>40</b> sujetos 18 triatletas vs 9 triatletas	VO <sub>2</sub> máx	Francia
9	Le Meur Y, Louis J, Aubry A, Guéneron J, Pichon A, Schaal K, Corcuff J, Hatem S, Isnard R and Hausswirth C. (102)	2014	<b>40</b> sujetos 24 triatletas vs 11 triatletas	Lactato FC máx	Francia
10	Nelson M, Thomson R, Rogers D, Howe P and Buckley J.(103)	2014	<b>17</b> sujetos 17 ciclistas vs 17 ciclistas	FC máx	Australia
11	Aubry A, Hausswirth C, Louis J, Coutts A, Buchheit M and Le Meur Y. (104)	2015	<b>40</b> sujetos 22 triatletas vs 10 triatletas	Catecolaminas (Epinefrina – Norepinefrina)	Francia

### 4.3 Análisis de los datos y descripción de los estudios

De los 11 artículos incluidos, 1 es de Estados Unidos (95), 4 son de Australia (96) (99) (100) (103), 2 son de Finlandia (97) (98) y 4 son de Francia (9) (101) (102) (104), conformando una matriz variada en cuanto a la ubicación geográfica de los estudios. En cuanto a la línea cronológica se establece un rango de 1989 hasta

2015, ubicando el 36% de las referencias en los últimos 5 años (101)(102)(103)(104).

La población total estudiada en los artículos fue de 268 personas, las cuales eran deportistas de alto rendimiento, que se desempeñaban en disciplinas de resistencia; en dos estudios (95) y (103) los atletas eran deportistas semi-élite y en los restantes (9), (96), (97), (98), (99), (100), (101), (102), (104) eran deportistas élite clasificados en diferentes niveles competitivos de acuerdo a sus años de experiencia.

En todos los artículos se evidenció un protocolo de entrenamiento para los grupos experimentales que incluía fases de sobrecarga caracterizadas por intensidades o volúmenes altos. 157 sujetos fueron asignados a grupos experimentales y 102 a grupos control, con un total de 26 pérdidas reportadas en los estudios (101), (102) y (104) . Ver matriz de análisis de artículos. (Anexo B y C)

Al observar los protocolos de entrenamiento se identificaron cuatro grupos:

- 1) El primero de nadadores vs sedentarios (95,96): este tuvo como sujetos de intervención un equipo de natación universitario (deportistas semi-élite) y un equipo elite de natación, ambos comparados con grupos control compuestos de sujetos sedentarios que fueron seguidos mientras participaban de un programa de actividad física a intensidades moderadas y con una duración de máximo 4 horas a la semana. En ambos estudios se realizaron las mediciones a lo largo de un periodo de preparación orientado a competencia.

No hubo intervención directa sobre el plan de entrenamiento del grupo de intervención; sin embargo sí se identificaron dentro del entrenamiento fases de alta intensidad de trabajo para hacer el control de las variables de estudio. Se realizaron mediciones para establecer una línea de base, mediciones pre-entrenamiento, previo a la fase de alta intensidad y medición post-entrenamiento, al finalizar la fase de alta intensidad la cual tuvo una duración para ambos estudios de 4 semanas, uno de los estudios hace la medición post-entrenamiento a la semana 19 y el otro a la semana 12. Las mediciones se realizaron tanto en el grupo control como en el de intervención.

- 2) En el segundo grupo se encuentran disciplinas variadas (97,98): aquí se ubicaron dos publicaciones provenientes del mismo estudio que en sus resultados reportaron variables diferentes, por lo cual ambos fueron incluidos. Estos tienen como sujetos deportistas de 4 disciplinas diferentes que incluían triatletas, navegadores, corredores y esquiadores, clasificados en la categoría elite con al menos 1 año de experiencia en competencia a este nivel. Los grupos de intervención y control fueron establecidos de acuerdo a la voluntad de los sujetos de pertenecer a uno u otro grupo.

El plan de entrenamiento del grupo de intervención estuvo conformado por dos fases: la primera de entrenamiento normal (4 semanas) y la segunda de alta intensidad al 130% (2 semanas), mientras el grupo control tuvo un

periodo de 6 semanas de entrenamiento normal. Se realizaron mediciones en la semana 1 (línea de base), semana 4 (pre-entrenamiento) y semana 6 (post-entrenamiento), en ambos grupos.

3) El tercer grupo es de ciclistas (103) pertenecientes a un club (semi-elite) del cual se conformaron los grupos de intervención y control al azar, bajo un diseño cruzado y contrabalanceado. Para esto se estableció un plan de entrenamiento conformado por dos fases, una fase inicial de entrenamiento intenso (2 semanas) y una segunda fase de entrenamiento ligero (2 semanas), para posteriormente invertir las fases. Se realizaron mediciones en la semana 2 (pre-entrenamiento) y la semana 4 (post-entrenamiento).

4) Para el cuarto grupo fueron escogidos triatletas: para este grupo se identificaron tres subgrupos de artículos pues se encontraron dos publicaciones provenientes de un mismo estudio que reportaban en sus resultados variables diferentes (99,100), un artículo independiente (9) y otras tres publicaciones provenientes también de un mismo estudio pero reportando variables diferenciales en sus resultados (101,102)(104).

En este grupo los sujetos fueron triatletas de categoría elite con al menos dos años de experiencia en competencia a este nivel. Los grupos de intervención y control fueron establecidos al azar por grupos emparejados de acuerdo a los resultados obtenidos en una prueba de  $VO_2$  máx.

El plan de entrenamiento para el primer subgrupo (97) y (98) estuvo conformado por dos fases así: para el grupo de intervención la primera fase fue de entrenamiento intenso (4 semanas) y la segunda fase de entrenamiento ligero (2 semanas), mientras el grupo control tuvo una primera fase de entrenamiento normal (4 semanas) y una segunda fase de entrenamiento ligero (2 semanas).

En ambos artículos reportaron que el grupo de intervención realizó en total un 290% más de entrenamiento en comparación con el grupo control en la fase de entrenamiento intenso. Se realizaron mediciones en la semana 1 (pre-entrenamiento), semana 4 (post-entrenamiento) y semana 6 (medición final), en ambos grupos.

En el artículo independiente (9) se estableció para el grupo de intervención: una fase de entrenamiento normal al 100% (3 semanas), la segunda fase de recuperación al 50% (1 semana) y la tercera fase de entrenamiento intenso al 140% (3 semanas). Para el grupo control se estableció el mismo protocolo salvo que en la tercera fase se mantuvo el entrenamiento normal.

Para los tres artículos restantes (101) (102) y (104) se estableció para el grupo de intervención: una primera fase de entrenamiento normal al 100% (3 semanas), la segunda fase de recuperación al 50% (1 semana), la tercera

fase de entrenamiento intenso al 130% (3 semanas) y una fase final de recuperación al 50%. Para el grupo control se estableció el mismo protocolo salvo que en la tercera fase se mantuvo el entrenamiento normal.

Respecto a las variables incluidas para análisis, se encuentra la siguiente distribución por grupos:

En el primer grupo conformado por los estudios (95,96) reportaron respectivamente las variables de POMS y neutrófilos.

En el segundo grupo, el estudio (97) reportó las variables de cortisol, testosterona, catecolaminas (adrenalina – noradrenalina), VO<sub>2</sub> máximo y FC máxima mientras que el estudio (98) reportó variabilidad de FC.

El tercer grupo con el estudio (103) reportó FC máxima, aunque lo hizo en términos de tasas, por lo cual no fue comparable con las medidas resultado reportadas en otros estudios que reportaron sus resultados en diferencia de medias con su respectiva desviación estándar; por esta razón no se incluyó en el análisis.

Finalmente en el cuarto grupo se encuentran reportadas las siguientes variables en sus subgrupos: en el primer subgrupo el estudio (99) reportó creatin quinasa, urea, cortisol, testosterona, ACTH y neutrófilos mientras que en el estudio (100) reportaron lactato, VO<sub>2</sub> máximo y FC máxima. En el segundo subgrupo

conformado por el estudio (9) reportaron lactato y creatin quinasa. Y en el tercer subgrupo reportaron en el estudio (101) VO2 máximo, en el estudio (102) lactato y FC máxima y en el estudio (104) catecolaminas (epinefrina – norepinefrina).

Por la diversidad encontrada en las variables de los grupos descritos anteriormente se hizo una nueva clasificación de los estudios con base en las variables reportadas, con el fin de cruzar los datos y desarrollar el análisis de los mismos orientado hacia el objetivo propuesto en este trabajo.

#### **4.4 Evaluación de calidad y riesgo de sesgo**

Para el proceso de evaluación de los estudios se aplicó la lista de chequeo de comprobación de la evidencia Consort registrando el cumplimiento o no de los 25 criterios en los 11 artículos seleccionados (Anexo D). Al hacer esta revisión se encontró que en el 100% de los estudios no hay una identificación clara de la metodología experimental en el título y adicionalmente la mayor debilidad por incumplimiento de los aspectos revisados se concentra en los procesos de aleatorización, ocultamiento y enmascaramiento, aspectos que se concentran en el rango de ítems que van del 6b al 11b.

Para la evaluación de calidad se aplicó la lista de chequeo SIGN para ensayos clínicos en los 11 artículos seleccionados (Anexo E). El resultado de esta revisión arrojó que el 100% de los estudios tienen un abordaje adecuado, claro y enfocado en cuanto a los antecedentes, hipótesis y objetivos de la investigación; sin embargo

presentaron dificultades en los procesos de aleatorización, ocultamiento y cegamiento, lo cual fue acorde con la revisión hecha con la lista de chequeo Consort. Tras la aplicación de SIGN se calificaron 4 de los estudios en Baja calidad (95) (96) (101) (103) y los 7 estudios faltantes (9) (97) (98) (99) (100) (102) (104) en un nivel de calidad Aceptable.

Para la valoración de riesgo de sesgo se evaluó el cumplimiento de los criterios establecidos por el manual de revisiones sistemáticas de Cochrane (94) con sus respectivos ítems, los cuales fueron mencionados en el marco metodológico para obtener un concepto final de riesgo alto, bajo o incierto para cada artículo incluido.

Respecto a los criterios evaluados para sesgo los cuales se muestran en la Figura 4-2, se encontró que el 90,9% se encuentran en riesgo alto por no realizar el proceso de aleatorización o por realizarlo a partir de los resultados obtenidos en una prueba aplicada a los sujetos, previo a la ejecución del protocolo de intervención; el porcentaje restante configurado en el estudio (103) se clasificó como riesgo poco claro, por no informar claramente cómo se realizó el proceso. En cuanto al ocultamiento y cegamiento tanto de los sujetos de estudio como del personal participe de la investigación y de la evaluación de los resultados se encontró que el 100% de los estudios están en riesgo alto para estos aspectos pues no se informó de la realización de ninguno de estos procesos.

Es importante aclarar que este resultado puede ser comprensible por tratarse de intervenciones en el área de deporte, donde los procedimientos de aleatorización,

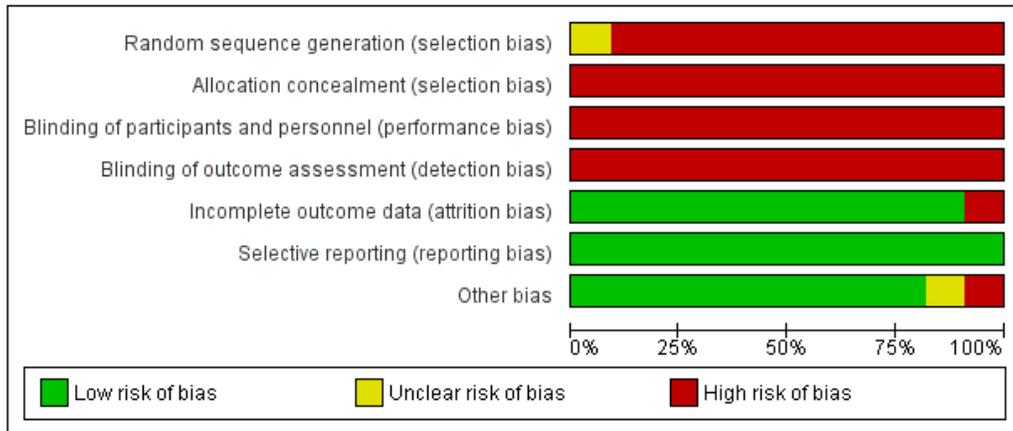
cegamiento y ocultamiento pueden no ser tan comunes por tratarse de muestras pequeñas en población selectiva y especializada o por la misma naturaleza de los protocolos de intervención.

En los datos de resultados incompletos se encontró que el 90,9% de los estudios se encuentran en bajo riesgo dejando a un solo estudio (101) en riesgo alto por las pérdidas en los sujetos que reporta, pero de los cuales no se hace seguimiento. Para la notificación selectiva de datos se encuentra que el 100% de los estudios están clasificados en bajo riesgo. Por último, para otros sesgos, se encontró que el 81.8% de los estudios se califica con bajo riesgo, uno de ellos quedo en riesgo alto (96) debido a que la población incluye mujeres y hombres y no se hace un análisis diferencial por sexo, el otro estudio (101) se reporta en riesgo poco claro por las pérdidas en los sujetos y el no seguimiento a las mismas.

En lo que respecta al análisis individual de los artículos como se puede observar en la Tabla 4-2, se evidenció que el estudio (96) presentó un riesgo adicional por otros sesgos; el estudio (103) presentó particularmente un riesgo poco claro en términos del proceso de aleatorización y el estudio (101) presentó un riesgo adicional por resultados incompletos y un riesgo poco claro por otros sesgos, siendo estos tres artículos los de mayor debilidad frente a los demás estudios (9) (95) (97) (98) (99) (100) (102) (104) que mostraron un comportamiento similar calificando los primeros 4 ítems en alto riesgo y los últimos 3 ítems en riesgo bajo.

En conclusión y de acuerdo a la evaluación realizada, se encontró debilidad metodológica y un alto riesgo de sesgo en los 11 artículos elegidos. Tanto el proceso de evaluación de calidad como de sesgo fue aplicado de manera independiente por los dos evaluadores (AR) y (JS). Posteriormente se cruzaron los datos y en aquellos que hubo diferencia el tercer par evaluador (EH) participo para dejar un concepto definitivo. A continuación se muestra la Figura 4-2 y Tabla 4-3 de análisis y evaluación de sesgo reportada por el software RevMan 5.3.

**Figura 4-2:** Análisis de sesgo de los estudios incluidos



**Tabla 4-3:** Evaluación de sesgo de los estudios incluidos

Author, Year	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Auloy A, 2015	●	●	●	●	●	●	●
Connor, 1998	●	●	●	●	●	●	●
Coutts A, Slatery K, 2007	●	●	●	●	●	●	●
Coutts A, Wallace L, 2007	●	●	●	●	●	●	●
Hauswirth, 2013	●	●	●	●	●	●	●
Le Meur Y, Hauswirth C, 2012	●	●	●	●	●	●	●
Le Meur Y, Louis J, 2014	●	●	●	●	●	●	●
Nelson, 2014	●	●	●	●	●	●	●
Pyne, 1994	●	●	●	●	●	●	●
Uusitalo A.L.T., Huttunen P, 1998	●	●	●	●	●	●	●
Uusitalo A.L.T., Uusitalo A.J, 1998	●	●	●	●	●	●	●

## 4.5 Análisis cualitativo

Dentro de las variables incluidas en la tabla de medidas resultado (Tabla 3.1), no se encontraron estudios dentro de los elegidos para el análisis que reportaran datos de los siguientes indicadores: glucógeno, glutamina y leucocitos, por lo tanto no fue posible hacer un estudio detallado de ellos respecto a su variación frente a una condición de sobreentrenamiento.

En los estudios (95)(96)(97)(98)(99)(104) reportaron variables incluidas en la tabla de medidas resultado (Tabla 3.1) pero no fue posible realizar un análisis cuantitativo. Por lo tanto se describirán los hallazgos reportados de forma individual y cualitativa.

Las siguientes variables fueron encontradas en dos estudios diferentes; sin embargo no fue posible establecer una comparación:

- **Testosterona:** para este caso Uusitalo y Cols, 1998 (97) realizaron la medición de testosterona en plasma total reportándola en unidades de nmol/l, mientras que en el caso de Coutts y Cols, 2007, (99) realizaron la medición de testosterona libre en plasma reportando los valores en unidades de pmol/l. Aquí no fue válida la conversión de unidades ya que se trataba de dos condiciones diferentes de presentación de la testosterona en plasma.

En cuanto a la descripción del comportamiento de la variable en el estudio (97) informaron que se presentó una tendencia a la disminución de las

concentraciones de la testosterona total a medida que se incrementó la intensidad del entrenamiento. Ver Tabla 4-4. Sin embargo resaltan la importancia de hacer un control individual frente a estos cambios pues estas modificaciones según informan pueden ser resultado de múltiples condiciones fisiológicas, que no permiten establecer una generalidad.

**Tabla 4-4:** Valores de TESTOSTERONA

	Testosterona total (nmol/l)	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	4.6 +/- 0.5 (3.3, 5.9)	4.3 +/- 0.5 (3.1, 5.6)
Grupo control	3.1 +/- 0.9 (0.5-5.6)	3.2 +/- 0.94 (0.6-5.8)

Mientras tanto en el estudio (99) informaron que no hubo cambios en las concentraciones de testosterona posterior al periodo de sobrecarga. Ver Tabla 4-5. Esto fue atribuido a un equilibrio de la respuesta hormonal consecuencia de la fase previa al periodo de sobrecarga, en la cual se mantuvo una intensidad de trabajo moderada con un adecuado descanso.

**Tabla 4-5:** Valores de TESTOSTERONA

	Testosterona libre (pmol/l)	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	52.4 +/- 10.4	51.5 +/- 11
Grupo control	56.4 +/- 14.5	61.5 +/- 10.9

- **Neutrófilos:** Pyne D y Cols, 1994 (96) y Coutts y Cols, 2007 (99) reportaron la medición de esta variable; sin embargo los protocolos fueron bastante diferentes en términos de duración y la medición post – entrenamiento se

realizó para el primer estudio a la semana 12 mientras que en el segundo se realizó en la semana 4.

En el estudio (96) reportaron un incremento en la concentración de neutrófilos tras el periodo de entrenamiento, sin embargo reportan que no fue un dato estadísticamente significativo. Ver Tabla 4-6

**Tabla 4-6:** Valores de NEUTRÓFILOS

	Neutrófilos ( $10^6 \cdot \text{ml}^{-1}$ )	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	4.3 +/- 0.9	4.8 +/- 1.7
Grupo control	4.8 +/- 1.4	5.1 +/- 1.5

Por su parte en el estudio (99) reportaron un recuento de neutrófilos significativamente menor en el grupo de intervención frente al grupo control, condición que se mantuvo desde la línea de base hasta el momento de post-entrenamiento en sobrecarga. Ver tabla 4-7. Lo cual indica para este estudio que no hubo cambio significativo por lo tanto informaron que la medición sobre esta variable no sería un indicador fiable para determinar sobreentrenamiento.

**Tabla 4-7:** Valores de NEUTRÓFILOS

	Neutrófilos ( $10^9 \cdot \text{l}^{-1}$ )	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	2.21 +/- 0.64	2.19 +/- 0.69
Grupo control	3.53 +/- 0.92	3.26 +/- 1.10

- **Catecolaminas:** para esta variable Uusitalo y Cols, 1998 (97) reportaron disminución en los niveles de adrenalina y noradrenalina en el grupo de

intervención al comparar los datos registrados en pre-entrenamiento y post-entrenamiento. Ver Tabla 4-8

**Tabla 4-8:** Valores de CATECOLAMINAS

	Adrenalina (nmol/l)		Noradrenalina (nmol/l)	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	1.87 +/- 1.03 (-0.52, 4.23)	0.89 +/- 0.29 (0.21-1.57)	21.66 +/- 5.71 (8.50,34.81)	17.02 +/- 2.71 (10.78,23.27)
Grupo control	1.19 +/- 0.37 (0.24,2.14)	2.03 +/- 1.02 (-0.60,4.65)	17.03 +/- 2.71 (10.78,23.27)	22.46 +/- 1.52 (18.56,26.36)

La variación informada fue relacionada con la disminución de la actividad simpato-adrenal y/o adreno-cortical. Sin embargo resaltan que se encontraron diferencias individuales, por lo tanto consideran que no es posible generalizar los resultados y consideran necesario establecer perfiles individuales en caso de utilizar la medición de esta variable como un indicador valido para determinar sobreentrenamiento.

Entre tanto Aubry y Cols, 2015 (104) reportaron disminución en las concentraciones plasmáticas de catecolaminas (Epinefrina y Norepinefrina) posterior al periodo de sobrecarga y en comparación con los valores de pre-entrenamiento, lo cual consideran se asocia con una actividad quimiorefleja disminuida. Ver Tabla 4-9.

**Tabla 4-9:** Valores de CATECOLAMINAS

	Epinefrina ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ )		Norepinefrina ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ )	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	13402 + - 12128	5476 + - 5515	42452 + - 18492	33065 + - 10716
Grupo control	7971 + - 4341	7627 + - 4933	45226 + - 20996	44998 + - 17657

Por último para las siguientes variables se encontraron datos reportados en un solo estudio, por lo tanto no hubo posibilidad de análisis cuantitativo:

- **Urea:** para esta variable Coutts y Cols, 2007 (99) reportaron un aumento en los valores de concentración tras el periodo de entrenamiento en sobrecarga y lo atribuyen a un catabolismo aumentado de la proteína muscular o una disminución en la síntesis proteica. Ver Tabla 4-10. Sin embargo indicaron que los valores se encontraban dentro de los valores normales en los rangos superiores, lo que conduce a establecer que el incremento en la producción de urea se podría considerar una respuesta normal frente al incremento de la intensidad en el entrenamiento.

**Tabla 4-10:** Valores de UREA

	Urea (mmol. l <sup>-1</sup> )	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	6.0 ± 1.1	6.6 ± 1.3
Grupo control	5.4 ± 1.4	6.4 ± 1.4

- **ACTH:** para esta variable Coutts y Cols, 2007 (99), reportaron que no hubo cambios en las concentraciones de esta variable posterior al periodo de sobrecarga. Ver Tabla 4-11.

**Tabla 4-11:** Valores de ACTH

	ACTH (pmol. l <sup>-1</sup> )	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	9.75 ± 7.23	7.87 ± 2.90
Grupo control	7.25 ± 3.30	7.63 ± 2.97

- **POMS:** esta variable fue reportada por Connor y Cols, 1989 (95) indicando un aumento consistente en los valores de depresión relacionada con el

incremento en la intensidad del entrenamiento, así como un decaimiento en el estado de ánimo general hacia sensaciones negativas. Ver Tabla 4-12. Reconocen que los valores son elevados en comparación con los informados en la línea de base, sin embargo se encontraban dentro de los rangos normales en comparación con los datos normativos.

**Tabla 4-12:** Valores de POMS

	POMS		
		Pre-entrenamiento	Post- entrenamiento
Grupo intervención	Tensión	17,5* + - 4,4	20,0 * + -6,0
	Depresión	15,9 * + - 6,3	11,7 + -9,7
	Ira	16,6 * + -8,6	14,9 + -10,3
	Vigor	9,6* + - 5,1	16,5 + -4,4
	Fatiga	21,2 *+ - 5,8	7,9 + -5,6
	Confusión	11,4 + - 3,1	13,2 + -4,5
Grupo control	Tensión	No reportan	No reportan
	Depresión	No reportan	No reportan
	Ira	No reportan	No reportan
	Vigor	No reportan	No reportan
	Fatiga	No reportan	No reportan
	Confusión	No reportan	No reportan

- **VFC:** Uusitalo y Cols, 1998 (98), este estudio no reportó cambios significativos en la modulación cardíaca autonómica durante el protocolo de entrenamiento. Reconocen varias limitaciones en su metodología por lo que consideran no definitivos sus resultados. Ver Tabla 4-13.

**Tabla 4-13:** Valores de VFC

	VFC (ppm)	
	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento
Grupo intervención	Supino antes de los bloqueos: 53 +/- 3 (47 - 60) Después de la atropinización: 95 +/- 5 (84 - 107) Después del doble bloqueo: 88 +/- 7 (69 - 108)	Supino antes de los bloqueos: 53 +/- (45 - 62) Después de la atropinización: 93 +/- 5 (82 - 105) Después del doble bloqueo: 82 +/- 4 (71 - 93)
Grupo control	Supino antes de los bloqueos: 52 +/- 2 (45 - 60) Después de la atropinización: 96 +/- 6 (78 - 115) Después del doble bloqueo: 89 +/- 9 ( 59 - 119)	Supino antes de los bloqueos: 54 +/- 4 (41 - 67) Después de la atropinización: 90 +/- 3 (80 - 101) Después del doble bloqueo: 84 +/- 4 (72 - 95)

## 4.6 Análisis de heterogeneidad

En este apartado se revisará la heterogeneidad metodológica y estadística encontrada en los estudios (9)(97)(99) (100)(101)(102) de los cuales por las variables reportadas en sus resultados fue posible realizar un análisis cuantitativo. La heterogeneidad metodológica se entiende a partir de la diversidad encontrada en la población, la intervención, la duración o la misma estructura de los protocolos establecidos para los estudios.

En este caso la heterogeneidad metodológica se puede considerar moderada debido a la diversidad en las disciplinas deportivas incluidas, ya que excepto por el estudio (97) que incluyó navegadores, corredores y esquiadores, todos los demás atletas practicaban triatlón (9) (99) (100) (101)(102); los protocolos de

entrenamiento fueron variados respecto a las actividades realizadas incluyendo ciclismo, carrera, natación y sky a campo abierto; la duración en las fases de entrenamiento varió de 2, 3 hasta 4 semanas y de acuerdo a esto los tiempos de medición definidos como post-entrenamiento se dieron en las semanas 4, 6 o 7.

Por otro lado la heterogeneidad estadística se describe a partir del análisis estadístico de los datos: esto se hizo mediante la inspección visual de los diagramas de árbol (forest plot) y los estadísticos  $I^2$ ,  $Chi^2$ ,  $Tau^2$ , además del análisis de los intervalos de confianza; para posibilitar este análisis los estudios se agruparon de acuerdo a las variables desenlace reportadas como se mencionaba anteriormente.

En los estudios (100) y (9) se hizo la medición post-entrenamiento a partir de una prueba de carga incremental, en la que se discriminaron fases de baja, moderada y alta y/o máxima intensidad; los resultados de las variables en estudio se reportaron de acuerdo a estas 3 fases, por lo tanto para el análisis en este trabajo se tomaron los valores descritos en la fase de alta y/o máxima intensidad.

Adicionalmente los estudios (102), (97) y (101) antes de realizar las mediciones post-entrenamiento subdividieron los grupos de intervención a partir de la aplicación de pruebas subjetivas como el POMS para la identificación de sobreentrenamiento. De acuerdo a sus hallazgos reportaron sus datos finales para un grupo control, un grupo con fatiga aguda y un grupo con sobreentrenamiento. Para el análisis de datos en este trabajo se tomaron los datos correspondientes al grupo clasificado con sobreentrenamiento.

Para el análisis de heterogeneidad estadística se tomaron 5 medidas resultado: lactato, FC máxima, cortisol, creatin quinasa y VO<sub>2</sub> máximo, que se describen a continuación:

#### **4.6.1 Lactato**

Para esta variable resultado que evalúo la concentración de lactato en sangre tras un periodo de entrenamiento en sobrecarga, se encontraron 3 estudios (100) (9) y (102) que son consistentes en sus resultados y al analizarlos en el diagrama de árbol con un modelo de efectos aleatorios reportan homogeneidad por lo cual se traslada el análisis al modelo de efectos fijos observando que se mantienen los valores de los estadísticos reportados.

La respuesta de esta variable está a favor del grupo experimental como se puede observar en la Figura 4-3 con variación solo en un estudio (100), ya que presenta un intervalo de confianza amplio que va del grupo experimental al grupo control.

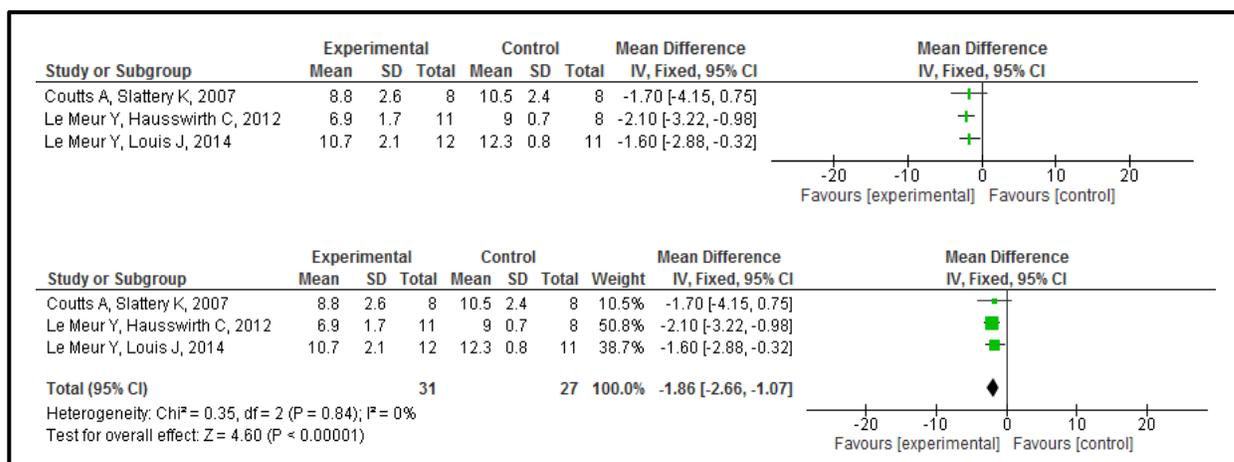
Para el estudio de Coutts y Cols 2007 (100) se presenta un efecto a favor del grupo experimental, aunque con un intervalo de confianza amplio que alcanza a tener resultados a favor del grupo control, con una diferencia de medias de -1.70 (-4.15,0.75) lo que disminuye su significancia estadística.

En contraste, los dos estudios restantes Le Meur y Cols, 2012 (9) y Le Meur y Cols, 2014 (102), con un peso de 50.8% y 38.7% respectivamente se encuentran completamente a favor del grupo experimental, demostrando un resultado consistente indicando una disminución de los valores de lactato post-

entrenamiento. Se observan intervalos de confianza estrechos en comparación con el primer estudio, reportando diferencia de medias de -2.10 (-3.22,-0.98) y -1.60 (-2.88,-0.32) respectivamente.

Al realizar el análisis estadístico de la heterogeneidad entre los tres estudios se observó un  $I^2$  del 0%,  $\text{Chi}^2 = 0.35$ ,  $\text{df}=2$  ( $P=0.84$ ), lo cual soporta la descripción realizada anteriormente. Ver Figura 4-3.

**Figura 4-3:** Diagrama de árbol de la variación de las concentraciones de LACTATO en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso. Análisis de efectos aleatorios. Diferencia de medias. IC95%



#### 4.6.2 Frecuencia cardiaca máxima

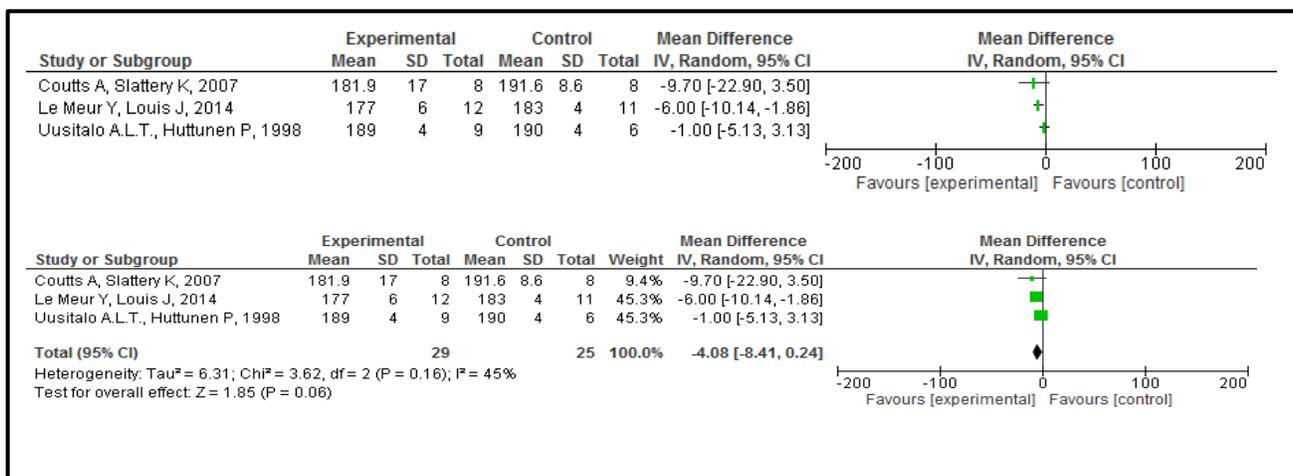
Esta variable fue medida y reportada en tres estudios (97) (100) y (102). Al observar el diagrama de árbol se observa una disposición hacia el grupo experimental en dos de los estudios (100) y (102), con intervalos de confianza amplios y para el caso del primer estudio con un intervalo de confianza que alcanza al grupo control.

El tercer estudio (97) en cambio muestra una tendencia más neutra con un intervalo de confianza estrecho. Se observa una moderada heterogeneidad con un  $I^2$  del 45%,  $\text{Chi}^2=3.62$ ,  $\text{df}=2$  ( $P=0.16$ ).

Esta heterogeneidad podría atribuirse a las diferencias en cuanto a sexo de los sujetos ya que en el estudio (97) solo se incluyeron mujeres mientras que en los estudios (100) y (102) se incluyeron solo hombres, a la variedad de disciplinas a las que se dedicaban estos sujetos o a la diferencia en el protocolo de la prueba incremental que fue usado para hacer la medición post-entrenamiento.

Coutts y Cols, 2007 (100),informan una diferencia de medias de -9.70 con un intervalo de (-22.90,3.50). Por su parte Le Meur y Cols, 2014 (100) reportan una diferencia de medias de -6.00 con intervalo de (-10.14,-1.86) y Uusitalo y Cols, 1998 (97), muestran una diferencia de medias de -1.00 con un intervalo de confianza de (-5.13,3.13). Ver Figura 4-4.

**Figura 4-4:** Diagrama de árbol de la variación de los valores de FC máx tras un periodo de entrenamiento intenso.  
Análisis de efectos aleatorios. Diferencia de medias. IC95%

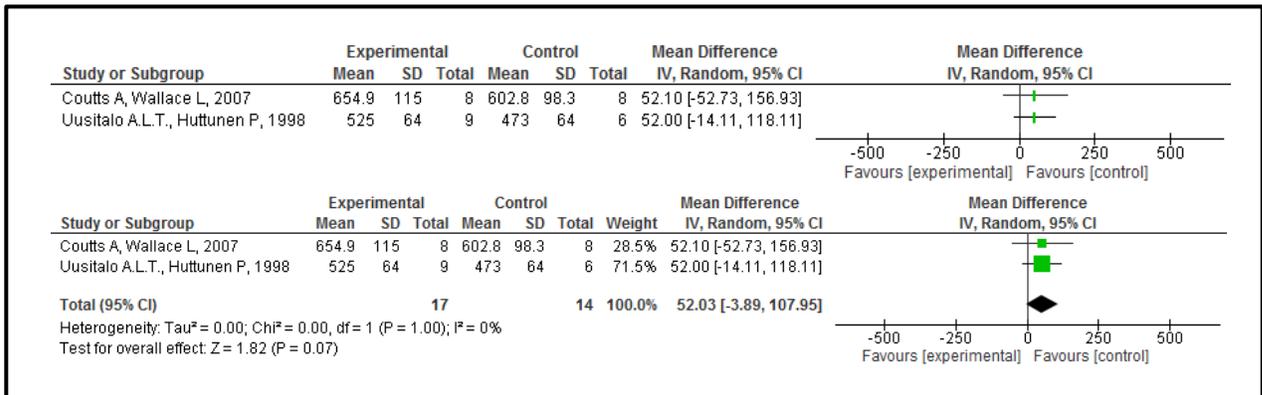


### 4.6.3 Cortisol

Para esta variable se reportaron los niveles de concentración en sangre post-entrenamiento intenso. Dos estudios (99) y (97) reportaron datos que en el diagrama de árbol demuestran favorabilidad hacia el grupo control pero con efecto de cada uno no claro por los intervalos de confianza tan amplios y que alcanzan al grupo experimental. Se observa una homogeneidad entre los dos estudios reportado con un  $I^2$  del 0%,  $Chi^2 = 0.00$ ,  $df=1$  ( $P=1.00$ ). Ver Figura 4-5.

Coutts y Cols, 2007 (99), presentan un intervalo de confianza amplio, reportando una diferencia de medias de 52.10(-52.73,156.93). En consonancia Uusitalo y Cols, 1998 (97), con un intervalo también amplio de confianza, reportan una diferencia de medias de 52.00 (-14.11,118.11). Ver Figura 4-5.

**Figura 4-5:** Diagrama de árbol de la variación de las concentraciones de CORTISOL en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso. Análisis de efectos aleatorios. Diferencia de medias. IC95%



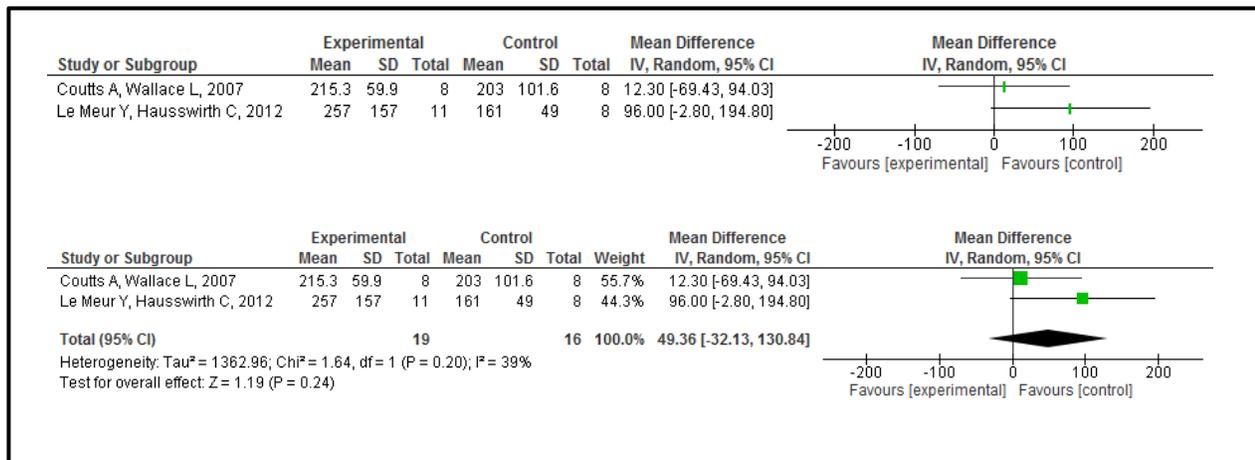
### 4.6.4 Creatin quinasa

Para esta variable, que evaluó la concentración en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso, se encontraron 2 estudios (9) y (99) que al ser observados en el diagrama de árbol reportan una respuesta favorable hacia el grupo control,

aunque con intervalos amplios de confianza que disminuyen su significancia. Se observa una moderada heterogeneidad con un  $I^2$  del 39%,  $\text{Chi}^2 = 1.64$ ,  $\text{df}=1$  ( $P=0.20$ ). Ver Figura 4-6.

Coutts y Cols, 2007(99), presentan un intervalo amplio que abarca tanto el grupo experimental como el grupo control con una diferencia de medias de 12.30 (-69.43,94.03). Entre tanto Le Meur y Cols, 2012 (9), también con un intervalo amplio se concentran en el grupo control con una diferencia de medias de 96.00 (-2.80, 194.80). Ver Figura 4-6.

**Figura 4-6:** Diagrama de árbol de la variación de las concentraciones de CREATIN QUINASA en sangre tras un periodo de entrenamiento intenso.  
Análisis de efectos aleatorios. Diferencia de medias. IC95%



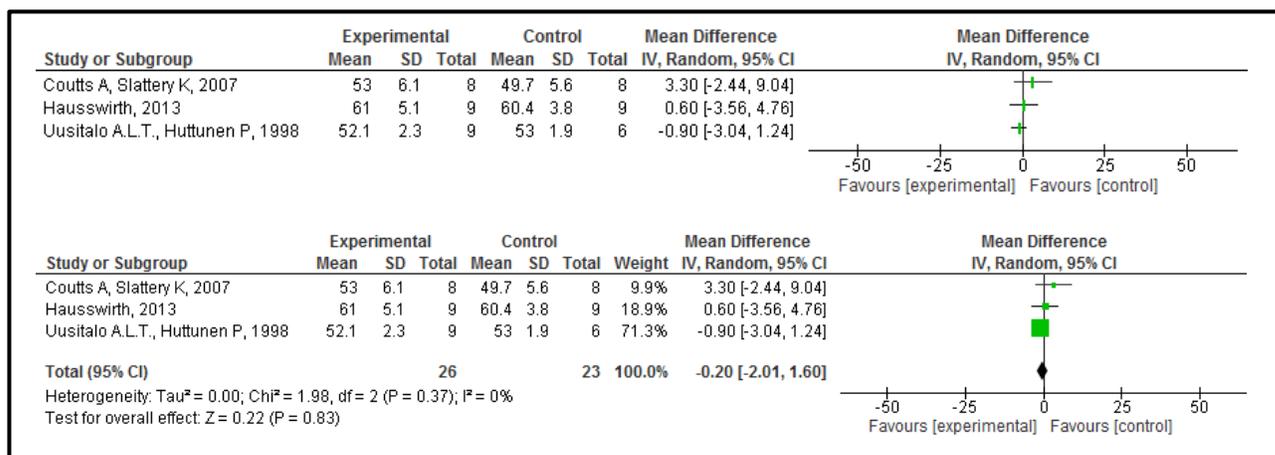
#### 4.6.5 $\text{VO}_2$ máximo

El  $\text{VO}_2$  máximo fue medido a través de pruebas incrementales para determinar su valor tras un periodo de entrenamiento en sobrecarga. Tres estudios (100) (101) y (97) reportaron datos que al ser observados en el diagrama de árbol, se puede observar un estudio (100), con un intervalo de confianza casi en su totalidad en el

grupo control. Un segundo estudio (101) con un intervalo dividido con valores tanto en el grupo experimental como en el grupo control. Y un tercer estudio (97) con un intervalo a favor del grupo experimental.

Sin embargo los tres estudios mencionados presentan valores muy cercanos a cero, mostrando que no hubo cambios mayores en los valores reportados. En el análisis de los indicadores se encontró un  $I^2$  del 0%,  $Chi^2 = 1.98$ ,  $df = 2$  ( $P = 0.37$ ) lo cual demuestra una homogeneidad entre los estudios. Ver Figura 4-7. Coutts y Cols, 2007 (100), reporta una diferencia de medias de 3.30 con un intervalo de (-2.44, 9.04), a su vez Hauswirth y Cols, 2013 (101) y Uusitalo y Cols, 1998 (97), reportan diferencia de medias de 0.60 y -0.90 con intervalos de (-3.56, 4.76) y (-3.04, 1.24) respectivamente. Ver Figura 4-7.

**Figura 4-7:** Diagrama de árbol de la variación de los valores de  $VO_2$  máx tras un periodo de entrenamiento intenso.  
Análisis de efectos aleatorios. Diferencia de medias. IC95%



## **4.7 Análisis meta-analítico**

Por la homogeneidad evidenciada en las cinco variables mencionadas anteriormente se realizó el análisis meta analítico del efecto por exponer una heterogeneidad menor al 50%, presentado esto en los valores estadísticos.

### **4.7.1 Lactato**

Para esta variable los estudios (100) (9) y (102) reportaron una muestra total de 31 sujetos para el grupo experimental y 27 para el grupo control con un efecto a favor del grupo experimental que demostró una disminución consistente en los valores de lactato en sangre tras una fase de entrenamiento en sobrecarga. Se encontró una diferencia de medias total de -1.86 con un intervalo de (-2.66,-1.07) IC95%, lo cual ubica al gráfico de diamante a favor del grupo experimental. De acuerdo a lo anterior se encontró al lactato como indicador eficaz para la detección del estado de sobreentrenamiento en atletas de resistencia tras ser sometidos a un protocolo de entrenamiento que incluía una fase de alta intensidad en sobrecarga. Ver figura 4-3.

### **4.7.2 Frecuencia cardiaca máxima**

Coutts y Cols, 2007 (100), Le Meur y Cols, 2014 (102) y Uusitalo y Cols, 1998 (97), reportaron el análisis de la FC máxima alcanzada durante una prueba aeróbica incremental, presentando para este análisis una muestra total de 29 sujetos para el grupo experimental y 25 para el grupo control con una diferencia de medias de -4.08 y un intervalo de confianza de (-8.41, 0.24), esto posiciona el diamante a favor del grupo experimental sin embargo los intervalos de confianza son amplios, y en

el caso de dos estudios (100) y (97) alcanzan al grupo control, restando significancia estadística al efecto total. Ver Figura 4-4.

### **4.7.3 Cortisol**

En esta variable dos estudios, el primero Coutts y Cols, 2007, (99) y el segundo Uusitalo y Cols, 1998 (97) alcanzaron una muestra total de 17 sujetos para el grupo experimental y 14 sujetos para el grupo control, con una diferencia de medias total de 52.03 con un intervalo de confianza muy amplio de (-3.89,107.95). Se observó la medida del efecto concentrada hacia el grupo control; sin embargo tenemos intervalos de confianza muy amplios que alcanzan al grupo experimental, indicándonos que no hay una significancia estadística, y por lo tanto no se puede determinar que el cortisol pueda considerarse un indicador adecuado para diagnóstico de sobreentrenamiento en esta revisión. Ver Figura 4-5.

### **4.7.4 Creatin quinasa**

Para el análisis de efecto de esta variable resultante, se tomaron los estudios publicados por Coutts y Cols, 2007 (99) y Le Meur y Cols, 2012(9), los cuales en sus totales tienen una muestra de 19 sujetos para el grupo experimental y 16 sujetos para el grupo control. El efecto se concentró a favor del grupo control, con una diferencia de medias de 49.36 con un intervalo de confianza muy amplio de (-32.13, 130.84). Por estos valores reportados se puede decir que no hay significancia estadística pues se tiene efecto para ambos grupos y aunque hay concentración hacia el grupo control esto no es explicativo del efecto por tanto no

es posible determinar que la creatin quinasa sea un indicador eficaz para determinar una condición de sobreentrenamiento. Ver figura 4-6.

#### **4.7.5 VO<sub>2</sub>máximo**

Coutts y Cols, 2007 (100), Hauswirth y Cols, 2013 (101) y Uusitalo y Cols, 1998 (97), reportan la medición de esta variable en sus estudios, con una muestra total de 26 sujetos para el grupo experimental y 23 para el grupo control, con una diferencia de medias total de -0.20 con un intervalo de confianza de (-2.01, 1.60). Con estos valores reportados se observa en el diagrama de árbol una tendencia neutral de la medida del efecto, estableciendo que no hay diferencias determinantes entre el grupo experimental y en el grupo control. Esto indicaría que la medición del VO<sub>2</sub>máx no sería un indicador fiable para evaluar la condición de sobreentrenamiento en atletas en este análisis, pues no habría una modificación significativa sobre sus valores. Ver figura 4-7.

## 5. Discusión

Para esta revisión sistemática se incluyeron 11 artículos (9) (95–104) tipo ECAS que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión formando la matriz de análisis cualitativa. Estos estudios utilizaron indicadores bioquímicos, hormonales, fisiológicos, psicológicos e inmunológicos para determinar la condición de sobreentrenamiento en atletas de alto rendimiento de categoría semi-elite y elite que se desempeñaban en modalidades de resistencia. Para esto se realizaron mediciones en diferentes momentos de un protocolo de entrenamiento que incluía fases de sobrecarga con alta intensidad o volumen de entrenamiento que llevara a una condición de sobreentrenamiento.

Se observaron en los 4 grupos descritos anteriormente el análisis del comportamiento de las variables en protocolos de entrenamiento de las siguientes características: 1) procesos de entrenamiento deportivo regular orientado a competencias en natación con fases de alta intensidad (95,96) (92); 2) programas de entrenamiento en ciclismo que incluían sesiones en métodos continuos, con intensidades del 69 al 94% con una duración de 2 horas (103); 3) protocolos que reportaron un entrenamiento para el grupo de intervención del 290% en comparación con el grupo control que incluyó actividades de ciclismo, natación y atletismo (99,100); y 4) protocolos que en su fase de sobrecarga trabajaron al 130% y 140% de intensidad en el grupo de intervención (97,98) (9) (101,102) (104). Los sujetos de los grupos control en los artículos (95,96) se mantuvieron en programas de ejercicio físico regular y en los artículos (9) (97–104) los programas

de entrenamiento correspondieron a la práctica deportiva sin superar el 100% de intensidad y con adecuados periodos de recuperación.

La extracción de datos arrojó 3 variables de las que no se encontraron valores para análisis en los estudios elegidos: glucógeno, glutamina y leucocitos. Para 7 variables se realizó análisis cualitativo incluyendo testosterona, neutrófilos, catecolaminas, urea, ACTH, POMS y VFC. Finalmente 5 variables fueron incluidas para análisis cuantitativo; lactato, creatin quinasa, cortisol,  $VO_2$  máx y FC máx.

Respecto al ***lactato*** Meussen y Cols, 2012, Brown y Cols, 2002 y Burke y Cols, 2004 mencionaron que la exposición a esfuerzos prolongados de alta intensidad podría reducir sustancialmente las reservas de glucógeno hepático y muscular, afectando así las concentraciones de lactato y la producción de ATP (1)(16)(21)(105). De acuerdo a su especialización las fibras musculares se activarán por una u otra vía metabólica para la consecución de energía, en el caso de las fibras rápidas glucolíticas lo harán por los mecanismos de fosfocreatina o glucolisis. De este último proceso derivará la producción de lactato, que de forma rápida en niveles de máximo esfuerzo alcanzará concentraciones altas, esto en proporción a la disponibilidad de glucógeno, permitiendo su transporte a otras células para ser usado como recurso energético (21) por tal razón se podría atribuir en un porcentaje la disminución en el rendimiento del atleta como consecuencia de la alteración en estas reservas energéticas (106).

En este estudio se encontraron resultados acordes a lo expuesto anteriormente pues en la Figura 4-3, se observó una tendencia del efecto hacia el grupo experimental con una diferencia de medias total de -1.86 con un intervalo de (-2.66,-1.07), los resultados son consistentes en demostrar una disminución en las concentraciones de lactato posterior al periodo de sobreentrenamiento. Esto permitiría afirmar que el lactato se podría considerar un indicador fiable para el monitoreo del sobreentrenamiento.

Es importante recordar el planteamiento de Jensen y Cols, 2012 definiendo el glucógeno como materia prima para el mantenimiento de los niveles de lactato siendo este considerado el principal sustrato energético para la contracción muscular y el uso del mismo se incrementa conforme la intensidad del ejercicio va en aumento, alcanzando niveles de uso del 70% al 80 % y en trabajos máximos y supramáximos hasta del 100% (107). En este sentido durante el ejercicio de resistencia las reservas de glucógeno disminuyen gradualmente, convirtiéndose en una limitante y afectando el rendimiento sino se logra una reposición adecuada consecuencia de una buena alimentación y un buen descanso (108,109).

En cuanto a la variación de **la FC máxima**, Urhausen y Cols, 2002 mencionaron que en condiciones de sobreentrenamiento y en respuesta a estrés prolongado las catecolaminas también podrían incrementarse y mantenerse en niveles altos de forma prolongada, esto tendría un efecto sobre sus receptores afectándolos negativamente en su cantidad o sensibilidad (106). En este mismo sentido Bosquet

y Cols, 2008 y Armstrong, 2002, plantean una afectación de la contractilidad cardíaca disminuyendo los valores de FC máxima (102), esta alteración también se podría atribuir a la misma acumulación de metabolitos del estrés o a la actividad quimiorrefleja disminuida (104). Un metaanálisis (84) encontró una disminución consistente de la FC máxima en periodos de entrenamiento en sobrecarga de diferentes rangos de duración. Esto lo sustentan a partir del modelo de Rosenblueth y Cols, 1934 (110), donde la FC y su modulación están determinadas principalmente por el inotropismo y el cronotropismo derivado de la influencia del sistema nervioso autónomo. Predominantemente el aumento de la actividad nerviosa parasimpática disminuye la frecuencia cardíaca, mientras que el aumento de la actividad nerviosa simpática acelera la frecuencia cardíaca. Apoyando esto Lehmann y Cols, 1998 sugieren que el SSE se da de forma paralela a una disfunción del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (110) (111) y consecuencia de esto se podría presentar una alteración en el ritmo cardíaco.

De acuerdo a lo anterior en la Figura 4-7, en donde se encuentran los datos correspondientes a la variable de FC máxima, se observó un efecto concentrado hacia el grupo experimental con una diferencia de medias total de -4.08 con un intervalo de confianza de (-8.41, 0.24), siendo acorde con lo mencionado en la literatura, puesto que habría una disminución de los valores en esta variable relacionados con una condición de sobreentrenamiento. Aunque se observa un intervalo de confianza amplio, podría considerarse como se menciona

anteriormente la FC máxima como un indicador cercano a la identificación de sobreentrenamiento de acuerdo con lo expuesto anteriormente.

Dentro de las variables analizadas se encuentra al **cortisol** como un indicador que podría verse alterado frente a una condición de sobrecarga, pues una condición de estrés fisiológico permanente, manteniendo intensidades o volúmenes altos y por encima del 100% de la capacidad de un sujeto, en periodos prolongados de tiempo y sin conceder una adecuada recuperación como los mencionados en este estudio, permiten describir teorías como las mencionadas por Opstad y Cols 1994 o Costill y Cols , 1988 que suponen una alteración en el funcionamiento del eje hipotálamo-hipofisiario-adrenal, el cual entre sus funciones tiene responder ante condiciones de estrés y regular el metabolismo energético. La secreción de la hormona CRH por el hipotálamo tendrá un estímulo sobre la hipófisis que a su vez liberará ACTH, hormona que actuando sobre las glándulas suprarrenales favorecerá la producción de cortisol incrementando sus niveles circulantes (112)(105)(113).

Los niveles elevados de esta hormona podrían tener un efecto antiinsulínico importante, limitando el metabolismo energético y afectando de forma directa el rendimiento de un atleta (16), sin embargo se reconoce que los mecanismos hormonales son susceptibles de variación por múltiples motivos y adicionalmente funcionan bajo procesos de retroalimentación y cascada que involucran un sin fin de procesos. Lo anterior concuerda con lo encontrado en este estudio, pues al referirnos a la Figura 4-5 donde se reporta la variación de las concentraciones de

cortisol tras un periodo de entrenamiento en sobrecarga, se observó una ubicación del efecto hacia al grupo control, presentando una desviación total de 52.03 con un intervalo de confianza muy amplio (-3.89, 107.95), lo cual representa una dispersión importante en los datos recogidos sin significancia estadística, que no permite establecer esta variable como un indicador fiable para el monitoreo de una condición de sobreentrenamiento.

Por lo tanto no se considera fiable la medición del cortisol por si solo para el diagnóstico del SSE, autores como Carli y Cols,1983 y Opstad y Cols, 1994, concuerdan en esto por la variabilidad que se encuentra en las formas de muestreo, la característica pulsátil de la hormona, las respuestas agudas y de adaptación que puede presentar frente al entrenamiento y su posible variación frente a la ingesta de algunos alimentos (114) (115)(82).

Respecto a la **creatin quinasa** es importante recordar que se trata de una enzima clave para el funcionamiento de la vía metabólica ATP-PC, la cual aporta energía de forma casi inmediata y es fundamental en esfuerzos de la alta intensidad o velocidad. (56) En relación con el entrenamiento Banfi y Cols, 2012 (116) mencionaron un incremento en los niveles en plasma consecuencia de un entrenamiento intenso, aunque también en ejercicios de tipo excéntrico o posterior a un entrenamiento luego de un largo periodo de desacondicionamiento, esto como consecuencia de daño muscular o metabolismo aumentado. Adicional a esto Brancaccio y Cols, 2007 (117) informaron que los niveles totales de creatin quinasa

dependen de la edad, la actividad, física, la masa muscular entre otros factores, reconociendo su variabilidad interindividual. Informan también que la actividad enzimática podría estar elevada posterior a actividades de larga duración tipo maratón, pero que también hay reportes de sujetos con niveles estables e independientes a la actividad física o sedentarios con niveles elevados de creatin quinasa de forma crónica.

Estas características han limitado el uso de esta variable como un indicador de sobreentrenamiento y se ha considerado más bien un indicador de tensión muscular o actividad metabólica elevada (118)(119). Los hallazgos reportados en este estudio respaldan esta afirmación puesto que si se observa la Figura 4-4, se evidencia la concentración del efecto hacia el grupo control, con una diferencia de medias total de 49.36 con un intervalo de (-32.13, 130.84), el cual es muy amplio, sin posibilidad de sustentar que la creatin quinasa pueda considerarse un indicador fiable para el diagnóstico de sobreentrenamiento.

Por ultimo para el **VO<sub>2</sub> máximo** Urhausen y Cols, 2002 (79), sugieren que los atletas con sobreentrenamiento generalmente pueden presentar una disminución en el rendimiento evidenciado en un agotamiento más temprano al realizar ejercicio de resistencia de alta intensidad. Lo anterior podría estar relacionado con una disminución en la respuesta cardiaca que afectaría el gasto cardiaco, incidiendo en un aumento de la diferencia arterio-venosa de oxígeno y por ende en una disminución de disponibilidad de oxígeno que sumado a una alteración en el

metabolismo energético afectaría los valores de  $VO_2$  máximo en un atleta (97). Sin embargo Verde y Cols, 1992 (17) reportaron un protocolo en sobrecarga con incrementos del 38% del volumen de entrenamiento aplicado a 10 corredores de larga distancia altamente entrenados, en donde no encontraron variaciones positivas o negativas sobre esta variable salvo en 3 sujetos que presentaron disminución de 5% y 5.9% y un incremento de 8.2% respecto a los valores previos al entrenamiento.

En este estudio al observar la Figura 4-6, en donde se reportaron los datos encontrados para el  $VO_2$  máximo, se observa un efecto con tendencia a la neutralidad, con una diferencia de medias total -0.20 con un intervalo de confianza de (-2.01, 1.60), lo cual contrasta con lo reportado por la literatura pues de acuerdo a esto el  $VO_2$  máximo no se podría considerar un indicador de sobreentrenamiento pues sus valores no se verían afectados ni positiva ni negativamente por esta condición.

## **5.1 Limitaciones del estudio**

Esta revisión sistemática logró el análisis de 11 artículos, bajo los parámetros descritos en la metodología. Sin embargo es de resaltar que la cantidad de publicaciones respecto al tema en comparación a otros es baja. Por este motivo se considera que la selección de estudios se hizo sobre una muestra encontrada pero no tan amplia como se esperaba. Se resalta también que la mayor dificultad en el proceso recayó en la extracción de datos por la diversidad de protocolos aplicados, la cantidad de variables implicadas y la forma de medición y reporte de las mismas. Adicional a esto se considera una limitante el posible sesgo de publicación que pueda existir respecto al tema y la imposibilidad por esto de acceder a todos los estudios posiblemente realizados. El aspecto ético se considera también una limitante pues el hecho de plantear protocolos que generen sobreentrenamiento en un atleta no se considera correcto, por lo tanto el estudio específico de los indicadores para diagnóstico de esta condición bajo diseños experimentales se complica y por ende las publicaciones al respecto no son comunes.

## 6. Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió evidenciar un gran número de indicadores que son utilizados para el diagnóstico del síndrome de sobreentrenamiento, encontrando múltiples teorías y sustentos teóricos para el uso de cada uno, sin embargo ninguno que determine una única variable como herramienta definitiva y eficaz.

Solo 5 variables permitieron la realización de un análisis cuantitativo de las cuales el cortisol y la creatin quinasa reportaron una gran variabilidad en sus resultados, el VO<sub>2</sub> máximo demostró no tener una afectación significativa en sus valores en condiciones de sobreentrenamiento.

En contraste se evidenció que la monitorización del lactato y de la FC máxima son los indicadores más cercanos al proceso de diagnóstico, mostrando cambios significativos y consistentes aunque con mayor consistencia para la primera variable en comparación con la segunda, pero que permiten señalarlos como herramientas de fácil medición, no exigentes con el atleta, ni intervinientes en los procesos de entrenamiento que permitirían la identificación de estados de sobreentrenamiento en deportistas de alto rendimiento.

Sin embargo se resalta la complejidad del SSE y su carácter multifactorial por lo cual se considera necesario realizar un seguimiento a partir de la monitorización de las variables mencionadas sin dejar de lado la valoración de los atletas desde

herramientas subjetivas, entendiendo al deportista como un ser humano integral que podría verse afectado por múltiples condiciones y así mismo podría manifestar una condición de sobreentrenamiento desde la alteración de múltiples procesos desde su interacción social , pasando por sus procesos alimenticios, de rendimiento y descanso.

Así mismo se considera fundamental avanzar en la comprensión de la etiología y fisiopatología del SSE en aras de establecer un camino más claro respecto a su diagnóstico y manejo, viendo esta entidad como una oportunidad de interacción entre las diferentes ciencias del deporte trabajando por un objetivo común que será el bienestar y el rendimiento del atleta.

# Anexos

## Anexo A1: Historial y estrategia de búsqueda base de datos Science Direct

<p>Search results: 561 results found for (athletes) AND overtraining) AND monitoring.</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>
<p>Search results: 103 results found for (athletes) AND overtraining) AND monitoring AND LIMIT-TO(cids, "273499,273327,272250,272165,282623,271085,277422,278490,273323,272404,282182,278144,280644,273063,271135", "Journal of Science and Medicine in Sport,Clinics in Sports Medicine,Science &amp; Sports,Psychology of Sport and Exercise,Journal of Sport and Health Science,Physiology &amp; Behavior,PM&amp;R,The Physiology of Training,Pediatric Clinics of North America,Physical Therapy in Sport,Revista Andaluza de Medicina del Deporte,Immune Function in Sport and Exercise,Performance Enhancement &amp; Health,Physiotherapy,Psychoneuroendocrinology") AND LIMIT-TO(topics, "exercise,athlete,sport,train,patient,increase,injury,sport medicine,muscle,stress,physical activity,child,plasm,stress fracture,fatigue,pain,age,physical,training load") AND LIMIT-TO(contenttype, "JL,BS","Journal").</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>
<p>Search results: 35 results found for (overtraining syndrome) AND (markers) AND (endurance athletes) AND LIMIT-TO(cids, "272250,273327,273499,272415,271085,280413,271257,272865,273346,272414,272165,271073,271057,271264,271074,271209,271 &amp; Sports,Clinics in Sports Medicine,Journal of Science and Medicine in Sport,Metabolism,Physiology &amp; Behavior,Canadian Journal of C Toxicology,Journal of the American Dietetic Association,Medical Clinics of North America,Medical Hypotheses,Psychology of Sport and Journal of Cardiology,International Journal of Cardiology,The Journal of Steroid Biochemistry and Molecu...The Lancet,Nutrition,Prog Neurobiology,Steroids,Women's Health Issues") AND LIMIT-TO(topics, "exercise,athlete,train,sport,physical,physical activity,fatigue,spr system,increase,sleep,training load,act,cho,chronic fatigue,clin,crp,dna,ect").</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>
<p>Search results: 40 results found for (overtraining syndrome) AND (diagnosis) AND (elite athletes) AND LIMIT-TO(cids, "273327,273499,273353,273354,277422,272250,273322,272414,272969,272404,273063,271073,271057,271027,271221,271110,271 in Sports Medicine,Journal of Science and Medicine in Sport,Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of...Primary Care: Clinics in Practice,PM&amp;R,Science &amp; Sports,Foot and Ankle Clinics,Medical Hypotheses,Operative Techniques in Sports Medicine,Physical Thera Sport,Physiotherapy,The American Journal of Cardiology,International Journal of Cardiology,Journal of the American College of Cardio and Cellular Endocrinology,Nutrition,Physiology &amp; Behavior,Women's Health Issues") AND LIMIT-TO(topics, "athlete,sport,sport medic state,injury,stress fracture,patient,physical,sleep,athletic,female,athlete,mental health,stress,training load,adhd,ankle").</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>
<p>Search results: 23 results found for ( docsubtype(FLA) and athletes AND overtraining syndrome AND markers ) and not (itemstage(S5) c itemstage(S100) or itemstage(S200)) AND LIMIT-TO(cids, "272250,273499,272165,271085,271330,271257,271331,273346,272414,272415,277422,271447,271156,271912,271264,271291,271 &amp; Sports,Journal of Science and Medicine in Sport,Psychology of Sport and Exercise,Physiology &amp; Behavior,Clinica Chimica Acta,Food Chemical Toxicology,Free Radical Biology and Medicine,Medical Clinics of North America,Medical Hypotheses,Metabolism,PM&amp;R,Acta Astronautica,Clinical Biomechanics,Immunology Today,The Journal of Steroid Biochemistry and Molecu...Livestock Production Science,Psychoneuroendocrinology") AND LIMIT-TO(topics, "train,exercise,sport,athlete,fatigue,training load,sport medicine,clinic,crp,e system,olympic game,physical,race,stress,abnormal,act,adipo,act,athlete").</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>
<p>Search results: 31 results found for ( docsubtype(FLA) and athletes AND overtraining syndrome AND diagnosis ) and not (itemstage(S5) or itemstage(S100) or itemstage(S200)) AND LIMIT-TO(cids, "273327,272381,277422,273346,272250,274165,272414,272969,273063,271134,271156,271257,271251,271160,271209,271085", "Clinics in Sports Medicine,Archives of Physical Medicine and Rehabilitatio...PM&amp;R,Medical Clinics of North America,Science &amp; Sports,Journal of Chiropractic Medicine,Medical Hypotheses,Operative Techniques in Sports Medicine,Physiotherapy,Psychiatry Research,Clinical Biomechanics,Food and Chemical Toxicology,Journal of Psychiatric Research,Journal of Psychosomatic Research,Nutrition,Physiology &amp; Behavior") AND LIMIT-TO(topics, "athlete,sport medicine,exercise,patient,sport,train,injury,unite state,training load,knee,stress fracture,acl,clinic,ect,education program,fat,fatigue,female,female,athlete").</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>
<p>Search results: 13 results found for ( docsubtype(FLA) and athletes AND overreaching AND diagnosis ) and not (itemstage(S5) or itemstage(S100) or itemstage(S200)) AND LIMIT-TO(cids, "272250,272034,271848,273452,273499,272610,272414,271529,271085,277422,278653,282182,282149,287299,279962", "Science &amp; Sports,Archives of Medical Research,Human Movement Science,The Journal for Nurse Practitioners,Journal of Science and Medicine in Sport,Journal of Vascular Surgery,Medical Hypotheses,Physica A: Statistical Mechanics and its Applic...Physiology &amp; Behavior,PM&amp;R,Procedia Engineering,Revista Andaluza de Medicina del Deporte,Revista da Associação Médica Brasileira,Revista da Associação Médica Brasileira ...,Wilderness &amp; Environmental Medicine") AND LIMIT-TO(topics, "athlete,train,clinic,ect,hoof,mood,training load,error,evolutionary system,fatigue,feature map,foot,forge,gait,grind,hvr index,knowledge,kohonen feature,lac").</p> <p><a href="#">Save search alert</a>   <a href="#">RSS</a></p>

<p>Search results: 21 results found for ( docssubtype(FLA) and athletes AND overreaching AND markers ) and not ( itemstage(S5) or itemstage(S200)) AND LIMIT-TO(cids, "273499,271085,271447,272142,272555,272515,272247,272591,273452,271074,272414,272415,272969,272165,271135,273442,272 of Science and Medicine in Sport,Physiology &amp; Behavior,Acta Astronautica,Autonomic Neuroscience,Brain, Behavior, and Immunity,Cyt Chromatography B,Journal of Electrocardiology,The Journal for Nurse Practitioners,The Lancet,Medical Hypotheses,Metabolism,Opera Sports Medicine,Psychology of Sport and Exercise,Psychoneuroendocrinology,Revue Francophone des Laboratoires,Science &amp; Sports Infectious Disease") AND LIMIT-TO(topics, "train,training load,athlete,exercise,clinic,day,ect,exercise performance,fatigue,physical,rpe, supplement,adolescent,adolescent athlete,amino acid,beverage,alert"    RSS</p>
<p>Search results: 19 results found for ( docssubtype(FLA) and athletes AND overreaching AND monitoring ) and not ( itemstage(S5) or itemstage(S200)) AND LIMIT-TO(cids, "273499,282182,272555,272414,280644,271085,278653,271447,272034,272142,272044,271848,271300,272156,271044,271529,272165,27 of Science and Medicine in Sport,Revista Andaluza de Medicina del Deporte,Brain, Behavior, and Immunity,Medical Hypotheses,Performance &amp; Health,Physiology &amp; Behavior,Procedia Engineering,Acta Astronautica,Archives of Medical Research,Autonomic Neuroscience,Business Ho Movement Science,Journal of Thermal Biology,Orbis,Peptides,Physica A: Statistical Mechanics and its Applic...,Psychology of Sport and Exercise,Psychoneuroendocrinology") AND LIMIT-TO(topics, "train,training load,athlete,exercise,control,cortisol,day,exercise performance,fatigue,increase,mood,olympic,protein,race,rpe,stroke,adolescent,adolescent athlete,amino acid")</p>

## Anexo A2: Historial y estrategia de búsqueda base de datos Biomed Central

<p><b>34 Result(s)</b> for 'athlete AND overtraining AND monitoring' within BioMed Central</p>	
<p><b>34 Result(s)</b> for 'athlete AND overtraining AND markers' within BioMed Central</p>	
<p><b>12 Result(s)</b> for 'athlete AND overtraining AND diagnosis' within BioMed Central</p>	

## Anexo A3: Historial y estrategia de búsqueda base de datos Cochrane

<p>Search: Title, Abstract, Keywords   athletes AND overtraining AND monitoring   Go   Save   Clear</p> <p>All Results (4)   Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p>There are 4 results from 1055999 records for your search on 'athletes AND overtraining AND monitoring in Title, Abstract, Keywords in Trials'</p> <p>Sort by: Relevance: high to low</p>
<p>Search: Title, Abstract, Keywords   athletes AND overtraining AND markers   Go   Save   Clear</p> <p>All Results (3)   Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p>There are 3 results from 1055999 records for your search on 'athletes AND overtraining AND markers in Title, Abstract, Keywords in Trials'</p> <p>Sort by: Relevance: high to low</p>

Search	Search Manager	Medical Terms (MeSH)	Browse
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overtraining AND diagnosis"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
<p>All Results (1)      Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p> <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0)      There is 1 result from 1055999 records for your search on 'athletes AND overtraining AND diagnosis in Title, Abstract, Keywords in Trials'         </p> <p> <input checked="" type="radio"/> All         </p> <p> <input type="radio"/> Review         </p> <p style="text-align: right;">Sort by <input type="text" value="Relevance: high to low"/></p>			
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overtraining syndrome AND monitoring"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
<p>All Results (2)      Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p> <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0)      There are 2 results from 1055999 records for your search on 'athletes AND overtraining syndrome AND monitoring in Title, Abstract, Keywords in Trials'         </p> <p> <input checked="" type="radio"/> All         </p> <p> <input type="radio"/> Review         </p> <p style="text-align: right;">Sort by <input type="text" value="Relevance: high to low"/></p>			
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overtraining syndrome AND markers"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
<p>All Results (0)      Cochrane Database of Systematic Reviews : Issue 5 of 12, May 2017</p> <p> <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0)      Issue <i>updated daily</i> throughout month         </p> <p> <input checked="" type="radio"/> All         </p> <p> <input type="radio"/> Review         </p> <p>There are 0 results from 0 records for your search on 'athletes AND overtraining syndrome AND markers in Title, Abstract, Keywords'</p>			
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overtraining syndrome AND diagnosis"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
<p>All Results (1)      Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p> <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0)      There is 1 result from 1055999 records for your search on 'athletes AND overtraining syndrome AND diagnosis in Title, Abstract, Keywords in Trials'         </p> <p> <input checked="" type="radio"/> All         </p>			
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overreaching AND monitoring"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
<p>All Results (9)      Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p> <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0)      There are 9 results from 1055999 records for your search on 'athletes AND overreaching AND monitoring in Title, Abstract, Keywords in Trials'         </p> <p> <input checked="" type="radio"/> All         </p>			
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overreaching AND markers"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
<p>All Results (4)      Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017</p> <p> <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0)      There are 4 results from 1055999 records for your search on 'athletes AND overreaching AND markers in Title, Abstract, Keywords in Trials'         </p> <p> <input checked="" type="radio"/> All         </p>			

Search	Search Manager	Medical Terms (MeSH)	Browse
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="athletes AND overreaching AND diagnosis"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
All Results (0) <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0) <input checked="" type="radio"/> All <input type="radio"/> Review		Cochrane Database of Systematic Reviews : Issue 5 of 12, May 2017 Issue <b>updated daily</b> throughout month There are 0 results from 0 records for your search on 'athletes AND overreaching AND diagnosis in Title, Abstract, Keywords'	
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="endurance athletes AND overtraining AND markers"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
All Results (2) <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0) <input checked="" type="radio"/> All		Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017 There are 2 results from 1055999 records for your search on 'endurance athletes AND overtraining AND markers in Title, Abstract, Keywords in Trials'	
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="endurance athletes AND overtraining AND monitoring"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
All Results (3) <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0) <input checked="" type="radio"/> All		Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017 There are 3 results from 1055999 records for your search on 'endurance athletes AND overtraining AND monitoring in Title, Abstract, Keywords in Trials'	
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="endurance athletes AND overtraining AND markers"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
All Results (2) <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0) <input checked="" type="radio"/> All		Cochrane Central Register of Controlled Trials : Issue 4 of 12, April 2017 There are 2 results from 1055999 records for your search on 'endurance athletes AND overtraining AND markers in Title, Abstract, Keywords in Trials'	
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="elite athletes AND overtraining syndrome AND markers"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
All Results (0) <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0) <input checked="" type="radio"/> All <input type="radio"/> Review		Cochrane Database of Systematic Reviews : Issue 5 of 12, May 2017 Issue <b>updated daily</b> throughout month There are 0 results from 0 records for your search on 'elite athletes AND overtraining syndrome AND monitoring in Title, Abstract, Keywords'	
<input type="text" value="Title, Abstract, Keywords"/> <a href="#">Search Limits</a> <input type="button" value="Clear"/>	<input type="text" value="elite athletes AND overtraining syndrome AND diagnosis"/> <a href="#">Search Help</a> (Word variations have been searched)	<input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Save"/> <a href="#">Add to Search Manager</a>	
All Results (0) <input type="radio"/> Cochrane Reviews (0) <input checked="" type="radio"/> All <input type="radio"/> Review		Cochrane Database of Systematic Reviews : Issue 5 of 12, May 2017 Issue <b>updated daily</b> throughout month There are 0 results from 0 records for your search on 'elite athletes AND overtraining syndrome AND diagnosis in Title, Abstract, Keywords'	

## Anexo A4: Historial y estrategia de búsqueda base de datos Embase

vertraining/exp OR overtraining) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized

te Sources Fields Quick limits EBM Pub. types Languages Gender Age Animal Search

History Save | Delete | Print view | Export | Email Combine > using  And  Or ^ Collapse

Apply >

<input type="checkbox"/> #2	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	1
<input type="checkbox"/> #1	'athlete'/exp OR athlete AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	1,818

1 results for search #2. Set email alert Set RSS feed Search details

---

) OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND markers AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled

Mapping Date Sources Fields Quick limits EBM Pub. types Languages Gender Age Animal

filters  History Save | Delete | Print view | Export | Email Combine > using  And  Or

— Collapse all Apply >

<input type="checkbox"/> #3	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND markers AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	
<input type="checkbox"/> #2	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	
<input type="checkbox"/> #1	'athlete'/exp OR athlete AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	

4 results for search #3. Set email alert Set RSS feed Search details

---

**Results Filters**  History Save | Delete | Print view | Export | Email Combine > using  And  Or

+ Expand — Collapse all Apply >

Sources

Drugs

Diseases

Devices

7 results for search #4. Set email alert Set RSS feed Search details

---

History Save | Delete | Print view | Export | Email Combine > using  And  Or

— Collapse all Apply >

<input type="checkbox"/> #5	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('syndrome'/exp OR syndrome) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	
<input type="checkbox"/> #4	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('diagnosis'/exp OR diagnosis) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	
<input type="checkbox"/> #3	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND markers AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	
<input type="checkbox"/> #2	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	
<input type="checkbox"/> #1	'athlete'/exp OR athlete AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	

1 results for search #5. Set email alert Set RSS feed Search details

---

History Save | Delete | Print view | Export | Email Combine > using  And  Or ^ Collapse

Apply >

<input type="checkbox"/> #6	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('syndrome'/exp OR syndrome) AND markers AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	1
<input type="checkbox"/> #5	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('syndrome'/exp OR syndrome) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	1
<input type="checkbox"/> #4	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('diagnosis'/exp OR diagnosis) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	7
<input type="checkbox"/> #3	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND markers AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	4
<input type="checkbox"/> #2	'athlete'/exp OR athlete AND ('overtraining'/exp OR overtraining) AND ('monitoring'/exp OR monitoring) AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	1
<input type="checkbox"/> #1	'athlete'/exp OR athlete AND ((cochrane review)/lim OR [systematic review]/lim OR [controlled clinical trial]/lim OR [randomized controlled trial]/lim)	1,818

1 results for search #6. Set email alert Set RSS feed Search details



## Anexo A5: Historial y estrategia de búsqueda base de datos PubMed

History		<a href="#">Download history</a> <a href="#">Clear history</a>		
Search	Add to builder	Query	Items found	Time
#24	<a href="#">Add</a>	Search ((elite athletes) AND overtraining syndrome) AND diagnosis Filters: Clinical Trial; Humans	1	11:17:37
#30	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining overreaching) AND markers Schema: all Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:17:03
#29	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining overreaching) AND markers Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:17:03
		Clinical Trial; Humans		
#22	<a href="#">Add</a>	Search ((elite athletes) AND overtraining syndrome) AND markers Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:15:20
#21	<a href="#">Add</a>	Search ((elite athletes) AND overtraining syndrome) AND monitoring Schema: all Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:14:51
#20	<a href="#">Add</a>	Search ((elite athletes) AND overtraining syndrome) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:14:51
#28	<a href="#">Add</a>	Search ((endurance athletes) AND overtraining overreaching) AND diagnosis Filters: Clinical Trial; Humans	1	11:14:01
#27	<a href="#">Add</a>	Search ((endurance athletes) AND overtraining overreaching) AND markers Schema: all Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:13:28
#26	<a href="#">Add</a>	Search ((endurance athletes) AND overtraining overreaching) AND markers Filters: Clinical Trial; Humans	0	11:13:28
#25	<a href="#">Add</a>	Search ((endurance athletes) AND overtraining syndrome) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Humans	1	11:12:46
#17	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND diagnosis Filters: Clinical Trial; Humans	9	11:09:07
#19	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND markers Filters: Clinical Trial; Humans	4	11:07:56
#18	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Humans	1	11:07:08
#16	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND diagnosis Filters: Clinical Trial; Review; Humans	47	11:05:05
#15	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND markers Filters: Clinical Trial; Review; Humans	21	11:00:25
#13	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Review; Humans	20	10:48:24
#12	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Review	22	10:48:16
#11	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial	1	10:47:57
#10	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring	64	10:47:32
#9	<a href="#">Add</a>	Search diagnosis	8739828	10:46:47
#8	<a href="#">Add</a>	Search markers	412207	10:46:27
#7	<a href="#">Add</a>	Search monitoring	543751	10:46:07
#6	<a href="#">Add</a>	Search overtraining overreaching	67	10:45:37
		Clinical trial, humans		
#17	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND diagnosis Filters: Clinical Trial; Humans	9	11:09:07
#19	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND markers Filters: Clinical Trial; Humans	4	11:07:56
#18	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Humans	1	11:07:08
#16	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND diagnosis Filters: Clinical Trial; Review; Humans	47	11:05:05
#15	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND markers Filters: Clinical Trial; Review; Humans	21	11:00:25
#13	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Review; Humans	20	10:48:24
#12	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial; Review	22	10:48:16
#11	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring Filters: Clinical Trial	1	10:47:57
#10	<a href="#">Add</a>	Search ((athletes) AND overtraining) AND monitoring	64	10:47:32
#9	<a href="#">Add</a>	Search diagnosis	8739828	10:46:47
#8	<a href="#">Add</a>	Search markers	412207	10:46:27
#7	<a href="#">Add</a>	Search monitoring	543751	10:46:07
#6	<a href="#">Add</a>	Search overtraining overreaching	67	10:45:37
#5	<a href="#">Add</a>	Search overtraining syndrome	167	10:45:09
#4	<a href="#">Add</a>	Search overtraining	859	10:44:37
#3	<a href="#">Add</a>	Search endurance athletes	5819	10:44:06
#2	<a href="#">Add</a>	Search elite athletes	5264	10:42:48
#1	<a href="#">Add</a>	Search athletes	37015	10:40:54

## Anexo A6: Historial y estrategia de búsqueda base de datos Scielo

The image displays a vertical sequence of five search results pages from the Scielo database, illustrating a search strategy for 'athletes overtraining' related terms. Each page shows the search query, the number of results, and the search interface elements.

- Search 1:** Query: "athletes overtraining monitoring". Results: 2. Interface includes "Adicionar outro campo +", "Historico de busca", "Ordenar por: Publicação - Mais novos primeiro", "Página 1 de 1", and "0 Itens selecionados".
- Search 2:** Query: "athletes overtraining markers". Results: 4. Interface includes "Adicionar outro campo +", "Historico de busca", "Ordenar por: Publicação - Mais novos primeiro", "Página 1 de 1", and "0 Itens selecionados".
- Search 3:** Query: "athletes overtraining diagnosis". Results: 1. Interface includes "Adicionar outro campo +", "Historico de busca", "Ordenar por: Publicação - Mais novos primeiro", "Página 1 de 1", and "0 Itens selecionados".
- Search 4:** Query: "athletes overtraining syndrome markers". Results: 0. Message: "Não foram encontrados documentos para sua pesquisa". Interface includes "Adicionar outro campo +", "Historico de busca", and "0 Itens selecionados".
- Search 5:** Query: "athletes overtraining syndrome diagnosis". Results: 1. Interface includes "Adicionar outro campo +", "Historico de busca", "Ordenar por: Publicação - Mais novos primeiro", "Página 1 de 1", and "0 Itens selecionados".
- Search 6:** Query: "athletes overtraining overreaching | diagnosis". Results: 0. Message: "Não foram encontrados documentos para sua pesquisa". Interface includes "Adicionar outro campo +", "Historico de busca", and "0 Itens selecionados".









## Bibliografía

1. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2013 Jan [cited 2017 Oct 29];45(1):186–205. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23247672>
2. Kreider, Richard; Fry Andrew and O´Toole M. Overtraining in sport: terms, definitions, and prevalence. *Human Kinetics*; 1998. 7-9 p.
3. Raglin J, Sawamura S, Alexiou S, Hassmén P, Kenttä G. Training practices and staleness in 13-18 year old swimmers: a cross-cultural study. *Pediatr Exerc Sci* [Internet]. 2000;142:61–70. Available from: [http://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n5/en\\_13.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n5/en_13.pdf)
4. Morgan W, O´Connor P, Ellickson K BP. Personality structure, mood states, and performance in elite male distance runners. *Int J Sport Psychol*. 1988;12:247–63.
5. Raglin J WG. Overtraining and staleness in athletes. Hanin Y, editor. *Human Kinetics. Emotions in Sports*; 2000. 191-207 p.
6. Kenttä G, Hassmén P, Raglin JS. Training practices and overtraining syndrome in Swedish age-group athletes. *Int J Sports Med* [Internet]. 2001 Aug [cited 2017 Oct 29];22(6):460–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11531041>
7. MATOS NF, WINSLEY RJ, WILLIAMS CA. Prevalence of Nonfunctional Overreaching/Overtraining in Young English Athletes. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2011 Jul [cited 2017 Oct 29];43(7):1287–94. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21131861>
8. Mercado, A y Gallo J. Manifestaciones tempranas de sobreentrenamiento en deportistas en el período precompetitivo antes de unos juegos nacionales : un estudio transversal. *Iatreia*. 2014;27(4):375–85.
9. Le Meur Y, Hausswirth C, Natta F, Couturier A, Bignet F, Vidal PP. A

- multidisciplinary approach to overreaching detection in endurance trained athletes. *J Appl Physiol* [Internet]. 2013 Feb 1 [cited 2017 Oct 29];114(3):411–20. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23195630>
10. Tian Y, He Z, Zhao J, Tao D, Xu K, Midgley A, et al. An 8-year longitudinal study of overreaching in 114 elite female Chinese wrestlers. *J Athl Train* [Internet]. 2015 Feb [cited 2017 Oct 29];50(2):217–23. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25329348>
  11. Carfagno DG, Hendrix JC. Overtraining syndrome in the athlete: Current clinical practice. *Curr Sports Med Rep* [Internet]. 2014 [cited 2017 Oct 29];13(1):45–51. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24412891>
  12. Ruiz S. El deporte hoy/Consideraciones sobre el deporte como instrumento político y herramienta ideológica [Internet]. *Hablemos de deporte*. 2012. Available from: <http://www.hablemosdedeporte.com/2014/10/el-deporte-de-hoy-consideraciones-sobre.html>
  13. Neira N, Moreno J, Campos A MB y QC. Lineamiento de Política Pública en Ciencias del Deporte. *Fisioterapia*. COLDEPORTES; 2015. 25 p.
  14. Tlatoa Ramírez HM, Ocaña Servín HL, Márquez López ML, Aguilar Becerril JA, Morales Acuña FJ, Gallo Avalos AF. Artículo de historia de la medicina y el deporte: la actividad física, un estilo de vida saludable que se perdió en la historia de la humanidad. *Med e Investig* [Internet]. 2014 Jul [cited 2017 Oct 29];2(2):138–40. Available from:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221431061530011X>
  15. Rowell L, O’Leary D KD. *Handbook of physiology. Exercise: Regulation and integration of multiple systems*. 1996. 12 p.
  16. Chicharro J FA. *Fisiología del ejercicio*. 3rd ed. Editorial Medica Panamericana; 2006. 12-13 p.
  17. Verde T, Thomas S, Shephard RJ. Potential markers of heavy training in highly trained distance runners. *Br J Sports Med* [Internet]. 1992 Sep [cited 2017 Oct 29];26(3):167–75. Available from:

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1422653>
18. Lehmann M, Foster C, Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1993 Jul [cited 2017 Oct 29];25(7):854–62. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8350709>
  19. Hooper SL, Mackinnon LT, Howard A, Gordon RD, Bachmann AW. Markers for monitoring overtraining and recovery. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1995 Jan [cited 2017 Oct 29];27(1):106–12. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7898325>
  20. KUIPERS H. Training and overtraining: an introduction. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 1998 Jul [cited 2017 Oct 31];30(7):1137–9. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9662685>
  21. Serrato, M; Galeano, E; Sanchez, L; Cohen D, Quiceno J and AJ. Lineamiento de Política Pública en Ciencias del Deporte. Medicina. COLDEPORTES; 2015.
  22. Quinchia A, González B, Díaz C, Quiroz, O and Mora M. Lineamiento de Política Puública en Ciencias del Deporte. Nutrición. COLDEPORTES; 2015.
  23. Rivera, J; Piñeros, J; Montoya, J; Clavijo, F ; Rodriguez, M y Brand S. Lineamiento de Política Pública en Ciencias del Deporte. Psicología. COLDEPORTES; 2015.
  24. Zorro, T; Garzón M; Orozco A y RL. Lineamiento de Política Pública en Ciencias del Deporte. Técnica metodológica. COLDEPORTES; 2015.
  25. Sanchez, Jamir; Prato, Liana; Ocampo, Betsy; Gonzalez, Noreley and Gomez I. Lineamiento de Política Pública en Ciencias del Deporte. Desarrollo psicosocial. COLDEPORTES, editor. 2015.
  26. Arce C, Ferraces M, Andrade E, Raedeke T DFC. Adaptación del ABQ para la evaluación del burnout en deportistas colombianos. *Rev Iberoam Psicol Del Ejerc Y El Deport* [Internet]. 2012 [cited 2017 Oct 31];7(2):271–86. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/3111/311126611002.pdf>
  27. Valero A. Estandarización de la prueba (ABQ) Athlete Burnout

Questionnaire para la evaluación del “síndrome del quemado” en un grupo de atletas pertenecientes al programa de rendimiento deportivo Bogotá. Av la Psicol del Deport en Iberoamérica [Internet]. 2014;3(1):3–18. Available from: <http://psicologia-del-deporte.com/volumen-3-1/estandarizacion-de-la-prueba-abq-athlete-burnout-questionnaire-para-la-evaluacion-del-sindrome-del-quemado-en-un-grupo-de-atletas-pertenecientes-al-programa-de-rendimiento-deporti/>

28. Purvis D, Gonsalves S, Deuster PA. Physiological and Psychological Fatigue in Extreme Conditions: Overtraining and Elite Athletes. *PM&R* [Internet]. 2010 May [cited 2017 Oct 31];2(5):442–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20656626>
29. Saw AE, Main LC, Gustin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med* [Internet]. 2016 Mar [cited 2017 Oct 31];50(5):281–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26423706>
30. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gustin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12:161–70.
31. Hug M, Mullis PE, Vogt M, Ventura N, Hoppeler H. Training modalities: over-reaching and over-training in athletes, including a study of the role of hormones. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 2003 Jun [cited 2017 Oct 31];17(2):191–209. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12787547>
32. A P. Diagnóstico y prevención de la fatiga crónica o del sobreentrenamiento en el deporte de alto rendimiento. Una propuesta de mecanismos de recuperación biológica. *Cuad Psicol del Deport* [Internet]. 2003 [cited 2017 Oct 31];3(1). Available from: <http://revistas.um.es/cpd/article/view/112321>
33. Samuels C. Sleep, Recovery, and Performance: The New Frontier in High-Performance Athletics. *Neurol Clin* [Internet]. 2008 Feb [cited 2017 Oct 31];26(1):169–80. Available from:

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18295089>
34. Flippin R. Burning out. *Run*. 1981;32:77–83.
  35. Maslach, C y Jackson S. *Maslach Burnout Inventory*. 2nd ed. Ed. Palo Alto, California: Consulting Psychological Press.; 1986.
  36. Weinberg, R; Gould D y CE. *Fundamentos de psicología del deporte y el ejercicio físico*. Ariel Psicología; 1995.
  37. Smith RE. Toward a Cognitive-Affective Model of Athletic Burnout. *J Sport Psychol* [Internet]. 1986 Mar 1 [cited 2017 Oct 31];8(1):36–50. Available from: <http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/jsp.8.1.36>
  38. Loehr J. *El Juego Mental*. TUTOR; 1990.
  39. Garcés de los Fayos, E y Vives L. Hacia un modelo teórico explicativo de burnout en deportistas: Una propuesta integradora. *Cuad Psicol del Deport*. 2003;2(2):221–42.
  40. Raedeke, T and Smith A. *The Athlete Burnout Questionnaire Manual*. Morgantown, WV: Fitness Information Technology.; 2009.
  41. Cockerill IM. Psychological aspects of sports injuries and overtraining. In: *Physiotherapy: a Psychosocial Approach* [Internet]. Elsevier; 1992 [cited 2017 Oct 31]. p. 302–12. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780750601764500254>
  42. Margonis K, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Douroudos I, Chatzinikolaou A, et al. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 2007 Sep 15 [cited 2017 Oct 31];43(6):901–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17697935>
  43. Esfandiari A, Broshek DK, Freeman JR. Psychiatric and Neuropsychological Issues in Sports Medicine. *Clin Sports Med* [Internet]. 2011 Jul [cited 2017 Oct 31];30(3):611–27. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21658551>
  44. Kreher JB, Schwartz JB. Overtraining Syndrome. *Sport Heal A Multidiscip Approach* [Internet]. 2012 Mar 31 [cited 2017 Oct 31];4(2):128–38. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23016079>

45. Kreher JB. Diagnosis and prevention of overtraining syndrome : an opinion on education strategies. *J Sports Med* [Internet]. 2016 [cited 2017 Oct 31];6(7):115–22. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27660501>
46. MATOS NF, WINSLEY RJ, WILLIAMS CA. Prevalence of Nonfunctional Overreaching/Overtraining in Young English Athletes. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2011 Jul [cited 2017 Oct 31];43(7):1287–94. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21131861>
47. Koutedakis Y, Sharp NC. Seasonal variations of injury and overtraining in elite athletes. *Clin J Sport Med* [Internet]. 1998 Jan [cited 2017 Oct 31];8(1):18–21. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9448952>
48. Hooper, S. L., MacKinnon, L. T., & Hanrahan S. Mood states as an indication of staleness and recovery. *Int J Sport Psychol* [Internet]. 1997 [cited 2017 Oct 31];28(1):1–12. Available from:  
<http://psycnet.apa.org/record/1997-04119-001>
49. Meeusen R, Duclos M, Gleeson M, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2006 Mar [cited 2017 Oct 31];6(1):1–14. Available from:  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17461390600617717>
50. Robson P. Elucidating the unexplained underperformance syndrome in endurance athletes : the interleukin-6 hypothesis. *Sports Med* [Internet]. 2003 [cited 2017 Oct 31];33(10):771–81. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12895132>
51. Cosca D NF. Common Problems in Endurance Athletes. *Am Fam Physician*. 2007;76(2):237–44.
52. Meeusen R, Duclos M, Gleeson M, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A. The Overtraining Syndrome – facts & fiction. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2006 Dec [cited 2017 Oct 31];6(4):263–263. Available from:  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17461390601151302>
53. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and

- prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med* [Internet]. 1992 Aug [cited 2017 Oct 31];14(2):82–99. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1509229>
54. Perez J y Perez D. El entrenamiento deportivo: conceptos, modelos y aportes científicos relacionados con la actividad deportiva. *Efdeportes Rev Digit* [Internet]. 2009;13:29. Available from: <http://www.efdeportes.com/efd129/el-entrenamiento-deportivo-conceptos-modelos-y-aportes-cientificos.htm>
  55. Platonov V. *El entrenamiento deportivo, teoría y metodología*. 4th ed. Editorial Paidotribo; 1995.
  56. González-Badillo J. *Modelos de planificación y programación en deportes de fuerza y velocidad*. C.O.E.S; 1994.
  57. García Manso J.M. *NVM y RCJA. Planificación del entrenamiento deportivo*. Gymnos; 1996.
  58. Bompa TO. *Theory and methodology of training: The key to athletic performance*. 3rd ed. Kendall/Hunt Pub. Co.; 1994.
  59. Pampus, B., Lehnertz, K. Y Martin D. The effect of different load intensities on the development of maximal strength and strength endurance. A collection of European Sports Science Translations (part II); 1990. 20-25 p.
  60. Wilmore, Jack and Costill D. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 6th ed. 2007.
  61. E R. Bases fisiológicas de los principios del entrenamiento deportivo. *Rev Politécnica*. 2009;5(8):84–93.
  62. ACSM. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Am Coll Sport Med. 2002;
  63. Kuipers H. How much is too much. Performance aspects of overtraining. *Res Q Exerc Sport*. 1996;67(3):65–9.
  64. Häkkinen K, Kauhanen H. Daily changes in neural activation, force-time and relaxation-time characteristics in athletes during very intense training for one week. *Electromyogr Clin Neurophysiol* [Internet]. 1989 [cited 2017 Oct 31];29(4):243–9. Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2752956>

65. Smirnov M. Do we need a methodological reform? *Mod Athl Coach*. 1998;36(2):33–6.
66. Weiss MR, Chaumeton N. Motivational orientations in sport [Internet]. *Human Kinetics*; 1992 [cited 2017 Oct 31]. Available from: <https://experts.umn.edu/en/publications/motivational-orientations-in-sport>
67. Gustafsson H, Hassmén P, Kenttä G, Johansson M. A qualitative analysis of burnout in elite Swedish athletes. *Psychol Sport Exerc* [Internet]. 2008 Nov [cited 2017 Oct 31];9(6):800–16. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1469029207001124>
68. Raedeke TD. Is burnout more than just stress? A sport commitment perspective. *J Sport Exerc Psychol*. 1997;19:396–417.
69. Coakley J. Burnout among adolescent athletes: A personal failure or a social problem? *Sociol Sport J*. 1992;9:271–85.
70. Lemyre, P.-N., Treasure, D. C., & Roberts GC. Influence of variability in motivation and affect on elite athlete burnout susceptibility. *J Sport Exerc Psychol*. 2006;28(32–48).
71. Brewer, B. W., Selby, C. L., Linder, D. E., & Petitpas AJ. Distancing oneself from a poor season: Divestment of athletic identity. *J Pers Interpers Loss*. 1999;4:149–62.
72. Cresswell SL, Eklund RC. The Nature of Player Burnout in Rugby: Key Characteristics and Attributions. *J Appl Sport Psychol* [Internet]. 2006 Sep 23 [cited 2017 Oct 31];18(3):219–39. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10413200600830299>
73. Budgett R. Overtraining Syndrome. *Br J Sp Med* [Internet]. [cited 2017 Oct 31];24(4). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1478908/pdf/brjmed00032-0025.pdf>
74. Burke ER, Falsetti HL, Feld RD, Patton GS KC. Blood testing to determine overtraining in swimmers *Swimming*. *Swim Tech*. 1981;18:29–33.
75. Eichner E. Chronic fatigue syndrome: How vulnerable are athletes? *Phys*

- Sport. 1989;17(6):157–60.
76. Halson SL, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med* [Internet]. 2004 [cited 2017 Oct 31];34(14):967–81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15571428>
  77. Budgett R, Newsholme E, Lehmann M, Sharp C, Jones D, Peto T, et al. Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome. *Br J Sports Med* [Internet]. 2000 Feb [cited 2017 Oct 31];34(1):67–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10690455>
  78. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2018;1–6. Available from: <https://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsp.2017-0759>
  79. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of Overtraining What Tools Do We Have? [cited 2017 Oct 31]; Available from: <http://www.fisioex.ufpr.br/resources/BE711/BE711---Urhausen-SpMed-2002.pdf>
  80. Urhausen A, Gabriel HH, Kindermann W. Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1998 Mar [cited 2017 Oct 31];30(3):407–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9526887>
  81. Snyder AC. Overtraining and glycogen depletion hypothesis. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1998 Jul [cited 2017 Oct 31];30(7):1146–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9662687>
  82. Urhausen A, Gabriel H, Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med* [Internet]. 1995 Oct [cited 2017 Oct 31];20(4):251–76. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8584849>
  83. Steinacker JM, Lormes W, Reissnecker S, Liu Y. New aspects of the hormone and cytokine response to training. *Eur J Appl Physiol* [Internet].

- 2004 Apr 1 [cited 2017 Oct 31];91(4):382–91. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14608461>
84. Bosquet L, Merkari S, Arvisais D, Aubert AE. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *Br J Sports Med* [Internet]. 2008 May 7 [cited 2017 Oct 31];42(9):709–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18308872>
  85. Morgan WP, Brown DR, Raglin JS, O'Connor PJ, Ellickson KA. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br J Sports Med* [Internet]. 1987 Sep [cited 2017 Oct 31];21(3):107–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3676635>
  86. P O. Overtraining and staleness. Taylor & Francis; 1997. 145-160 p.
  87. Gleeson M, McDonald WA, Pyne DB, Cripps AW, Francis JL, Fricker PA, et al. Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1999 Jan [cited 2017 Oct 31];31(1):67–73. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9927012>
  88. Gleeson M, McDonald WA, Cripps AW, Pyne DB, Clancy RL, Fricker PA. The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers. *Clin Exp Immunol* [Internet]. 1995 Oct [cited 2017 Oct 31];102(1):210–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7554392>
  89. Nieman DC. Immune response to heavy exertion. *J Appl Physiol* [Internet]. 1997 May [cited 2017 Oct 31];82(5):1385–94. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9134882>
  90. D N. Immune function responses to ultramarathon race competition. *Med Sport*. 2009;13:189–96.
  91. Swann C, Moran A, Piggott D. Defining elite athletes: Issues in the study of expert performance in sport psychology. *Psychol Sport Exerc* [Internet]. 2015 Jan 1 [cited 2017 Oct 31];16:3–14. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1469029214000995>
  92. Serrato M. *Medicina del deporte*. Editorial Universidad del Rosario; 2008.
  93. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci* [Internet]. 2011 Jan 15 [cited 2017 Oct

- 31];29(sup1):S91–9. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21916794>
94. Higgins JPT, Green S. Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones. Cochrane [Internet]. 2011;(March):1–639. Available from:  
<http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>
95. O'Connor PJ, Morgan WP, Raglin JS, Barksdale CM, Kalin NH. Mood state and salivary cortisol levels following overtraining in female swimmers. Psychoneuroendocrinology [Internet]. 1989 [cited 2017 Oct 31];14(4):303–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2813655>
96. Pyne DB, Baker MS, Fricker PA, McDonald WA, Telford RD, Weidemann MJ. Effects of an intensive 12-wk training program by elite swimmers on neutrophil oxidative activity. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 1995 Apr [cited 2017 Oct 31];27(4):536–42. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7791584>
97. Uusitalo AL, Huttunen P, Hanin Y, Uusitalo AJ, Rusko HK. Hormonal responses to endurance training and overtraining in female athletes. Clin J Sport Med [Internet]. 1998 Jul [cited 2017 Oct 31];8(3):178–86. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9762476>
98. Uusitalo A, Uusitalo A, Rusko H. Exhaustive Endurance Training for 6-9 Weeks did not Induce Changes in Intrinsic Heart Rate and Cardiac Autonomic Modulation in Female Athletes. Int J Sports Med [Internet]. 1998 Nov 9 [cited 2017 Oct 31];19(08):532–40. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9877144>
99. Coutts A, Wallace L, Slattery K. Monitoring Changes in Performance, Physiology, Biochemistry, and Psychology during Overreaching and Recovery in Triathletes. Int J Sports Med [Internet]. 2007 Feb [cited 2017 Oct 31];28(2):125–34. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16835823>
100. Coutts AJ, Slattery KM, Wallace LK. Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. J Sci Med Sport [Internet]. 2007 Dec [cited 2017 Oct 31];10(6):372–81. Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17466593>

101. HAUSSWIRTH C, LOUIS J, AUBRY A, BONNET G, DUFFIELD R, LE MEUR Y. Evidence of Disturbed Sleep and Increased Illness in Overreached Endurance Athletes. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2014 May [cited 2017 Oct 31];46(5):1036–45. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24091995>
102. Le Meur Y, Louis J, Aubry A, Gueneron J, Pichon A, Schaal K, et al. Maximal exercise limitation in functionally overreached triathletes: role of cardiac adrenergic stimulation. *J Appl Physiol* [Internet]. 2014 Aug 1 [cited 2017 Oct 31];117(3):214–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24925979>
103. Nelson MJ, Thomson RL, Rogers DK, Howe PRC, Buckley JD. Maximal rate of increase in heart rate during the rest-exercise transition tracks reductions in exercise performance when training load is increased. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2014 Jan [cited 2017 Oct 31];17(1):129–33. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23562749>
104. Aubry A, Hausswirth C, Louis J, Coutts AJ, Buchheit M, Le Meur Y. The Development of Functional Overreaching Is Associated with a Faster Heart Rate Recovery in Endurance Athletes. Sacchetti M, editor. *PLoS One* [Internet]. 2015 Oct 21 [cited 2017 Oct 31];10(10):e0139754. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26488766>
105. Costill DL, Flynn MG, Kirwan JP, Houmard JA, Mitchell JB, Thomas R, et al. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1988 Jun [cited 2017 Nov 13];20(3):249–54. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3386503>
106. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med* [Internet]. 2002 [cited 2017 Nov 13];32(2):95–102. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11817995>
107. Jensen TE, Richter EA. Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol* [Internet]. 2012 Mar 1 [cited 2017 Nov

- 19];590(5):1069–76. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22199166>
108. Brown RC. Nutrition for optimal performance during exercise: carbohydrate and fat. *Curr Sports Med Rep* [Internet]. 2002 Aug [cited 2017 Nov 19];1(4):222–9. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12831699>
109. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci* [Internet]. 2004 Jan 18 [cited 2017 Nov 19];22(1):15–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14971430>
110. The T interrelations of vagal and acceleration effects on, Rate C. The interrelations of vagal and acceleration effects on the cardiac rate. *Am J Physiol*. 1934;110:42–55.
111. Armstrong LE, VanHeest JL. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. *Sports Med* [Internet]. 2002 [cited 2017 Nov 20];32(3):185–209. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11839081>
112. Carli G, Martelli G, Viti A, Baldi L, Bonifazi M, Lupo Di Prisco C. The effect of swimming training on hormone levels in girls. *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. 1983 Mar [cited 2017 Nov 13];23(1):45–51. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6308350>
113. Opstad K. Circadian rhythm of hormones is extinguished during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency in young men. *Eur J Endocrinol* [Internet]. 1994 Jul [cited 2017 Nov 13];131(1):56–66. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8038905>
114. Duclos M. A critical assessment of hormonal methods used in monitoring training status in athletes. *Int Sport Med J*. 2008;9(2):56–66.
115. Lehmann M, Foster C, Dickhuth HH, Gastmann U. Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1998 Jul [cited 2017 Nov 13];30(7):1140–5. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9662686>
116. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in

- sports medicine. *Adv Clin Chem* [Internet]. 2012 [cited 2017 Nov 20];56:1–54. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22397027>
117. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull* [Internet]. 2007 Feb 6 [cited 2017 Nov 20];81–82(1):209–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17569697>
118. Urhausen A KW. Biochemical monitoring of training. *Clin J Sport Med*. 1992;2:52–61.
119. Urhausen A, Gabriel HH, Kindermann W. Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1998 Mar [cited 2017 Nov 13];30(3):407–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9526887>