



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Facultad de Educación y Deporte  
Hezkuntza eta Kirol Fakultatea

Departamento de Educación Física y Deportiva  
Gorputz eta Kirol Hezkuntzako Saila

Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

# **Características morfológicas, fisiológicas y técnico-tácticas del surf en surfistas no competidores vizcaínos con alto nivel de especialización deportiva.**

**Tesis doctoral presentada por:**

Aitor Santisteban Leguina

**Dirigida por:**

Dr. Eneko Fernández Peña

Dr. Juan María Santisteban Martínez



# AGRADECIMIENTOS

El surf ha sido una de mis pasiones en la vida desde que tengo uso de razón, es por ello que ha sido la temática principal de mi tesis. Ha sido el deporte que me ha dado infinidad de alegrías, experiencias, amigos y es, en gran medida, uno de los mayores retos que he tenido que superar, ya que los primeros contactos que tuve con el agua en la niñez no fueron muy positivos.

El surf, además de su generosidad, también supone un riesgo por exponerte a situaciones complicadas. Por eso quiero agradecer a todos los que me han influenciado y han conseguido que el surf forme parte de mi día a día, sobre todo a mis amigos y familia que comparten estos momentos conmigo y en especial a mi pareja, Amaia Barazar, por comprender el significado que tiene el surf y el mar para mí.

Deseo agradecer a los surfistas que han querido colaborar desinteresadamente a la hora de realizar las pruebas con sus correspondientes desplazamientos, poniendo a mi disposición su tiempo y en todo momento interesándose por el proyecto que estaba llevando a cabo.

A mis directores por su continuo asesoramiento y apoyo, así como por su paciencia. En especial a Eneko Fernández Peña por su ayuda a la hora de crear mediante "*Visual basic for applications*" (VBA) funciones en Excel para obtener los resultados de los umbrales anaeróbicos. Y también a Juan María Santisteban Martínez por sus orientaciones y recomendaciones en el campo de la fisiología.

A mis compañeros de departamento en la Universidad de Deusto, tanto por su ayuda profesional como por la actitud positiva transmitida en todo momento, en especial a la coordinadora del grado en el que imparto clases, Yolanda Lázaro, y a la vicedecana de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte M<sup>a</sup> Isabel Ariceta por su ayuda y paciencia para poder acabar esta tesis.

A la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, a la Facultad de Educación y Deporte y al Departamento de Educación Física y Deportiva, por su ayuda a la hora de realizar las pruebas teniendo acceso a sus instalaciones y material.

Por último y no menos importante a mi familia, la cual me ha apoyado en los momentos más amargos de este proceso, a mis padres, Rafa y Toya por los valores que me han transmitido y por las facilidades que me han dado. A mi hermana Eider por todas las conversaciones trascendentales que me han ayudado a seguir encarrilado, a su hija Maider por cambiar mi humor con su inocencia, y en especial a mi recién difunto abuelo Antonio por enseñarme que, hasta en los peores momentos, se puede conservar el buen humor.

# RESUMEN

El surf es un deporte cada vez más practicado en las zonas costeras, ya sea por los habitantes de la zona o por la gente que se desplaza a dichos lugares.

En este deporte, gran parte de los estudios han sido realizados con surfistas profesionales para establecer patrones en sus entrenamientos debido a la relación que existe entre las variables fisiológicas y el rendimiento deportivo.

Existe un hándicap en la elaboración de las planificaciones en los entrenamientos ya que las capacidades físicas a trabajar en el surf no están del todo claras por la naturaleza de dicha práctica.

En el presente estudio se pretenden analizar las características morfológicas, físicas y fisiológicas de los surfistas y la influencia que puedan tener los años de experiencia en esta práctica deportiva y el número de sesiones semanales que realizan en esta práctica.

Esta tesis está estructurada en un marco teórico general sobre el surf, tres estudios y las conclusiones de los mismos. El primer estudio relaciona las características de la composición corporal de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva y el número de años que llevan practicando surf. En el segundo estudio se ha analizado la capacidad física del surfista vizcaíno de alta especialización deportiva y su relación con el número de sesiones semanales de práctica del deporte, además de observar la relación entre dichas capacidades y el número de sesiones con parámetros específicos de la práctica del surf, esto es, el número de olas cogidas y de maniobras realizadas. En el tercer estudio se ha analizado una sesión de surf de 60 minutos y diferentes parámetros fisiológicos como la frecuencia cardiaca media, la frecuencia cardiaca pico al finalizar las olas y la recuperación a corto plazo entre una ola y otra.

Antes de realizar la recogida de datos, para la justificación de la muestra mediante la potencia estadística se creó un cuestionario para conocer el nivel de especialización deportiva y el nivel de habilidades técnicas de los surfistas vizcaínos

Para la recogida de datos de los tres estudios se han realizado diferentes pruebas: un estudio cineantropométrico, una prueba incremental hasta el agotamiento, una prueba

de potencia de remada, un test de saltos y una sesión de surf de 60 minutos en la que se ha registrado la frecuencia cardiaca durante la misma.

Los resultados del primer y del segundo estudio parecen indicar que los surfistas con más años de experiencia realizan algún tipo de estrategia para economizar la remada, por la relación que se ha observado entre el número de años practicando surf y la masa muscular ( $r = -0,530$ ;  $R^2 = 0,28$ ), y los años de experiencia y la recuperación a corto plazo de la frecuencia cardiaca entre ola y ola (FCA) ( $r = 0,685$ ;  $R^2 = 0,46$ ). Además de los años de experiencia la concentración de lactato al finalizar el test incremental también correlaciona con la FCA ( $r = -0,549$ ;  $R^2 = 0,29$ ).

Así mismo, el número de las sesiones semanales realizadas en este deporte puede influir en aspectos fisiológicos y técnicos del surfista, ya que se ha encontrado una relación entre el número de dichas sesiones y la potencia máxima en un test incremental ( $r = 0,578$ ;  $R^2 = 0,34$ ). Se ha hallado una correlación estadísticamente significativa entre las sesiones semanales de surf y el número máximo de maniobras que era capaz de realizar el surfista en una ola ( $r = 0,75$ ;  $R^2 = 0,56$ ), por lo que el número de sesiones podría ser la clave para realizar desplazamientos más rápidos a la rompiente y también para permitir al surfista realizar más maniobras en la ola. La carga de la sesión de 60 minutos de surf ha sido de  $124,35 \pm 32,40$  TRIMP<sub>mod</sub>.

Para finalizar, haciendo referencia a la sesión de surf, se han hallado diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre las frecuencias cardiacas pico con distinto número de maniobras finalizadas; es decir, que, a más maniobras realizadas en la ola, mayor era la FC al finalizar la ola. Comparando las olas en las que realizaban 1 o 2 maniobras, se halló una diferencia de 3,84% ( $d = 0,68$ ). En las olas en que realizaban 2 y 3 maniobras la diferencia fue de 2,24% ( $d = 0,40$ ) y para finalizar en las olas de tres y cuatro maniobras se observaron diferencias de un 2,61% ( $d = 0,54$ ). Esto parece indicar que el registro de las maniobras para la cuantificación de la carga en una sesión de surf puede ser una variable a tener en cuenta por la influencia que muestra en la frecuencia cardiaca al finalizar la ola.

**Palabras clave:** Surf, cineantropometría, composición corporal, capacidad aeróbica, capacidad anaeróbica, frecuencias cardiacas, consumo de oxígeno, umbral anaeróbico, número de olas, número de maniobras.

## Índices Generales



# Índice de contenidos

<b>INTRODUCCIÓN - JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....</b>	<b>35</b>
1.1. ORÍGENES DEL SURF.....	35
1.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRÁCTICA DEL SURF .....	37
1.3. LA COMPETICIÓN EN EL SURF.....	40
1.4. FISIOLÓGÍA DEL SURF .....	44
1.4.1. FACTORES MUSCULARES .....	45
1.4.1.1. Excitación muscular .....	46
1.4.1.2. Limitaciones en el suministro energético .....	46
1.4.1.3. Acumulación de metabolitos .....	48
1.4.2. FACTORES NEURALES .....	50
1.4.2.1. Conducción neural .....	51
1.4.2.2. Estrategias de reclutamiento del músculo .....	51
1.5. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS DEL SURF .....	52
1.5.1. VALORACIÓN DE LAS SESIONES DEL SURF.....	53
1.5.2. VALORACIÓN DE LA ANTROPOMETRÍA Y COMPOSICIÓN CORPORAL .....	59
1.5.3. EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES AERÓBICAS EN EL SURF .....	61
1.5.3.1. Consumo máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> max) y la potencia o velocidad pico.....	61
1.5.3.2. Umbral de lactato .....	67
1.5.3.3. Frecuencia cardiaca (FC) .....	70
1.5.4. EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES ANAERÓBICAS Y EXPLOSIVAS EN EL SURF .....	71
1.5.4.1. La potencia del tren superior remando .....	72
1.5.4.2. Evaluación de las fuerzas del tren inferior.....	76
1.5.5. OTROS ASPECTOS DEL SURF AL ANALIZAR LA PRÁCTICA EN EL MAR .....	77
<b>2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....</b>	<b>85</b>
2.1 OBJETIVOS .....	85
2.2 HIPOTESIS.....	86

# Índice de contenidos

<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>91</b>
3.1 PARTICIPANTES .....	91
3.2 INSTRUMENTOS.....	94
3.3 PROCEDIMIENTOS .....	95
3.4 MEDICIONES.....	96
3.4.1 ANTROPOMETRÍA .....	96
3.4.2 BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA .....	97
3.4.3 TEST DE SALTOS, “COUNTERMOVEMENT JUMP “(CMJ) .....	97
3.4.4 TEST ANAERÓBICO DEL TREN SUPERIOR.....	98
3.4.5 TEST INCREMENTAL .....	98
3.4.6 TEST DE CAMPO.....	100
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	104
<b>4. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN SURFISTAS RECREATIVOS VIZCAÍNOS DE ALTA ESPECIALIZACIÓN DEPORTIVA.....</b>	<b>111</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	111
4.2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	116
4.2.1 OBJETIVOS .....	116
4.2.2 HIPÓTESIS .....	116
4.3 RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO.....	116
4.4 RESULTADOS .....	117
4.5 DISCUSIÓN.....	118
4.6 CONCLUSIONES .....	123
<b>5. INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA DE LAS SESIONES EN LAS CAPACIDADES FÍSICAS Y TÉCNICO-TÁCTICAS DE LOS SURFISTAS RECREATIVOS VIZCAÍNOS DE ALTA ESPECIALIZACIÓN DEPORTIVA .....</b>	<b>129</b>
5.1 INTRODUCCIÓN .....	129
5.2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	137
5.2.1 OBJETIVOS .....	137
5.2.2 HIPÓTESIS .....	137
5.3 RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO.....	137

# Índice de contenidos

5.4	RESULTADOS .....	138
5.5	DISCUSIÓN .....	142
5.6	CONCLUSIONES .....	147
<b>6.</b>	<b><u>ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE LA SESIÓN DE SURF, SU RELACIÓN CON LAS MANIOBRAS REALIZADAS EN LA OLA Y LA RECUPERACIÓN A CORTO PLAZO.....</u></b>	<b>153</b>
6.1	INTRODUCCIÓN .....	153
6.2	OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	156
6.2.1	OBJETIVOS .....	156
6.2.2	HIPÓTESIS .....	156
6.3	RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO .....	157
6.4	RESULTADOS .....	157
6.5	DISCUSIÓN .....	161
6.6	CONCLUSIONES .....	167
<b>7.</b>	<b><u>CONCLUSIONES POR ESTUDIOS Y CONCLUSIONES GENERALES.....</u></b>	<b>173</b>
7.1	CONCLUSIONES DEL PRIMER ESTUDIO .....	173
7.2	CONCLUSIONES DEL SEGUNDO ESTUDIO .....	174
7.3	CONCLUSIONES DEL TERCER ESTUDIO .....	174
7.4	CONCLUSIONES GENERALES .....	175
<b>8.</b>	<b><u>LIMITACIONES.....</u></b>	<b>179</b>
<b>9.</b>	<b><u>LÍNEAS DE FUTURO.....</u></b>	<b>183</b>
<b>10.</b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b>187</b>
<b>11.</b>	<b><u>ANEXO.....</u></b>	<b>215</b>



# Índice de Tablas

Tabla 1 Número de sujetos analizados y tipo de test realizados en algunos de los estudios relevantes realizados en surfistas .....	23
Tabla 2 Número de sujetos analizados y tipo de test realizados en algunas de las tesis doctorales realizadas en el surf.....	24
Tabla 3 Sistema de competición en campeonatos de 1000, 1500 y 3000 puntos .....	41
Tabla 4 Sistema de competición en campeonatos 6000 puntos .....	42
Tabla 5 Sistema de competición en campeonatos 10000 puntos.....	43
Tabla 6 Factores musculares que pueden afectar a la fatiga en RSE .....	50
Tabla 7 Factores neurales que pueden afectar a la fatiga en RSE .....	52
Tabla 8 Estudios del tiempo empleado en las fases del surf .....	55
Tabla 9 Diferencias en el tiempo invertido en cada acción al surfear en competición en una sesión de “free surf” .....	56
Tabla 10 Tipo de olas, % de éxito de maniobras y puntuación media por maniobras .....	58
Tabla 11 Somatotipo en deportes en los que se utiliza sobre todo la parte superior del cuerpo .....	59
Tabla 12 Correlación entre las características antropométricas y composición corporal con el ranking obtenido por los surfistas .....	60
Tabla 13 Distribución de los deportes respecto al consumo de oxígeno .....	62
Tabla 14 FC media y FC pico de las sesiones según diferentes estudios .....	71
Tabla 15 Pico de potencia alcanzado en un test anaeróbico de 10 segundos en ergómetro con surfistas	75
Tabla 16 Diferentes estudios que han registrado el tiempo invertido en un esprint de 15 metros, dividido en 3 distancias: 0-5 metros, 0-10 metros y 0-15 metros.....	75
Tabla 17 Rangos de velocidades para las diferentes acciones en el surf.....	77
Tabla 18 Nivel de habilidades técnicas según la escala de Hutt et al., 2001.....	93
Tabla 19 Sumatorio de pliegues de los surfistas en diferentes estudios .....	113
Tabla 20 Características cineantropométricas generales y su correlación con los años de experiencia surfear (n=20) .....	118
Tabla 21 Clasificación de las diferentes terminologías en la literatura para definir el aumento brusco del lactato sanguíneo durante el ejercicio, en función de su intensidad y duración.....	132
Tabla 22 Diferencia entre las variables de rendimiento entre surfistas de distinto nivel .....	134
Tabla 23 Número de olas y maniobras en una sesión con cuatro surfistas diferentes realizada por dos observadores (A y B).....	138
Tabla 24 Resultados descriptivos de los test de laboratorio (n= 20) .....	139
Tabla 25 Descripción de los resultados del test de campo, 60 minutos de surf (n= 20).....	140
Tabla 26 Consumos de oxígeno pico y su correspondiente potencia en surfistas recreativos .....	144
Tabla 27 Resultados de FC pico y promedio de la sesión (n= 20) .....	158

## Índice de Tablas

Tabla 28 Porcentaje del tiempo en cada zona de la FCP .....	158
Tabla 29 Resultados del descenso de la FC al finalizar la ola (n= 20).....	159
Tabla 30 FC pico dependiendo del número de maniobras realizadas en la ola .....	159

# Índice de Figuras

Figura 1	Aportación energética en el primer esprint y en el último esprint, realizando un RSE de 10x6 segundos con un descanso de 30 segundos entre esprints .....	47
Figura 2	Media de las puntuaciones totales de la ronda en los 10 eventos del WCT.....	58
Figura 3	Consumo de oxígeno y aumento de la intensidad.....	63
Figura 4	a) movimiento de pedaleo o "arm cranking"; b) ergómetro de natación .....	65
Figura 5	Relación entre el ranking y la potencia pico alcanzada en la prueba de esfuerzo.....	66
Figura 6	Ciclo de Cori.....	67
Figura 7	Correlación entre LT <sub>4</sub> (%VO <sub>2</sub> pico) y el ranking.....	69
Figura 8	Correlación entre W <sub>OBLA</sub> (W/kg) y posición del ranking .....	69
Figura 9	Relación entre la potencia absoluta en un test realizado a máxima intensidad y la posición en el ranking (r = 0,55; p = 0,01) .....	74
Figura 10	Descripción del método D-max.....	100
Figura 11	Somatotipo de diferentes deportes acuáticos, incluido el surf.....	115
Figura 12	Diferencia del somatotipo en surfistas profesionales y recreativos .....	119
Figura 13	Pirámide de rendimiento deportivo .....	136
Figura 14	Correlación significativa (p < 0,01) entre número máximo de maniobras realizadas en 1 ola y la potencia pico obtenida en el test incremental (n= 20) .....	140
Figura 15	Correlación significativa (p < 0,01) entre potencia pico alcanzada en la prueba incremental y las sesiones semanales realizadas por los surfistas (n= 20).....	141
Figura 16	Correlación significativa (p < 0,01) entre las sesiones semanales realizadas y el número máximo de maniobras (n= 20) .....	142
Figura 17	Correlación entre la FCA (lpm) y años de experiencia surfeando (p < 0,01) (n = 20) .....	160
Figura 18	Correlación entre número de olas de la sesión y TRIMP <sub>mod</sub> (p < 0,01) (n=20) .....	161

## Abreviaturas

<b>ASP</b>	<i>"Association of Surfing Professionals"</i> / Asociación de surf profesional
<b>ATP</b>	Adenosin trifosfato
<b>ATP-PC</b>	Fuente de energía obtenida de los fosfágenos
<b>BIA</b>	Impedancia bioeléctrica
<b>CMJ</b>	Salto con contramovimiento
<b>Dmax</b>	Umbral anaeróbico con el método de Cheng (1992)
<b>FC</b>	Frecuencia cardiaca
<b>FCP</b>	Frecuencia cardiaca pico del test incremental hasta el agotamiento
<b>FCPS</b>	Frecuencia cardiaca pico de la sesión de surf
<b>FCS</b>	Frecuencia cardiaca promedio de la sesión de surf
<b>FCA</b>	Descenso de la frecuencia cardiaca entre ola y ola
<b>GPS</b>	Global positioning system
<b>H<sup>+</sup></b>	Ion de hidrógeno
<b>IMC</b>	Índice de masa corporal
<b>IAS</b>	<i>"International Surfing Association"</i> / Asociación Internacional de Surf
<b>IPS</b>	<i>"International Professional Surfers"</i>
<b>ISF</b>	<i>"International Surfing Federation"</i> / Federación Internacional de Surf
<b>lpm</b>	Latidos por minuto
<b>[LA]</b>	Concentración de lactato
<b>LT4</b>	Carga o ritmo de trabajo correspondiente a 4 mmol/L de lactato en sangre
<b>mmol/L</b>	milimol por litro
<b>OBLA</b>	<i>"Onset blood lactate accumulation"</i> , inicio de acumulación de lactato en sangre
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>PCr</b>	Fosfato de creatina o fosfocreatina
<b>PH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>Q</b>	Gasto cardiaco
<b>RSA</b>	<i>"Repeated sprint ability"</i> , capacidad para repetir esprints
<b>RSE</b>	<i>"Repeated sprint exercise"</i> , ejercicio de esprints repetidos
<b>RPE</b>	Rango de esfuerzo percibido
<b>R1</b>	Valores de las variables un minuto después de finalizar la prueba maximal
<b>SJ</b>	<i>"Squat jump"</i>
<b>SNC</b>	Sistema nervioso central
<b>VBA</b>	<i>"Visual Basic for Applications"</i>
<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo de oxígeno

## Abreviaturas

<b>VO<sub>2</sub> pico</b>	Consumo pico de oxígeno
<b>VO<sub>2</sub>max</b>	Consumo máximo de oxígeno
<b>W</b>	Vatios
<b>WCT</b>	" <i>World championship tour</i> ", circuito mundial de surf
<b>WQS</b>	" <i>World quality series</i> ", la segunda categoría de competición a nivel mundial
<b>WSL</b>	" <i>World surf league</i> ", liga mundial de surf
<b>Σ</b>	Sumatorio



## **INTRODUCCIÓN - JUSTIFICACIÓN**



## Introducción - Justificación

El deporte del surf ha cobrado especial importancia en las últimas décadas, pudiendo realizarse tanto de manera competitiva y reglada o como surf recreacional. Como consecuencia de su éxito, ha conseguido ser una de las nuevas modalidades deportivas que van a ser incluidas en las Olimpiadas de Tokio 2020.

Tal como se indica en las investigaciones realizadas, no está definida ni la cuantificación de la carga en cada sesión a la hora de surfear (Farley, et al., 2012; Farley et al., 2018; Hall, 2016; Minghelli et al., 2017; Redd & Fukuda, 2016; Secomb et al., 2015b) ni la influencia de esta actividad a largo plazo (Frank et al., 2009).

Hasta el momento, los estudios de los que disponemos en el ámbito del surf se han centrado en tres grandes campos:

1. El análisis de la composición corporal de los surfistas: en estos estudios se han relacionado algunos parámetros con la posición del ranking de los surfistas, o comparado surfistas de diferentes niveles (Barlow et al., 2014; Fernández-Gamboa et al., 2017; Fernández-López et al., 2012).
2. La capacidad física de los surfistas: comparación de surfistas de diferentes niveles o entre surfistas profesionales y recreativos, analizando entre otros los siguientes parámetros:
  - Las condiciones aeróbicas (Barlow, Findlay et al., 2015; Farley, 2012; Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva et al., 2010; Méndez-Villanueva et al., 2005).
  - Las condiciones anaeróbicas (Farley, 2012; Furness et al., 2018; Secomb et al., 2013; Tran, Lundgren et al., 2015).
  - La fuerza de los miembros inferiores (Fernández-Gamboa et al., 2017; Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015a).
3. Las sesiones de surf, incluyendo sesiones de competición o de entrenamiento, en las que se han investigado los siguientes aspectos:
  - El tiempo invertido en cada acción: remando, surfeando, etc.

- La distancia y velocidad que realizan en cada una de ellas.
- La frecuencia cardiaca (FC) de la sesión de surf (Farley et al., 2012; Méndez-Villanueva et al., 2010; Minghelli et al., 2017; Secomb et al., 2015b).

En esta tesis doctoral se han realizado estudios que analizan los resultados de 20 surfistas recreativos vizcaínos federados en la Federación Vizcaína de Surf con el mismo nivel de habilidades técnicas que los surfistas de competición que cumplían los siguientes requisitos:

- Ser mayores de edad.
- Llevar, como mínimo, 5 años surfeando y realizar 3 sesiones o más a la semana
- Ser surfista recreativo federado no competidor con el nivel de especialización más elevado y con un 7 o más en la escala de habilidad técnica según Hutt et al., (2001).

Además de ello, se ha realizado un análisis a posteriori para analizar la representatividad de la muestra de los surfistas recreativos federados de estas características

Los estudios publicados en revistas internacionales en relación a este ámbito no han presentado muestras muy elevadas en la mayoría de los casos (ver tabla 1).

**Tabla 1**  
**Número de sujetos analizados y tipo de test realizados en algunos de los estudios relevantes realizados en surfistas**

<b>Artículos de revista</b>		
<b>Estudio</b>	<b>Número de surfistas</b>	<b>Tipo de test</b>
Lowdon (1989)	12 surfistas de competición	Test de laboratorio
Meir, Lowdon, & Davie (1991)	6 surfistas	Test de laboratorio Test de campo
Méndez-Villanueva et al. (2005)	7 nivel europeo 6 nivel regional	Test de laboratorio
Méndez-Villanueva, Bishop, & Hamer (2006)	42 surfistas de competición	Test de campo
Fernández-López et al. (2012)	10 surfistas	Test de laboratorio
Barlow, Gresty, Findlay, Cooke, & Davidson (2014)	39 surfistas	Test de campo
Secomb, Sheppard, & Dascombe (2015b)	15 surfistas	Test de campo
Lundgren et al. (2016)	11 surfistas	Test de laboratorio
Fernández-Gamboa, Yanci, Granados, & Cámara (2017)	20 surfistas	Test de laboratorio
Fernández-Gamboa, Yanci, Granados, Freemyer, & Cámara (2018)	10 surfistas	Test de campo
Furness et al. (2018)	47 surfistas recreativos 15 surfistas de competición	Test de laboratorio

Se han revisado también las tesis doctorales realizadas en el ámbito del surf y la muestra no supera los 20 participantes en ninguno de los casos (ver tabla 2).

**Tabla 2**  
**Número de sujetos analizados y tipo de test realizados en algunas de las tesis doctorales realizadas en el surf**

Tesis doctorales		
Estudio	Número de surfistas	Tipo de test
Eurich (2008)	20 surfistas masculinos 20 surfistas femeninas	Test de laboratorio
Schroeter (2008)	11 surfistas masculinos 5 surfistas femeninas	Test de laboratorio
Loveless (2009)	Estudio 1 11 surfistas	Test de laboratorio
	Estudio 2 8 surfistas	Test de laboratorio Test incremental
	8 surfistas masculinos	Test de potencia
Esta tesis	Estudio 1 20 surfistas	Test de laboratorio
	Estudio 2 20 surfistas	Test de laboratorio Test de campo
	Estudio 3 20 surfistas	Test de laboratorio Test de campo

El propósito de esta tesis doctoral es conocer mejor el deporte del surf y aportar nuevas evidencias para poder tener un mayor control sobre las posibles variables que pueden afectar a su práctica y entrenamiento.

Para ello, se ha seguido la misma línea que en los estudios realizados hasta el momento, abarcando los tres grandes campos mencionados anteriormente: la composición corporal, la condición física y la sesión de surf. Posteriormente, se han relacionado estas variables con la experiencia del surfista. Por lo tanto, los objetivos de esta tesis son analizar la experiencia deportiva del surfista, la composición corporal, la capacidad física, la práctica del surf y la posible relación que pueda haber entre estas variables.

El presente trabajo se ha estructurado en 4 grandes apartados: I) marco teórico y conceptual; II) trabajo empírico, con tres estudios dentro de este apartado; III) las conclusiones generales de los estudios, limitaciones y futuras líneas de investigación; y IV) las referencias bibliográficas. Para más especificación, la estructura ha sido la siguiente:

- **Introducción**, cuyo propósito es aproximar al contenido de los próximos capítulos.

- **PARTE I. Marco teórico y conceptual**, estructurado en los siguientes subapartados:

*Capítulo 1. Una aproximación al surf.* se muestran los orígenes del surf, así como un recorrido histórico por el mismo. También se presenta una descripción de la fisiología del surf a nivel muscular y neural, y una descripción de las capacidades físicas generales que pueden afectar al rendimiento de los surfistas y la descripción de las fases generales del surf. Se expone la organización de las competiciones en el surf describiendo las estructuras de las competiciones actuales, y finaliza mostrando los estudios científicos realizados en el ámbito del surf que inciden en la mejora del rendimiento de los surfistas.

- **PARTE II. Trabajo empírico:** Este apartado presenta los objetivos generales y la metodología seguida en la tesis. Además de ello se presentan los tres estudios, cada uno de ellos compuesto por su introducción, objetivos e hipótesis, resultados, discusión y conclusiones.

*Capítulo 2. Objetivos e hipótesis.* En este apartado se presentan los objetivos generales de la tesis.

*Capítulo 3. Metodología.* Se describen los procedimientos que se han seguido en la tesis. Se podrán observar los siguientes apartados: Participantes, instrumentos de medición, procedimientos, las mediciones y descripción de todas las variables, así como los análisis estadísticos que se han realizado.

*Capítulo 4. Estudio 1: Análisis de la composición corporal en surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva:* Se ha analizado la influencia de los años de experiencia de la práctica del surf en la composición corporal de los deportistas utilizando el método ISAK (Marfell-Jones et al., 2001) y la bioimpedancia eléctrica.

*Capítulo 5. Estudio 2: Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva:* Se ha centrado en la frecuencia con la que los deportistas realizan las sesiones de surf, registrando las sesiones semanales en las que han surfado durante el último año, analizando su

influencia en las capacidades físicas y en las variables registradas en la sesión de surf. Para ello, se han realizado los siguientes test en el laboratorio:

- Una prueba incremental simulando la remada hasta el agotamiento en el que se ha seguido el protocolo establecido en estudios anteriores (Fernández-López et al., 2012; Méndez-Villanueva, et al., 2010).
- Un test de 10 segundos a máxima intensidad remando en un ergómetro modificado (Farley, 2012).
- Un análisis de la potencia del tren inferior realizando saltos con contra-movimiento (Rodacki et al., 2002).
- Una sesión de surf de 60 minutos, con no más de 2 semanas de diferencia con respecto al día en que realizaron los test del laboratorio, registrando la frecuencia cardiaca y parámetros relacionados con la práctica (número de olas y maniobras).

*Capítulo 6. Estudio 3: Análisis de la frecuencia cardiaca durante la sesión, su relación con las maniobras realizadas en la ola y la recuperación a corto plazo:* Se ha registrado el número de maniobras que realizan los deportistas en cada ola y la frecuencia cardiaca, con el objetivo de observar las diferencias de la frecuencia cardiaca pico al finalizar las olas dependiendo del número de maniobras realizadas en la misma y analizar la influencia de los años de experiencia en la recuperación a corto plazo de una sesión de surf.

### ● **PARTE III. Conclusiones.**

*Capítulo 7. Conclusiones por estudios y conclusiones generales:* En este apartado se han presentado las conclusiones extraídas respecto a los objetivos de investigación expuestos en cada estudio.

*Capítulo 8. Limitaciones:* Una vez finalizados los estudios en este capítulo se observan las limitaciones que han tenido los estudios de investigación que se han realizado en la presente tesis.

Capítulo 9. *Líneas de futuro*: Una vez analizada la situación del surf realizando una extensa revisión y después de realizar los tres estudios de la presente tesis, se presentan unas posibles líneas que podrían ratificar o dar nueva información sobre la práctica del surf.

- **PARTE IV. Referencias bibliográficas.**



## **PARTE I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**



**Capítulo 1**  
**Una aproximación al surf**



## MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 1.1 Orígenes del surf

### 1.2 Características generales de la práctica del surf

### 1.3 La competición en el surf

### 1.4 Fisiología del surf

#### 1.4.1 Factores musculares

##### 1.4.1.1 Excitación muscular

##### 1.4.1.2 Limitaciones en el suministro energético

##### 1.4.1.3 Acumulación de metabolitos

#### 1.4.2 Factores neurales

##### 1.4.2.1 Conducción neural

##### 1.4.2.2 Estrategias de reclutamiento del músculo

### 1.5 Análisis de las variables físicas y fisiológicas del surf

#### 1.5.1 Valoración de las sesiones del surf

#### 1.5.2 Valoración de la antropometría y composición corporal

#### 1.5.3 Evaluación de las capacidades aeróbicas en el surf

##### 1.5.3.1 Consumo máximo de oxígeno ( $VO_2max$ ) y la potencia o velocidad pico

##### 1.5.3.2 Umbral de lactato

##### 1.5.3.3 Frecuencia cardiaca (FC)

#### 1.5.4 Evaluación de las capacidades anaeróbicas y explosivas en el surf

##### 1.5.4.1 La potencia de tren superior remando

##### 1.5.4.2 Evaluación de las fuerzas del tren inferior

#### 1.5.5 Otros aspectos del surf al analizar la práctica en el mar



# **1. Marco teórico y conceptual**

## **1.1. Orígenes del surf**

El surf es un deporte que se realiza en la naturaleza, y mediante esta práctica el ser humano intenta explorar y disfrutar de la misma (Dantas, 2012; Kampion & Brown, 1997). Este tipo de actividades ligadas al mar está obteniendo una gran popularidad en la sociedad en este último siglo (Dantas, 2012; Kampion & Brown, 1997; WSL, 2019).

Este contacto con el aire libre aporta al practicante una experiencia en la cual se observa el riesgo, se siente la emoción, el placer y una sensación que no puede ser evaluada (Dantas, 2012).

El surf consiste en deslizarse por el agua con una tabla utilizando el impulso de una ola, independientemente de la forma en que se realice. Por esa razón, existen diferentes modalidades dependiendo de la manera en que se haga, tumbado, de pie o de rodillas. Las modalidades son las siguientes: surfboard, longboard, bodyboard, kneeboard, skimboard y bodysurf (Kampion & Brown, 1997)

No se sabe con certeza desde cuándo existe este deporte. Aun así, los primeros hallazgos fueron en La Polinesia, donde la mayoría de los habitantes de la zona realizaban este tipo de actividad. Se debe mencionar que, dependiendo del estatus social de la persona, ésta podía practicarlo en playas seleccionadas y tenía la posibilidad de utilizar una madera mejor o peor para sus tablas de surf (Kampion & Brown, 1997).

El mundo del surf y las personas que lo rodeaban fueron consideradas una subcultura a principios del siglo XX. Es una actividad que desde La Polinesia empezó a expandirse a California y poco más tarde a Australia. Cogió muchísima fuerza y los practicantes aumentaron masivamente por todo el mundo en muy poco tiempo. Fue en este proceso de expansión cuando obtuvieron el apellido de subcultura. Fue un fenómeno que llegó a las playas de los 5 continentes, aumentando y evolucionando a pasos de gigante (Kampion & Brown, 1997).

Pasó de ser una manera de pasar el tiempo para los indígenas de La Polinesia a ser un deporte que se expandió por todo el mundo, creando un importante movimiento económico y generando grandes cantidades de dinero. Gracias a ese desarrollo y a los negocios que dependían del surf, éste empezó a profesionalizarse y a cobrar especial importancia (Kampion & Brown, 1997).

Esto hizo que se empezasen a crear eventos y campeonatos. En 1954, por ejemplo, se celebró el primer campeonato internacional, y a partir de ese momento los campeonatos fueron aumentando en cantidad y en calidad. En 1963 en California apareció el primer surfista profesional, Phil Edwards, lo que hizo que muchos surfistas empezasen a profesionalizar sus carreras y dedicarse únicamente a este deporte. El surf se convirtió en un deporte muy competitivo, que fue evolucionando hasta haber más de 20 campeonatos a nivel mundial y territorial, y llegar hasta el actual modelo organizativo (Kampion & Brown, 1997).

Actualmente las competiciones están organizadas en forma de circuito, es decir, cada surfista debe realizar un mínimo de campeonatos durante la temporada en los que recibe una puntuación dependiendo de los puestos obtenidos en ellos. La clasificación final se basa en la suma de todos los puntos recibidos durante la temporada en las distintas partes del circuito (Association of Surfing Professionals (ASP), 2013; World Surf League (WSL), 2019).

Dependiendo de la competición, las puntuaciones a las que se pueden optar son diferentes, pudiendo conseguir puntuaciones más altas en las competiciones de mayor importancia (ASP, 2013; WSL, 2019).

## 1.2. Características generales de la práctica del surf

Una vez explicados los posibles factores de la fatiga durante un RSE, se incidirá en el surf. Es esencial para los surfistas, tanto para los principiantes como para los de competición, tener una base importante de remada, equilibrio y forma física general, con el fin de hacer frente a las demandas exigidas por las condiciones marítimas, las cuales pueden ser impredecibles. Este tipo de preparación también puede servir para evitar lesiones repetitivas por movimientos realizados al surfear (Everline, 2007).

La práctica del surf ha aumentado considerablemente desde hace varios años, lo que indica que cada vez hay más gente se interesa por este deporte (Everline, 2007; Farley, 2011; Loveless & Minahan, 2010b; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005). Además, el surf ha tenido una imagen positiva en los medios de comunicación, lo que ha podido eclipsar su peligrosa realidad: que gente sin experiencia entra en contacto con la naturaleza en condiciones impredecibles, y sin tener la condición física ni el conocimiento necesario para realizar de manera competente este deporte (Butt, 2004; Everline, 2007; Frediani, 2001; Hutt et al., 2001; Snyder, 2003).

Para surfear con éxito son esenciales la seguridad, el conocimiento de los océanos, el equilibrio, así como la capacidad para salir de ciertas condiciones marítimas que puedan ser peligrosas (Everline, 2007).

En el surf, al igual que en la mayoría de los deportes en la naturaleza, se necesita desarrollar múltiples habilidades en conjunto, (Buckey, 2019).

- *Aptitudes físicas.* El desarrollo de la fuerza y la resistencia
- *Habilidades técnicas.* Abarcando desde la puesta en pie en olas pequeñas y lentas en surfistas sin experiencia, hasta coger olas de gran tamaño y rápidas como en surfistas expertos.
- *Habilidades cognitivas.* El surf requiere atención y decisiones deliberadas para poder buscar adecuadamente la zona exacta en la que la ola va a romper y

estar atento a la posición de otros surfistas para respetar las prioridades dentro del agua.

- *Habilidades emocionales.* Los surfistas mientras están en la sesión de surf deben mantenerse serenos y tranquilos a pesar de las dificultades y los peligros, ya sea por condiciones meteorológicas o acciones de otros surfistas.
- *Habilidades sociales.* Por seguridad, uno debe ajustar su propio comportamiento al nivel de competencia y agresividad de los demás surfistas que están surfeando a su alrededor.

(Buckey, 2019).

Para comprender mejor el surf se deben entender las diferentes acciones que puede realizar el surfista. Según los autores dichas acciones se clasifican de la siguiente manera:

- *La remada en posición prono*

En las acciones de remada las principales vías metabólicas son las de ATP, PCr y la glucólisis. Se dan de manera intercalada dependiendo de si el surfista realiza una remada para coger la ola o para colocarse en una posición óptima en el "inside", la zona donde el surfista decide permanecer a la espera para coger una ola. También es importante la condición aeróbica para realizar sesiones más largas (Everline, 2007; Farley, 2012; Furness et al., 2018; Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Sheppard, Nimphius et al., 2013).

- *Las maniobras surfeando*

Equilibrio, tiempo de reacción, y la fuerza específica que genera el surfista contra la tabla para realizar las maniobras son muy importantes para realizar con éxito la práctica del surf (Everline, 2007; Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015b; Tran, Nimphius et al., 2015).

- *Puesta en pie o "pop up"*

Es la acción en la que el surfista se pone de pie antes de surfear (Eurich et al., 2010). El surfista realiza la remada boca abajo tumbado, siendo la zona abdominal la única base de apoyo en la tabla. Para mantener esta posición, el surfista hace una hiper-extensión de la columna vertebral, principalmente en la zona lumbar. Una vez posicionado correctamente, el surfista rema hacia la

rompiente utilizando siempre el mejor recorrido, llamado coloquialmente "el canal", en el que una corriente ayuda a los surfistas a introducirse en la zona deseada mientras realizan la remada (Everline, 2007).

Para evitar que las olas arrastren hacia atrás al surfista que está remando hacia "lineup" o pico (zona anterior a donde empiezan a romper las olas, y donde se posicionan los surfistas a la espera de coger la ola apropiada), se suele realizar una maniobra denominada "hacer el pato". Para ello, el surfista se sumerge con la tabla bajo la ola mientras ésta está rompiendo sobre él, de modo que la sobrepasa por debajo. Esta maniobra entraña cierto riesgo, dado que puede causar lesiones por las turbulencias creadas debajo del agua (Everline, 2007). Una vez en el "lineup", el surfista espera sentado en la tabla con ayuda de la musculatura dorsal, por lo que es imprescindible el desarrollo de la musculatura del core (Everline, 2007).

Los momentos en los que el surfista se desplaza mediante la remada son cuando se dirige al "lineup" y cuando desde allí pretende coger la ola. En este último, el surfista intenta posicionarse en un buen ángulo respecto a la ola, para poder cogerla de la mejor manera posible. El ángulo óptimo para coger la ola es de 45° para que facilite el "take off" o bajada de la ola (Everline, 2007). Una vez cogida la ola se realiza la puesta en pie y se adopta una posición de media sentadilla flexionando las rodillas entre 30-80°, adoptando la rodilla una posición de valgo (Eurich et al., 2010; Everline, 2007).

La aceleración y la velocidad dependen de la ola, por lo que los cambios de canto y los giros se deben planificar con antelación para conseguir una posición óptima en la ola (Everline, 2007). Una vez que está de pie, el surfista depende del equilibrio y de la fuerza de las piernas para mantenerse en esa posición (Eurich et al., 2010; Everline, 2007; Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015b; Tran, Nimphius et al., 2015).

Si el surfista se pone de pie y consigue deslizarse debe hacer un "bottom turn", o giro para mantenerse en la pared de la ola, la parte donde la ola todavía no ha roto (Burrow, 2003; Everline, 2007). Una vez surfeando, el surfista debe decidir qué maniobra realizar y, teniendo en cuenta el tipo de ola que surfea, mantener la velocidad en el sitio más adecuado de la misma. Para obtener

velocidad, además de realizar las maniobras buscando la zona crítica de la ola, el surfista puede bombear, realizando una flexión y extensión de cadera y rodillas (Burrow, 2003; Everline, 2007).

### 1.3. La competición en el surf

Las competiciones mundiales de surf se iniciaron en los años 60, organizadas por la Federación Internacional de Surf (ISF). Esta fue la entidad encargada de realizarlas desde 1964 hasta 1972, celebrándose el Campeonato Mundial de Surf como un evento único cada dos años y con una inscripción abierta a cualquier interesado. La falta de patrocinadores hizo que la situación cambiase y que de 1976 a 1982 el organismo rector del surf profesional fuera el "*International Professional Surfers*" (IPS), que desapareció en 1982. Actualmente, la Federación Internacional de Surf se denomina Asociación Internacional de Surf (International Surfing Association o ISA) (ASP, 2013).

En 1982 la IPS cedió la organización a la Asociación de Surfistas Profesionales (Association of Surfing Professionals, conocida como ASP), que es la entidad que desde 1983 organiza las competiciones internacionales. Esta organización fue fundada en 1976, y desde 1983 hasta 2014 fue el órgano responsable de organizar el campeonato mundial. En 2015 cambió su nombre por el de "*World Surf League*" (WSL), conservando esta denominación hasta la actualidad. En estos momentos todos los campeonatos que realizan están estructurados en un sistema de circuitos en los que los deportistas van sumando puntos dependiendo del puesto que hayan logrado en las diferentes competiciones (WSL, 2019).

Actualmente, se pueden encontrar diferentes estructuras de competición dentro de la WSL, organizando los campeonatos de longboard, de olas grandes y de surf.

- WSL Men's Championship Tour (CT)
- WSL Women's Championship Tour (CT)
- WSL Men's Qualifying Series (QS)
- WSL Women's Qualifying Series (QS)
- WSL Men's Longboard Championships
- WSL Women's Longboard Championships
- WSL Junior Championships.

- WSL Big Wave Tour

Esta entidad clasifica los campeonatos de surf dependiendo del grado e importancia de los mismos. Las competiciones se miden en función de los puntos a los que se puede optar, siendo éstas de 1000, 1500, 3000, 6000 y de hasta 10000 puntos las de máxima puntuación, y por tanto las de mayor importancia (WSL, 2019).

**Tabla 3**  
Sistema de competición en campeonatos de 1000, 1500 y 3000 puntos

Formato C		
Mangas (heat)	Número de mangas por ronda	Tiempo en minutos
Ronda 160	16 de 4 personas	20
Ronda 144	16 de 4 personas	20
Ronda 128	16 de 4 personas	20
Ronda 96	16 de 4 personas	20
Ronda 64	16 de 4 personas	20
Ronda 32	8 de 4 personas	20
Ronda 16	8 de 2 personas	20
Cuartos de final	4 de 2 personas	20
Semifinales	2 de 2 personas	25
Final	1 de 2 personas	30

**Nota:** Adaptado del reglamento de la World Surf League (WSL, 2019).

Estas competiciones se deben realizar durante un periodo de 3 días como máximo. Como se puede observar en la tabla 3, pueden competir un mínimo de 96 surfistas (inicio en la ronda 96) y un máximo de 160 surfistas. No todos los surfistas empiezan en la primera ronda dado que los surfistas que tienen una puntuación elevada en competiciones o temporadas anteriores pueden optar a no realizar las primeras rondas. En el caso de que la competición se realice con el mínimo de surfistas, las rondas podrán prolongarse a 25 minutos en vez de 20 (WSL, 2019).

En este tipo de competiciones, del máximo de 160 surfistas inscritos compiten en la primera ronda (Ronda 160) los 64 con peor ranking. De estos, solo 32 avanzan a la segunda ronda (Ronda 144) y en ella se les añaden los siguientes 32 surfistas peor clasificados en el ranking. Este sistema de competición se repite hasta que solo queden un máximo de 64 surfistas (Ronda 64), donde se sigue el esquema clásico de eliminaciones hasta llegar a la final (WSL, 2019).

**Tabla 4**  
**Sistema de competición en campeonatos 6000 puntos**

<b>Formato B</b>		
<b>Mangas (heat)</b>	<b>Número de mangas por ronda</b>	<b>Tiempo en minutos</b>
Ronda 144	24 de 4 personas	25
Ronda 96	24 de 4 personas	25
Ronda 48	12 de 4 personas	25
Ronda 24	8 de 3 personas	25
Ronda 16	8 de 2 personas	25
Cuartos de final	4 de 2 personas	25
Semifinales	2 de 2 personas	25
Final	1 de 2 personas	35

**Nota:** Adaptado del reglamento de la World Surf League (WSL, 2019).

Las competiciones de 6000 puntos se llevarán a cabo durante 5 días con 144 surfistas con la estructura de competición que se puede observar en la tabla 4; dado que son las competiciones más demandadas tendrán una cantidad fija de surfistas y solo podrán entrar por clasificación previa, es decir, para poder realizar estas competiciones tendrán que haberse clasificado anteriormente en competiciones de menor puntuación (1000, 1500 o 3000 puntos). Y al igual que en las competiciones de menor puntuación, los surfistas que han obtenido puntuaciones altas en las temporadas anteriores tienen la oportunidad de comenzar la competición sin realizar la primera ronda, siempre y cuando al hacer la inscripción lo realicen con esa condición (WSL, 2019).

En este tipo de competiciones, del máximo de 144 surfistas inscritos compiten en la primera ronda (Ronda 144) los 96 con peor ranking. De estos, solo 48 avanzan a la segunda ronda (Ronda 96) y en ella se les añaden los siguientes 48 surfistas peor clasificados en el ranking. A partir de aquí, se sigue el esquema clásico de eliminaciones hasta llegar a la final (WSL, 2019).

**Tabla 5**  
**Sistema de competición en campeonatos 10000 puntos**

<b>Formato A</b>		
<b>Mangas (heat)</b>	<b>Número de mangas por ronda</b>	<b>Tiempo en minutos</b>
Ronda 112	8 de 4 personas	30
Ronda 96	24 de 4 personas	30
Ronda 48	12 de 4 personas	30
Ronda 24	8 de 3 personas	30
Ronda 16	8 de 2 personas	30
Cuartos de final	4 de 2 personas	30
Semifinales	2 de 2 personas	30
Final	1 de 2 personas	35

**Nota:** Adaptado del reglamento de la World Surf League (WSL, 2019)

En las competiciones de 10000 puntos se sigue un sistema de exclusividad por ser los campeonatos en los que más puntos se pueden lograr. Se tendrán en cuenta los logros de años anteriores para asegurarse la plaza en este tipo de competiciones y/o por los puntos obtenidos la misma temporada, y los que obtengan los puntos suficientes podrán empezar la competición sin realizar las primeras rondas siempre y cuando estén en una buena posición en el ranking (WSL, 2019). Como se indica en la tabla 5, en este tipo de competiciones participarán 112 surfistas y tendrán un total de 6 días para realizar la competición (WSL, 2019).

En este tipo de competiciones, del máximo de 112 surfistas inscritos compiten en la primera ronda (Ronda 112) los 32 con peor ranking. De estos, solo 16 avanzan a la segunda ronda (Ronda 96) y en ella se les añaden los 80 surfistas restantes. A partir de aquí, se sigue el esquema clásico de eliminaciones hasta llegar a la final (WSL, 2019).

En resumen, los campeonatos varían según el número de surfistas, de rondas (round) y de mangas (o "heat") a realizar en cada competición, además de que la duración en cada manga puede ser diferente (ASP, 2013; WSL, 2019).

Las mangas en los campeonatos tienen una duración de 20 a 35 minutos y, dependiendo del día, un mismo surfista puede realizar hasta 6 mangas (WSL, 2019). Esto supone que el surfista debe tener una buena condición aeróbica para reducir la fatiga y afrontar esas

situaciones en las mejores condiciones físicas posibles (Cámara et al., 2011; Fernández-López et al., 2012; Lowdon, 1989).

## 1.4. Fisiología del surf

El éxito en los campeonatos viene dado más por la técnica y la ejecución de maniobras que por aspectos fisiológicos (Barlow, Findlay et al., 2014; Cámara et al., 2011; Everline, 2007; Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010b; Méndez-Villanueva et al., 2006; Méndez-Villanueva et al., 2010; Méndez-Villanueva et al., 2005; Sheppard & Chapman, 2012). Pese a ello, los aspectos fisiológicos son muy importantes a la hora de entender esta práctica y de conseguir mejorar la condición de los surfistas para poder ejecutar las maniobras, evitando un excesivo cansancio al no dejarles realizarlas con la mayor contundencia posible (Cámara et al., 2011; Farley, 2012; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005).

Fisiológicamente, la actividad que se desarrolla en el surf se puede catalogar como intermitente de alta intensidad, en la que se alternan acciones de alta intensidad con acciones de baja intensidad (Girard et al., 2011a; Loveless & Minahan, 2010b; Méndez-Villanueva et al., 2006b; Méndez-Villanueva et al., 2006; Méndez-Villanueva et al., 2005).

Estas acciones se caracterizan por esfuerzos máximos o casi máximos de menos de 10 segundos con periodos de recuperación incompletos, normalmente durante un periodo relativamente largo como ocurre en la mayoría de deportes de equipo como el fútbol o balonmano y en algunos individuales como el tenis o bádminton (Méndez-Villanueva et al., 2006a). En este tipo de deportes la capacidad de repetir esprints a muy alta intensidad, es decir, la habilidad que tiene el deportista para realizar esprints repetidos -conocida en la bibliografía como *repeated sprint ability* (RSA)- puede ser determinante para el rendimiento. Aun así, se debe tener en cuenta que no es el único factor limitante del rendimiento, ya que los aspectos técnico-tácticos y/o coordinativos cobran también una gran importancia (Girard et al., 2011a; Méndez-Villanueva et al., 2006a).

La fatiga durante este tipo de actividades se suele desarrollar rápidamente después del primer esprint. No hay un único mecanismo global responsable para todas las manifestaciones de la fatiga (Girard et al., 2011a; Spencer et al., 2005) y algunos autores han indicado que la fatiga inducida con los esprints realizados de forma repetitiva puede afectar directamente de manera negativa a los aspectos técnicos (Méndez-Villanueva et al., 2006a).

Es una fatiga causada por una inadecuada acción del córtex motor, factores neurales y por la acumulación de metabolitos dentro de las fibras musculares (Girard et al., 2011a).

Se diferencian dos tipos de ejercicio intermitente:

1. Esprints intermitentes (*Intermittent-sprint*), cuando la duración del esprint es menor de 10 segundos y la recuperación es de 60-300 segundos (Duffield et al., 2009; Ekblom et al., 1999; Girard et al., 2011a).
2. Ejercicio de esprints repetidos (*Repeated-sprint exercise, RSE*), cuando la duración del esprint es menor de 10 segundos y la recuperación es menor de 60 segundos (Balsom et al., 1992; Duffield et al., 2009; Girard et al., 2011a).

El grado de fatiga experimentado durante el RSE está muy condicionado por detalles de la tarea a ejecutar, es decir, la dependencia de tareas. Por ejemplo, la resistencia a la fatiga durante el RSE es directamente dependiente de la modalidad de ejercicio (Girard et al., 2011a; Girard et al., 2011b).

La fatiga en la resistencia durante el RSE depende de la distribución y la duración de los períodos de trabajo y el patrón de recuperación (Girard et al., 2011a, 2011b; Glaister, 2005; Méndez-Villanueva et al., 2006a). Es decir, la duración y la intensidad de los periodos de esfuerzo, pero también la recuperación entre esprints (Girard et al., 2011b, 2011a; Glaister, 2005; Méndez-Villanueva et al., 2006b).

Los periodos de descanso varían en duración y en el tipo de recuperación y pueden ser activos o pasivos. En la recuperación, el deportista elige la intensidad dependiendo de la táctica que emplea durante la acción (Girard et al., 2011a; Méndez-Villanueva et al., 2006a; Spencer et al., 2005).

Girard et al., (2011a) han sugerido que el RSE están limitados por varios factores:

### **1.4.1. Factores musculares**

La musculatura parece actuar como una unidad independiente, aunque es mucho más complejo que eso (Wilmore & Costill, 2004). El músculo esquelético, mediante las contracciones musculares, es el principal responsable de generar el movimiento en los seres humanos. Estas contracciones variarán en la producción de fuerza y el gasto energético en función de la musculatura activada para generar dicho movimiento,

dependiendo de los tipos de fibras que se contraigan, influido directamente por la estructura, cantidad y composición de estas fibras (Hall, 2016). Girard y colaboradores (2011) indican que la excitación muscular, las limitaciones en el suministro energético y la acumulación de metabolitos pueden ser algunos de los factores musculares que pueden limitar los RSE.

#### **1.4.1.1. Excitación muscular**

La excitación muscular es el fenómeno que genera la contracción muscular. Está formada por eventos eléctricos que ocurren en la membrana plasmática, segregando acetilcolina a la unión neuromuscular y creando la despolarización mediante las bombas de sodio y potasio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ). Estas bombas posibilitarán la liberación de calcio, permitiendo la unión con la troponina y descubriendo el lugar para que pueda acoplarse la actina. Una vez acoplada la actina en el complejo, posibilita la unión de la miosina generando la contracción muscular (Billat, 2002).

La fatiga en el RSE puede influir en varios procesos de la excitación muscular como se muestra en la tabla 6 (Girard et al., 2011a).

Dado que la mayor parte de nuestro conocimiento hasta la fecha se ha obtenido a partir de los estudios in vitro, todavía no está claro si estas alteraciones iónicas inciden directamente en la fatiga durante el RSE (Girard et al., 2011a).

#### **1.4.1.2. Limitaciones en el suministro energético**

A la hora de realizar cualquier actividad física se tiene un gasto energético que puede proceder de diferentes vías metabólicas, variando la cantidad de energía que se obtiene teniendo en cuenta la intensidad y el volumen de dicha actividad (Hall, 2016).

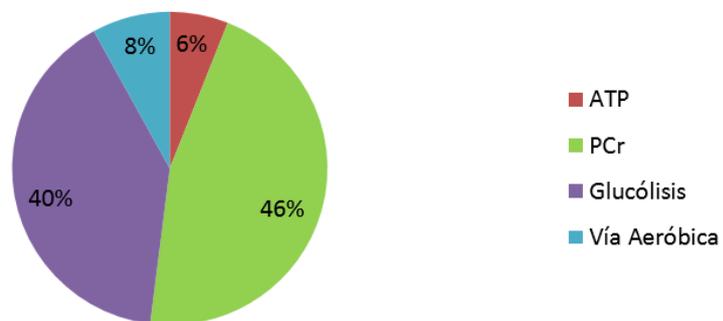
- *ATP y PCr*

La fosfocreatina representa la reserva inmediata para la refosforilación del trifosfato de adenosina (ATP). Como consecuencia de ello, la fosfocreatina es particularmente importante durante el RSE, donde se necesita un índice alto de ATP y la re-síntesis cobra especial importancia como se ha indicado en la tabla 6 (Gaitanos et al., 1993; Girard et al., 2011a; Méndez-Villanueva et al., 2006a; Soderlund & Hultman, 1991).

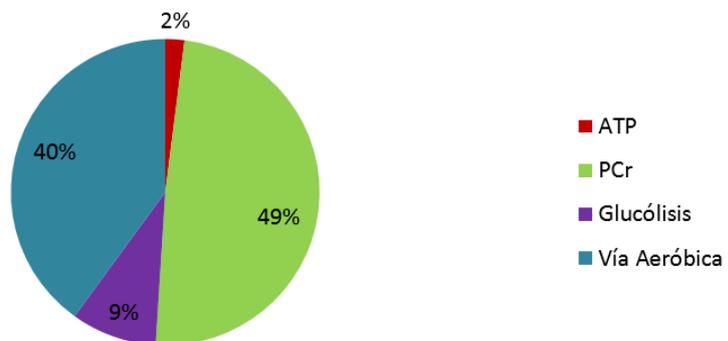
- *Glucólisis anaeróbica*

La liberación energética a la hora de realizar cualquier actividad física puede proceder de diferentes vías metabólicas. La glucólisis anaeróbica es una de ellas, en la que el organismo no dispone de oxígeno suficiente para realizar la fosforilación oxidativa. La glucólisis descompone la glucosa mediante unas reacciones químicas obteniendo energía y ácido pirúvico sin la necesidad del oxígeno (Hall, 2016).

### Primer Sprint



### Último Sprint



**Figura 1** Aportación energética en el primer sprint y en el último sprint, realizando un RSE de 10x6 segundos con un descanso de 30 segundos entre sprints

**Nota:** ATP = Adonisin trifosfato, PCr = Fosfocreatina.

**Fuente:** Adaptado de "Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue." por Girard, O., Bishop, D., & Méndez-Villanueva, A., 2011a. *Sports Med*, 41(8), p. 681.

Sin embargo, no está claro, si el aumento de la gluconeogénesis conducirá a mejoras en RSA (Bishop et al., 2004; Girard et al., 2011a).

- *Metabolismo oxidativo*

La fosforilación oxidativa es otra de las vías metabólicas para la liberación de energía. En este caso, al contrario que en la glucólisis, la liberación de energía se produce con la presencia del oxígeno en las reacciones químicas (Billat, 2002).

Por otra parte, al realizar RSE el deportista puede alcanzar su  $VO_2\text{max}$  en los últimos esprints. Esto sugiere que la aportación aeróbica también puede estar limitada por el  $VO_2\text{max}$  en este tipo de esfuerzos (Girard et al., 2011a), lo que puede explicar por qué los sujetos con un mayor  $VO_2\text{max}$  son más capaces de mantener la potencia en el tiempo de esprint durante un RSE (Bishop & Edge, 2006; Bishop & Spencer, 2004; Jones et al., 2013; Rampinini et al., 2009).

La ausencia de correlaciones significativas entre el  $VO_2\text{max}$  y la *repeated sprint ability* (RSA) también puede estar relacionada con la creencia de que el principal factor que limita el  $VO_2\text{max}$  es la capacidad del sistema cardiorrespiratorio para entregar el oxígeno ( $O_2$ ) a los músculos activos, haciendo referencia a los factores centrales, mientras que la RSA puede estar limitada principalmente por las alteraciones musculares, es decir, los factores periféricos (Girard et al., 2011a).

### **1.4.1.3. Acumulación de metabolitos**

La actividad física requiere una liberación de energía superior a la de reposo mediante diferentes vías metabólicas (Mcardle et al., 2011). Estas vías, para producir dichas liberaciones energéticas, se componen de reacciones químicas que pueden provocar una acumulación de metabolitos (Billat, 2002). Algunos de estos metabolitos pueden entorpecer los procesos metabólicos y por consiguiente afectar a la liberación de energía, pudiendo provocar un descenso de la intensidad de la actividad física (Chicharro & Vaquero, 2006).

Sin embargo, la acidificación como una causa directa de la fatiga muscular ha sido cuestionada por al menos tres razones:

1. El curso temporal de la recuperación de la fuerza/potencia después de un intenso trabajo es mucho más rápido que el del pH.

2. Las acciones de alta potencia no han obtenido altas concentraciones de ácido láctico.
3. La ingesta de bicarbonato de sodio, conocido para aumentar capacidad de "buffering" extra-celular, en algunos casos, ha informado que no tiene ningún efecto sobre el rendimiento en la RSA (Girard et al., 2011a; Matsuura et al., 2007; Méndez-Villanueva et al., 2006a).

Por lo tanto, todavía se necesita más investigación para clarificar los efectos de la acumulación de H<sup>+</sup> en la etiología de la fatiga durante el RSE (Girard et al., 2011a; Méndez-Villanueva et al., 2006a).

Existe una evidencia indirecta de que los fosfatos inorgánicos pueden deteriorar el acoplamiento excitación-contracción, es decir, los mecanismos que vinculan la despolarización del sarcolema a la liberación de calcio pueden contribuir a la fatiga durante RSE (Girard et al., 2011a; Vøllestad, 1997).

Se ha observado que en un estado de fatiga después de realizar RSE en algunos músculos de la periferia, como por ejemplo los flexores plantares y extensores de rodilla, la fuerza pico en la contracción ha sido menor (Girard et al., 2011a; Racinais et al., 2007).

**Tabla 6**  
**Factores musculares que pueden afectar a la fatiga en RSE**

<b>Excitación muscular</b>	Se ha sugerido que en este tipo de ejercicios haya un descenso del impulso neural, causado por una alteración en la bomba de Na <sup>-</sup> /K <sup>+</sup> , la cual perjudica la excitación de la membrana celular e indirectamente causa una reducción en la amplitud del potencial de acción (Clausen et al., 1998; Fraser et al., 2002; Girard et al., 2011a; Spencer et al., 2005).
<b>Limitaciones del suministro energético</b>	<p>El aporte energético por la vía de los fosfatos depende del tipo de fibras que predominen en el esfuerzo realizado, siendo superior al utilizar las fibras rápidas (Karatzaferi et al., 2001; Saltin &amp; Gollnick, 1983). En ejercicios de tipo RSE, la depleción de fosfocreatina en esas fibras podría estar relacionada con la incapacidad para mantener la intensidad al realizar esprints repetidos (Karatzaferi et al., 2001; Soderlund &amp; Hultman, 1991).</p> <p>ATP PCr Como los tiempos de recuperación durante RSE no exceden de 60 segundos, las reservas de ATP/fosfocreatina sólo podrán ser parcialmente restauradas antes de realizar otro esprint, pudiendo disminuir el rendimiento en los demás esprints (Karatzaferi et al., 2001).</p> <p>Y las reservas después de un esfuerzo supramáximo realizando esprints repetidos de 6 segundos puede reducirse alrededor del 35-55% y la recuperación completa de las reservas de fosfocreatina puede requerir más de 5 minutos (Gaitanos et al., 1993; Soderlund &amp; Hultman, 1991).</p>
	<p>Glucólisis En un esprint de 6 segundos el aporte de esta vía energética es aproximadamente de un 40% con una inhibición progresiva de la glucólisis cuando los esprints se repiten, observando un descenso que llega hasta un 9% después de realizar 10 esprints con un descanso de 30 segundos entre esprints como se puede observar en la Figura 1 (Gaitanos et al., 1993).</p>
	<p>Metabolismo oxidativo La contribución de la fosforilación oxidativa en el primer esprint es limitada, menor del 10% (McGawley &amp; Bishop, 2008; Parolin et al., 1999). A medida que se repiten los esprints, el nivel de aportación aeróbica de ATP aumenta progresivamente, de tal manera que el metabolismo aeróbico puede aportar hasta un 40% del total de energía en los esprints finales de un RSE (McGawley &amp; Bishop, 2008).</p>
<b>Acumulación de metabolitos</b>	Los considerables aumentos de iones de hidrógeno (H <sup>+</sup> ) en el músculo y en la sangre que se producen durante RSE puede disminuir el rendimiento en este tipo de ejercicios, afectando a la capacidad contráctil y/o a la inhibición del ATP derivado de la glucólisis (Spriet et al., 1989). Este aumento de H <sup>+</sup> produce una acidosis alterando el potencial de hidrógeno pH y a su vez incidiendo en la contracción muscular (Hall 2016).

**Fuente:** Adaptado de Girard, O., Bishop, D., & Méndez-Villanueva, A. (2011a). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8).

### 1.4.2. Factores neurales

Otro de los factores que puede afectar a los RSE son los factores neurales (Girard et al., 2011a). Para que el músculo se contraiga se necesita una transmisión nerviosa a la unión neuromuscular (Hall, 2016). La fatiga puede producir un descenso en esa transmisión

nerviosa al realizar actividades musculares prolongadas (Bishop, Jones, & Woods, 2008; Ratel et al., 2015) y de esa manera afectar a la capacidad del músculo esquelético disminuyendo la fuerza y la potencia que producen al realizar el movimiento requerido (Méndez-Villanueva et al., 2008; Ratel et al., 2015).

#### **1.4.2.1. Conducción neural**

Los ejercicios que se realizan a máxima velocidad están caracterizados por un alto impulso neural (Ross et al., 2011).

Como se ha observado en la tabla 7 hay un descenso de la actividad motora, los mecanismos que conducen a una disminución en el RSE todavía no se entienden bien (Girard et al., 2011a; Méndez-Villanueva et al., 2006b). Sin embargo, se ha propuesto que el sistema nervioso central (SNC) recibe información sensorial desde los aferentes musculares, por ejemplo, husos musculares, órganos tendinosos de Golgi y las terminaciones nerviosas libres de los grupos III y IV. Estos se incorporan en la determinación de la unidad neuronal central, ajustando la tasa de fatiga intramuscular relacionada con la acumulación de metabolitos (por ejemplo, H<sup>+</sup> y fosfato), con el fin de evitar el desarrollo de la fatiga periférica más allá de un umbral individual determinado (Amann & Dempsey, 2008).

#### **1.4.2.2. Estrategias de reclutamiento del músculo**

Las estrategias de reclutamiento del músculo podrían ser un factor neural añadido que afecte a la fatiga en este tipo de ejercicios (Billaut et al., 2005; Girard et al., 2011a).

Como se ha mostrado en la tabla 7 parece que la adaptación que obtienen al entrenar este tipo de ejercicios tiene que ver con la coordinación intermuscular realizando la tarea de manera más eficiente, ya que el músculo antagonista parece tener una menor activación (Girard et al., 2011a; Hautier et al., 2000).

**Tabla 7**  
**Factores neurales que pueden afectar a la fatiga en RSE**

Conducción neural	<p>Mediante el electromiograma se ha observado que en esprints repetidos no se activa completamente el músculo cuando la fatiga produce un descenso del 10% en el rendimiento en este tipo de acciones (Méndez-Villanueva et al., 2008).</p> <p>Esto sugiere que, en condiciones de fatiga considerables, hay una incapacidad de activar totalmente el músculo para la contracción, lo que puede ser un factor importante que contribuya a la fatiga durante un RSE.</p> <p>En el RSE, se sabe que la activación del músculo influye en el control sensorio-motor de la fuerza en condiciones de fatiga (Missenard et al., 2009), que a su vez puede afectar negativamente a la calidad específica de las habilidades deportivas y, potencialmente, aumentar el riesgo de lesión (Kibler &amp; Safran, 2000).</p>
Estrategias de reclutamiento	<p>La estrategia consistiría en una menor activación de músculos antagonistas tras la fatiga, pudiendo interpretar esa menor activación como una adaptación de la coordinación intermuscular y realizar la acción de manera más eficiente. Se cree que, de esa manera, disminuye el reclutamiento de fibras y se consigue una conducción más rápida para realizar la contracción muscular (Hautier et al., 2000).</p>

**Fuente:** Adaptado de Girard, O., Bishop, D., & Méndez-Villanueva, A. (2011a). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8).

## 1.5. Análisis de las variables físicas y fisiológicas del surf

El surf se puede definir como un deporte de riesgo debido a distintas variables como son las corrientes del mar, aspiraciones del agua, condiciones del mar y colisiones con el material, rocas, coral y otros surfistas (Barlow, Gresty et al., 2014; Everline, 2007; Loveless & Minahan, 2010a).

Este deporte está teniendo un importante crecimiento en estos últimos años gracias a los medios de comunicación y al gran atractivo que desprende este deporte (Butt, 2004; Everline, 2007; Kampion & Brown, 1997; Loveless, 2009; Loveless & Minahan, 2010a).

Los autores proponen diferentes mediciones para obtener datos sobre los surfistas y sus capacidades teniendo en cuenta las diferentes fases y características del surf. Entre otras señalamos:

- La **antropometría** y **composición corporal**, especialmente por las diferencias entre surfistas de alto nivel y aficionados, pero también por las variables que se han relacionado con una mejor posición en el ranking (Barlow et al., 2014; Fernández-López et al., 2012; Lowdon, 1980; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Méndez-Villanueva et al., 2005; Sheppard & Chapman, 2012).
- La evaluación de las **capacidades aeróbicas** como los valores de los umbrales anaeróbicos (Méndez-Villanueva et al., 2005; Barlow & Gresty, 2015) o la potencia pico alcanzada en un test incremental (Barlow & Gresty, 2015; O. Farley, 2012; Loveless, 2009; Loveless & Minahan, 2010a; Lowdon, 1983; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Tran, Lundgren et al., 2015). También se ha correlacionado el VO<sub>2</sub>max con el ranking, siendo los surfistas de mayor nivel los que poseen un mayor consumo máximo de oxígeno (Furness et al., 2018; Loveless & Minahan, 2010a; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; O. Farley, 2012).
- La evaluación de las **capacidades anaeróbicas** a través un test de 15 metros en piscina (Farley et al., 2016; Secomb et al., 2013; Tran, Lundgren et al., 2015), o realizando un test de 10 segundos a máxima intensidad en un ergómetro modificado para surfistas (Furness et al., 2018; Loveless, 2009). Una vez más, se encontraron diferencias significativas entre los surfistas de mayor y menor nivel.

### 1.5.1. Valoración de las sesiones del surf

En el surf se puede observar que las acciones de remada hacia la rompiente y la remada para coger la ola se dan de forma repetida, en muchas ocasiones en periodos breves del tiempo, por lo que la participación de los sistemas aeróbicos y anaeróbicos es crucial para realizar esta práctica (Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010b; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005). Hasta la fecha se observan 3 diferentes acciones a la hora de evaluar a los surfistas y sus capacidades:

- **La remada:**

Podemos distinguir dos tipos, a) la remada hacia la rompiente o para cambiar de posición, de baja intensidad y b) la remada para coger la ola, acción de alta intensidad.

Al ser la remada hacia la rompiente de baja intensidad, para analizarla se han realizado pruebas que valoren las capacidades aeróbicas (Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010a; Lowdon, 1989; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Méndez-Villanueva et al., 2005). Y para el análisis de la remada de alta intensidad, se han estudiado la potencia de remada en un test de 10 segundos "all out" en un ergómetro modificado para surfistas (Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010b) y la velocidad de desplazamiento en un test de 15 metros realizado en piscina (Sheppard & Chapman, 2012).

- **Puesta en pie o "pop up":**

Es la acción que permite a los surfistas tener más o menos tiempo para realizar las maniobras, dependiendo de la velocidad a la que se realiza. Eurich et al. (2010) sugieren realizar programas de entrenamiento específico para poder aumentar el tiempo invertido en surfear y reducir el que se invierte en la puesta en pie.

- **Surfear:**

Esta fase es evaluada subjetivamente por jueces y entrenadores, con el criterio principal de realizar maniobras radicales de manera controlada, con velocidad, potencia y fluidez (ASP, 2013; WSL, 2019).

Las sesiones de entrenamiento o las que realizan los surfistas en su tiempo de ocio suelen ser de 1 a 2 horas, en las que los surfistas intentan coger el máximo de olas posibles para disfrutar de este deporte (Farley et al., 2012; Loveless, 2009; Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Secomb et al., 2015b).

En el surf recreativo (*free surf*) y en el de competición se pueden analizar las demandas fisiológicas mediante el análisis del tiempo invertido en diferentes acciones y el registro de la FC durante la sesión. Según los estudios realizados

hasta la fecha, distintos autores han sugerido que dichas demandas fisiológicas son parecidas para ambos grupos (Farley et al., 2012; Secomb et al., 2015b).

**Tabla 8**  
**Estudios del tiempo empleado en las fases del surf**

Surf	Estudios	Fases	% de las diferentes acciones
<b>Recreativo de 1 hora</b>	Meir et al. (1991)	Remar hasta la rompiente Remada para coger la ola Surfear Estacionamiento	Tiempo de remada total 44%. Tiempo total de estacionamiento 35% Tiempo total de surfear 5%
<b>Recreativo de 1 hora</b>	Méndez-Villanueva et al. (2006)	Remar Surfear Estacionamiento Otros	Tiempo de remada total 51,4%. Tiempo total de estacionamiento 42,5% Tiempo total de surfear 3,8% Otros 2,2%
<b>Recreativo de 2 horas</b>	Secomb, Sheppard, & Dascombe (2015)	Remada (tres tipos) Estacionamiento Surfear (wave ridding) Recogida de tabla	Remana 42,6% ± 9,9% se divide en tres tipos de remada: 1. Remada esprint para coger la ola 4,1 % ± 1,2% 2. Remada para volver a la rompiente 20,9% ± 10,2% 3. Remada general 17,6 ± 5,9 Estacionamiento 52,8% ± 12,4% Surfear (wave ridding) 2,5% ± 1,9% Recogida de tabla 2,1% ± 1,7%
<b>Surf competitivo</b>	Farley et al., (2012)	Remada Estacionamiento Surfear Remada para coger la ola	Remada 54 ± 6,3% Estacionamiento 28 ± 6,9% Surfear (wave riding) 8 ± 2% Remada para coger la ola 4 ± 1,5%

El surf tiene una variedad de acciones en las que se pueden observar diferentes intensidades y la participación de diferentes grupos musculares, diferencia las acciones de reamada, puesta en pie y las maniobras específicas del deporte en cuestión (Eurich et al., 2010; Everline, 2007; Farley et al., 2016; Secomb et al., 2013; Secomb et al., 2015a). La tabla 8 recoge diferentes estudios donde se ha trabajado toda esta variabilidad.

El tiempo invertido en los dos tipos de remada es diferente:

- a) En la remada hacia la rompiente, los surfistas deben hacer frente al oleaje haciendo el pato (dentro de otras fases según Farley et al., 2012), cruzar corrientes y realizar cambios de posiciones. Este tipo de remada es un esfuerzo de larga duración, baja intensidad, continuo y que ocupa

aproximadamente el 44%-54% del tiempo (Farley, 2011; Lowdon, 1989; Méndez-Villanueva et al., 2006).

- b) La remada explosiva para poder coger la ola, sin embargo, es un esfuerzo de corta duración, de alta intensidad y carácter discontinuo que ocupa aproximadamente un 4% del tiempo total, por lo que los surfistas requieren una gran potencia de los miembros superiores, además de resistencia muscular, resistencia cardiorrespiratoria y capacidad de recuperación (Cámara et al., 2011; Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010b; Lowdon, 1983; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005).

Al comparar las diferencias entre las sesiones del surf recreativo y el surf de competición se pueden observar diferencias en el tiempo invertido en cada fase.

**Tabla 9**  
Diferencias en el tiempo invertido en cada acción al surfear en competición en una sesión de "free surf"

Fases	Recreativo (% tiempo total)	Competitivo (% tiempo total)
Remada	42,6 ± 9,9	54 ± 6,3
Remada para coger la ola	4,1 ± 1,2	4 ± 1,5
Estacionamiento	52,8 ± 12,4	28 ± 6,9
Surfear (Wave riding)	2,5 ± 1,9	8 ± 2,0
Otros (recoger la tabla, ...)	2,1 ± 1,7	3 ± 1,5

**Nota:** Tabla creada según los datos analizados por Farley et al., (2012) y Secomb et al. (2015b).

En la tabla 9 se pueden ver las diferencias que hay entre una sesión en competición y una sesión de "free surf". En la remada, se observan valores más elevados en el surf de competición respecto al recreativo, con un 54 ± 6,3% y un 42,6 ± 9,9% respectivamente (Farley et al., 2012).

En la remada para coger la ola se observa una mínima diferencia de 0,1 puntos porcentuales, por lo que no parece haber diferencias en esta fase (Secomb et al., 2015b).

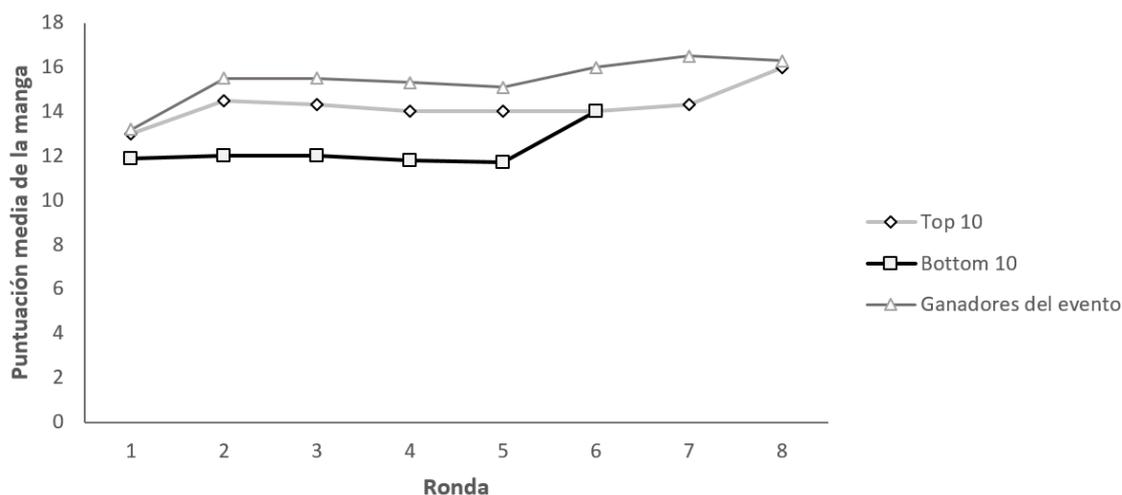
En el estacionamiento, fase en la que el surfista está esperando para coger la siguiente ola, se observa que en el surf competitivo se emplea mucho menos tiempo (solo un 28 ± 6,9%, respecto al 52,8 ± 12,4% en el surf recreativo) (Farley et al., 2012; Secomb et al., 2015b).

Al surfear, una vez hecha la puesta en pie o el "pop-up" hasta finalizar la ola, el tiempo invertido en el surf competitivo respecto al tiempo total de la sesión de dos horas es de  $8 \pm 2\%$ , y en el surf recreativo de un  $2,5 \pm 1,9\%$ . En esta fase, se observan los picos más altos en la frecuencia cardiaca. Así mismo, en competición se ha observado que el tiempo que pasan en la fase de remada es mayor en comparación con las sesiones recreativas, por lo que los autores sugieren que el surf competitivo parece ser de mayor intensidad que el recreativo por el hecho de estar más tiempo en las fases de remada y de surfear (Secomb et al., 2015b).

De igual modo, se han estudiado las maniobras y puntuaciones de las olas en la fase de surfear, pero únicamente con surfistas de competición (Farley et al., 2015; Forsyth et al., 2017; Lundgren et al., 2014). Farley y colaboradores (2015), realizaron un estudio con los 32 surfistas que pertenecían al World Championship Tour (WCT). Como se aprecia en la figura 2, al finalizar la temporada compararon a los 10 mejores surfistas y a los 10 peores del circuito, analizando hasta qué ronda llegaban, qué puntuaciones obtenían por ola y qué puntuación total tenían en cada ronda. El objetivo de la investigación fue analizar las puntuaciones obtenidas en las olas y en las rondas a superar en las competiciones (Farley et al., 2015).

Los 10 primeros obtenían una media de  $7,01 \pm 1,93$  puntos por ola y los 10 surfistas de peor ranking una media de  $5,97 \pm 2,13$  puntos, lo que supone una diferencia del 14,7% en la puntuación total de la manga (Farley et al., 2015). Además, y como se observa en la figura 2, a medida que los surfistas superaban las rondas sus puntuaciones eran más altas (Farley et al., 2015).

Estos investigadores también analizaron la desviación estándar entre los surfistas de mayor nivel ( $SD = 1,93$ ) y de menor nivel ( $SD = 2,13$ ). Esto implica que los surfistas de mayor nivel tienen menor variabilidad en sus resultados que los de menor nivel, lo que implica mayor consistencia en sus resultados (Farley et al., 2015).



**Figura 2** Media de las puntuaciones totales de la ronda en los 10 eventos del WCT

**Fuente:** Adaptado de "Scoring analysis of the men's 2013 world championship tour of surfing." por Farley, Raymond, E.I, Secomb, J.L., Ferrier, B., Lundgren, L.E., Tran, T.T., ... Sheppard, J.M. , 2015. *IJARE*, 9(1), p. 44.

Otro estudio, también realizado en el circuito del WCT, se centró en el tipo de maniobras y puntuaciones conseguidas en la ola según las maniobras que los surfistas realizaban. Los autores observaron que un 34% de las olas que se surfeaban se realizaban dando la espalda a la ola (técnica denominada "back side") y un 66% dando la cara a la ola ("front side"). Por otro lado, clasificaron las maniobras en 3 grandes grupos: giros, maniobras aéreas y tubos. La tasa de terminación de todas las maniobras en competición fue de un 81%, pero observaron que el porcentaje de acabar una maniobra aérea con éxito era de un 49% y de realizar un tubo con éxito era de un 58%, considerándolas las maniobras de mayor riesgo (Lundgren et al., 2014), tal y como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**  
Tipo de olas, % de éxito de maniobras y puntuación media por maniobras

Tipo de olas	% de maniobras acabadas con éxito	Puntuación media por maniobra
Todas las olas	81	3,58 ± 2,58
Olas sin aéreos o tubos	86,4	2,12 ± 1,18
Uno o más aéreos en la ola	58	3,24 ± 2,51
Uno o más tubos en la ola	49	5,65 ± 2,56

**Fuente:** Modificado de "Analysis of Maneuvers and Scoring in Competitive Surfing." por Lundgren, L.E., Newton, R.U., Tran, T., Dunn, M., Nimphius, S., & Sheppard, J.M., 2014. *Int J Sports Sci Coach*, 9(4), p. 665.

## 1.5.2. Valoración de la antropometría y composición corporal

La composición corporal es estudiada en la mayoría de los deportes (Ackland et al., 2003; Chaouachi et al., 2009; Fernández-López et al., 2012; Sheppard & Chapman, 2012), siendo una de las variables que afecta al rendimiento (Ackland et al., 2003; Chaouachi et al., 2009) y que tiene mayor importancia en deportes extremadamente aeróbicos o anaeróbicos (Fleck, 1983).

**Tabla 11**  
Somatotipo en deportes en los que se utiliza sobre todo la parte superior del cuerpo

Estudios	Deporte	Altura (cm)	Masa corporal (kg)	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Rivas et al., (2015)	Triatlón	177 ± 0,07	70,65 ± 6,01	2,18	3,63	2,75
Siders, Lukaski, & Bolonchuk (1993)	Natación	1,81 ± 5,1	76,1 ± 5,0	2,3	3,8	2,8
Carter & Ackland (1994)	Waterpolo Natación de larga distancia	-	-	2,5 2,5	5,3 5,3	2,4 2,3
Lowdon (1980)	Surf internacionales	173 ± 5,9	67 ± 7,2	2,6	5,2	2,6
Fernández-López et al., (2012)	Surf Juniors	174,30 ± 0,07	66,73 ± 5,91	2,20	4,36	3,09
Barlow et al., (2014)	Surf Juniors	173,86 ± 5,72	63,27 ± 7,17	2,18	3,72	3,24
	Surf Profesional	177,28 ± 6,29	78,57 ± 7,17	2,48	5,00	1,03
	Surf nivel intermedio	179 ± 5,41	77,83 ± 9,43	2,79	3,57	2,42

En la tabla 11 se pueden observar diferentes deportes en los que se realizan esfuerzos con los miembros superiores, caracterizados con una fase de remada que se asemeja al estilo de "crawl" en natación (Barlow, Gresty et al., 2014; Carter & Ackland, 1994; Fernández-López et al., 2012; Lowdon, 1980; Rivas et al., 2015; Siders et al., 1993). En estos deportes, se ha observado que la composición corporal puede cambiar entre deportistas y población normal (Ackland et al., 2003).

En el surf parece haber correlaciones, aunque no sean elevadas, entre los resultados obtenidos en competición (ranking) y la composición corporal (Barlow, Findlay et al., 2014). Por otro lado, Hutt et al., 2001 realizaron una clasificación de habilidades técnicas para valorar al surfista, la cual está definida tanto por las características técnicas del surfista como de las olas (Hutt et al., 2001). En la tabla 12 se muestran las correlaciones entre el ranking obtenido en esta clasificación y las características antropométricas de los surfistas.

**Tabla 12**  
**Correlación entre las características antropométricas y composición corporal con el ranking obtenido por los surfistas**

Variables	Correlación
Endomorfia	-0,366**
Mesomorfia	0,442**
Ectomorfia	-0,204
Sumatorio de pliegues (6 pliegues)	-0,274*
Porcentaje de grasa	-0,268*

**Fuente:** Adaptado de "Anthropometric variables and their relationship to performance and ability in male surfers." por Barlow, M.J., Findlay, M., Gresty, K., & Cooke, C., 2014. *Eur J Sport Sci*, 14, p. 5.

**Nota:** \* Significación estadística de la correlación  $p < 0,05$  \*\* Significación estadística de la correlación  $p < 0,01$ .

Parece haber una relación negativa con la endomorfia ( $r = -0,366$   $p < 0,01$ ) y una relación positiva con la mesomorfia ( $r = 0,442$ ;  $p < 0,01$ ). Por otro lado, se observa una correlación negativa respecto a los sumatorios de pliegues ( $r = -0,341$ ;  $p < 0,05$ ) y el porcentaje grasa ( $r = -0,380$ ;  $p < 0,01$ ). En cuanto a los valores de los porcentajes de grasa, en el surf rondan entre el 8 y 12% (Barlow, Findlay et al., 2014). Respecto a los sumatorios de los 6 pliegues, los datos rondan entre 47 y 64 mm sumando los pliegues tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, cuádriceps y gastrocnemio (Barlow, Findlay et al., 2014; Fernández-López et al., 2012; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010).

En otro estudio realizado por Sheppard y Chapman (2012), con otra metodología, se compararon dos grupos de surfistas de competición de diferentes edades: adultos o *seniors* frente a surfistas jóvenes o *juniors*. Tras medir el sumatorio de 7 pliegues (tríceps, subescapular, bíceps, suprailíaco, abdominal, cuádriceps y gastrocnemio), no se hallaron diferencias significativas entre los surfistas seniors ( $64,4 \pm 20,7$  mm) y los juniors ( $69,9 \pm 25,7$  mm).

### 1.5.3. Evaluación de las capacidades aeróbicas en el surf

Para la valoración de las capacidades físicas de los deportistas, los profesionales de la actividad física y el deporte tienen distintos tipos de test. En primer lugar, se debe mencionar que los test pueden ser directos o indirectos. Los directos, normalmente son realizados en el laboratorio para que la medición de las variables esté lo más controlada posible. Las variables a evaluar se registran directamente, es decir, se realiza un test para medir la variable exacta que se quiere registrar. Por ejemplo, si se quiere medir el  $VO_2$ , se realizará con un material específico para calcular esa variable.

Los test indirectos, por el contrario, normalmente se realizan fuera del laboratorio y sirven para realizar estimaciones de una variable concreta mediante la medición de otra variable relacionada. Es decir, para valorar el  $VO_2$  sin medirlo directamente, existen diferentes test. Uno de ellos es el test de Rockport, en el que los sujetos caminan una distancia de 1 milla (1,6 km) a un ritmo autogestionado. Al finalizar, se registran el tiempo invertido, la FC y la masa del sujeto, y con una fórmula validada se realiza la estimación del  $VO_2$  (Haff & Dumke, 2019).

Conocer la capacidad aeróbica de un deportista es importante en la mayoría de los deportes (Billat, 2002; Schwellnus, 2008). Existen diferentes variables que determinan el rendimiento aeróbico, pero las más utilizadas en el ámbito deportivo son el  $VO_{2max}$  y su correspondiente velocidad o potencia (Chicharro & Vaquero, 2006; Haff & Dumke, 2019; Saltin & Calbet, 2006), el umbral aeróbico (Haff & Dumke, 2019; Mcardle et al., 2011) y el umbral anaeróbico (Arratibel et al., 2016; Cheng et al., 1992; Chicharro & Vaquero, 2006). Normalmente, estas variables se valoran en el laboratorio mediante test directos para que las mediciones tengan gran precisión (Haff & Dumke, 2019).

#### 1.5.3.1. Consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y la potencia o velocidad pico

El organismo puede obtener energía de diversos modos, uno de ellos es mediante la presencia del oxígeno (Astrand & Kaare, 1992; Mcardle et al., 1990; Schwellnus, 2008).

Para evaluar la capacidad del organismo para consumir, transportar y procesar el oxígeno se mide el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ). Es el resultado de la difusión de oxígeno a los pulmones, el transporte de oxígeno en sangre y el consumo de oxígeno en los músculos activos (Astrand & Kaare, 1992; Mcardle et al., 1990; Saltin & Calbet, 2006)

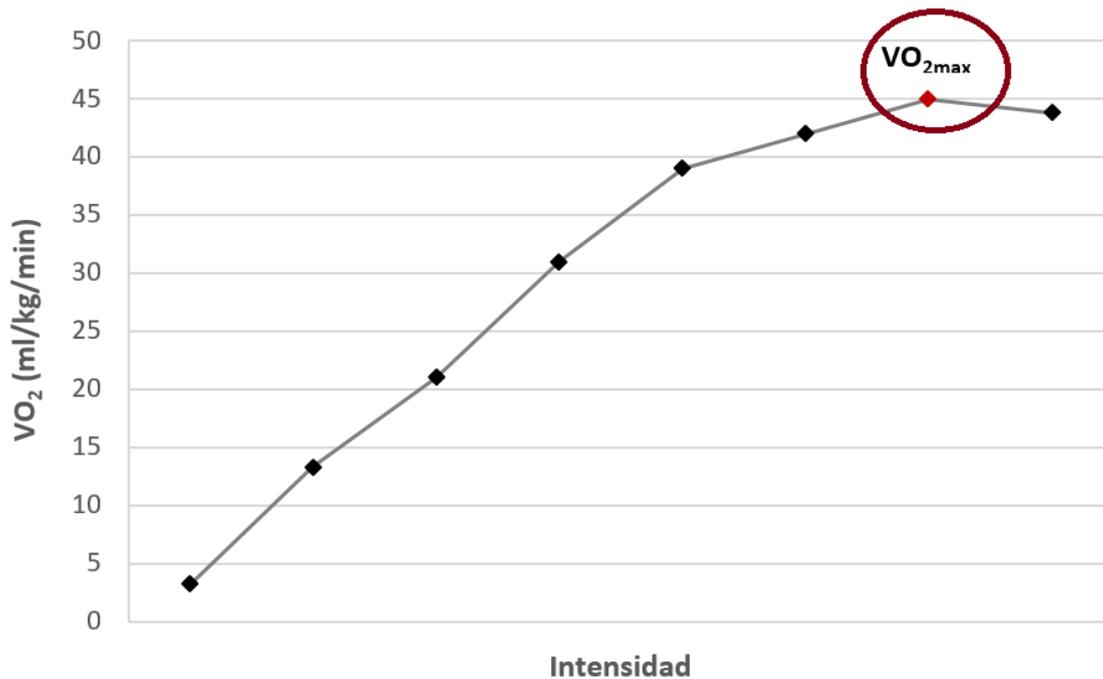
**Tabla 13**  
**Distribución de los deportes respecto al consumo de oxígeno**

<b>Deportes de consumo bajo ( &lt; 40% VO<sub>2</sub>max )</b>	<b>Deportes de consumo moderado ( 40-70% VO<sub>2</sub>max )</b>	<b>Deportes de consumo alto ( &gt; 70% VO<sub>2</sub>max )</b>
Gimnasia	Downhillskiing	Badminton
Artes marciales	Skateboarding	Ski de travesía
Windsurfing	Snowboarding	Field hockey
Billiards	Skateboarding	Orienteering
Bowling	Snowboarding	Racewalking
Cricket	Fútbol americano	Deportes de raqueta/squash
Curling	Skating*	Running (larga distancia)
Golf	Rugby	Fútbol (soccer)
	Running (esprint)	Tenis
	<b>Surfing</b>	
	Natación sincronizada	

**Nota:** Adaptado de "The olympic textbook of medicine in sport." por Schwellnus, M.P., 2008. Oxford: Blackwell Publissehed Ltd., p. 234.

Generalmente, un alto consumo de oxígeno indica una ventaja en los deportes de resistencia como muestra la tabla 13. El VO<sub>2</sub>max está limitado por cuatro factores, 3 factores centrales y 1 factor periférico. Los factores centrales son: sistema pulmonar, gasto cardiaco y la capacidad de transportar el oxígeno por las arterias. El factor periférico hace referencia a la capacidad que tiene el músculo para la extracción de oxígeno; este último factor dependerá de la densidad de las mitocondrias, la capilarización e incremento de las enzimas oxidativas en las mitocondrias (Bassett & Howley, 2000).

El consumo de oxígeno va aumentando linealmente a medida que se aumenta la intensidad del esfuerzo, hasta llegar a un punto en el que el consumo de oxígeno no aumenta, aunque se siga aumentando la intensidad o la velocidad del ejercicio (Astrand & Kaare, 1992; Ekblom, 1969; Mcardle et al., 2011). La intensidad en la que se observa que el consumo de oxígeno no aumenta se considera el consumo máximo de oxígeno como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3** Consumo de oxígeno y aumento de la intensidad

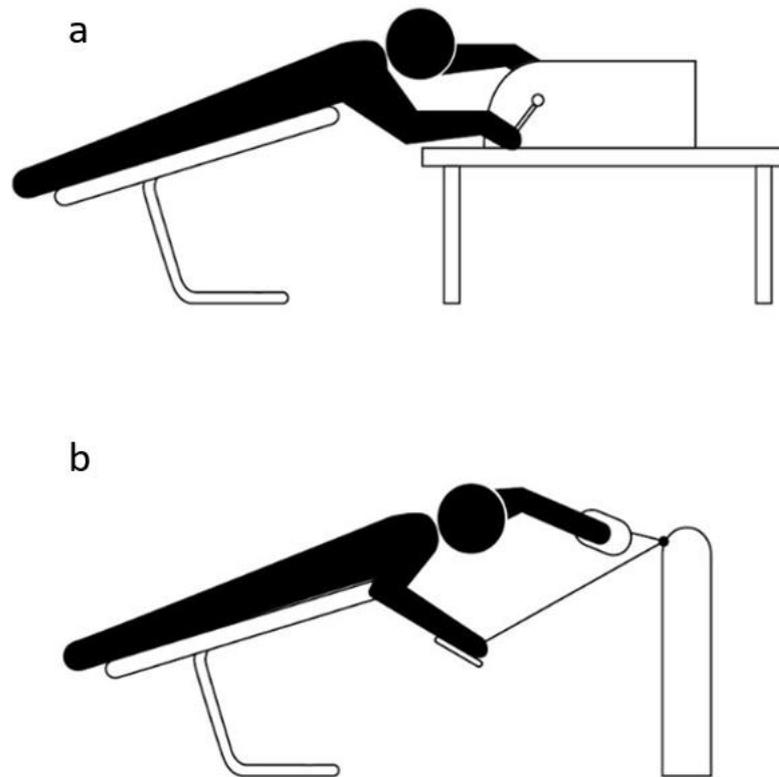
**Fuente:** Adaptado de "Essentials of Exercise Physiology (4<sup>th</sup> ed.)." por Mcardle, W.D; Katch, V; Katch, F.I., 2011. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 223.

Al realizar una prueba de esfuerzo incremental se registra la intensidad máxima. Para ello hay diferentes opciones, siendo las más comunes el registro de la velocidad a la que va el sujeto en cada cambio de intensidad o el registro de la potencia a la que va el individuo (Mcardle et al., 2011).

Se debe tener en cuenta que no es lo mismo realizar el esfuerzo con los miembros inferiores del cuerpo o con los miembros superiores (Lowdon, 1989; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Price & Campbell, 1997; Stenberg et al., 1967; Swaine & Winter, 1999). Como se muestra en el estudio de Lowdon en 1989 con diferentes test incrementales hasta el agotamiento, se obtuvieron resultados muy dispares dependiendo del tipo de ejercicio realizado. Los participantes realizaron sendas pruebas de esfuerzo en una cinta de correr, con un movimiento de pedaleo con los brazos o "arm cranking" y en un ergómetro adaptado para remar con los brazos sobre la tabla. Pudieron ver que el consumo de oxígeno era mayor cuando realizaban la prueba corriendo ( $4,02 \pm 0,44$  L/min y  $56,3 \pm 3,9$  ml/kg/min), más bajo al realizarlas con el "arm cranking" ( $2,95 \pm 0,38$  L/min y  $41,6 \pm 4,0$  ml/kg/min) y más bajo todavía remando sobre la tabla ( $2,87 \pm 0,04$  L/min y  $40,4 \pm 2,9$  ml/kg/min).

Al realizar esfuerzos con la parte superior del cuerpo, hay autores que han sugerido que ese descenso del consumo de oxígeno puede darse por una mayor resistencia periférica (Lowdon, 1989; Stenberg et al., 1967; Swaine & Winter, 1999 ). Se debe tener en cuenta la posición en la que está el sujeto durante la prueba, ya que dicha posición altera algunos parámetros hemodinámicos y del rendimiento (Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Stenberg et al., 1967).

En otros estudios, al realizar los esfuerzos con los miembros superiores, han observado  $VO_2$ max parecidos a los registrados por Lowdon con los surfistas y con valores inferiores a los realizados con los miembros inferiores (Konstantaki & Swaine, 1999; Swaine, 2000; Swaine & Winter, 1999). Se han realizado con deportistas en los que predominan los movimientos realizados con el tren superior, como nadadores y socorristas. También se han evaluado con dos tipos de ergómetro: a) en un ergómetro adaptado en el que realizan un movimiento de pedaleo con los brazos o "*arm cranking*" y b) en un banco de natación que simula la remada de "*crawl*", como se puede observar en la figura 4 (Swaine & Winter, 1999).



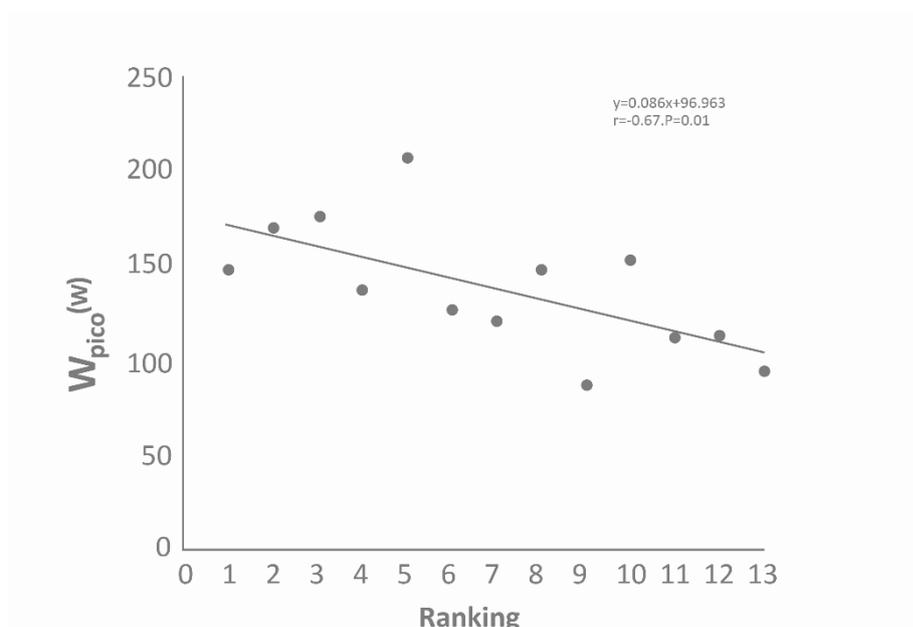
**Figura 4** a) movimiento de pedaleo o "arm cranking"; b) ergómetro de natación

**Fuente:** Adaptado de "Comparison of cardiopulmonary responses to two types of dry-land upper-body exercise testing modes in competitive swimmers." por Swaine, I.L., & Winter, E.M., 1999. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80(6), p. 589.

En el mismo estudio, los autores pudieron observar las diferencias que había entre los dos test realizados con distinto ergómetro pero con el mismo protocolo y el mismo grupo de nadadores. Hallaron diferencias significativas respecto al  $VO_2$ max, frecuencia cardiaca pico y potencia pico, obteniendo valores más elevados en el ergómetro de natación (Swaine & Winter, 1999).

En el surf, se han observado  $VO_2$  picos parecidos, en datos absolutos y relativos. En algunos estudios realizados a surfistas, se han hallado valores más elevados que en los nadadores y socorristas. Es por ello que algunos autores como Lowdon (1989) y Méndez-Villanueva & Bishop (2005) han sugerido que el  $VO_2$  pico alcanzado por los surfistas puede ser un indicador para evaluar su capacidad aeróbica máxima.

Hay pocos estudios en los que el consumo pico de oxígeno o la potencia alcanzada en dicha intensidad se relacionen con el rendimiento en el surf (Farley, 2012; Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva et al., 2005). En cambio, otros autores no han encontrado esa relación, por lo que descartan que sea una variable de la que dependa el ranking obtenido en la temporada (Cámara et al., 2011; Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010a). Aun así, la mayoría de ellos sugieren que el  $VO_2$  pico es un aspecto fundamental de este deporte (Cámara et al., 2011; Farley, 2012; Furness et al., 2018; Lowdon, 1983, 1989; Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva et al., 2005).



**Figura 5** Relación entre el ranking y la potencia pico alcanzada en la prueba de esfuerzo

**Fuente:** Adaptado de "Upper body aerobic fitness comparison between two groups of competitive surfboard riders." por Méndez-Villanueva, A., Pérez-Landaluce, J., Bishop, D., Fernández-García, B., Ortolano, R., Leibar, X., & Terrados, N., 2005. *J Sci Med Sport*, 8(1), p. 35.

Aunque haya discrepancias entre los autores con la relación del consumo de oxígeno y el ranking obtenido en competición, sí que se han observado potencias pico más elevadas en surfistas de mayor rendimiento (Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva et al., 2005).

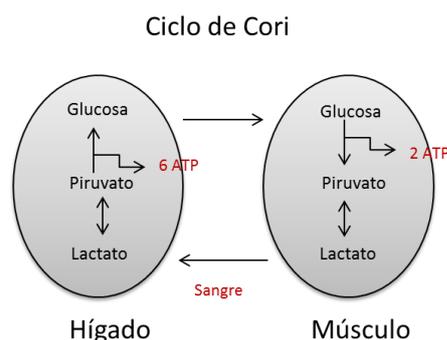
Además, como se observa en la figura 5, Méndez-Villanueva y colaboradores (2005) han podido ver una estrecha relación entre el pico de potencia de la remada y el rendimiento, es decir, a mayor potencia se han observado mejores resultados en competición ( $p=0,01$ ;  $r=0,67$ ). Por otro lado, se han observado diferencias tanto en el consumo máximo de

oxígeno como en la potencia pico alcanzada entre los surfistas de la más alta competición y en los surfistas aficionados ( $p < 0,01$ ) (Furness et al., 2018).

### 1.5.3.2. Umbral de lactato

El umbral de lactato es una de las variables más utilizadas para obtener los datos sobre el rendimiento aeróbico de un deportista (Arratibel et al., 2016; Bentley et al., 2001; Cheng et al., 1992), habiendo evidencia científica que confirma la importancia del umbral anaeróbico individual en acciones de más de 10 minutos (Astrand & Kaare, 1992; Brooks, 1986).

El lactato se produce tanto en reposo, en intensidades a las que se genera una oxidación de la glucosa como a intensidades en las que la glucólisis anaeróbica tiene una participación elevada en el suministro energético (Brooks, 1986; Brooks, 2018). Es una fuente de energía muy importante tanto en el esfuerzo como en la recuperación. Cuando se realiza un esfuerzo que está por debajo del umbral anaeróbico individual, el metabolismo está en un estado estable, es decir, la tasa de producción del lactato (cuando la glucosa degrada en en el lactato =  $\text{Glucosa} + 2 \text{ ADP} + 2 \text{ Pi} \rightarrow 2 \text{ Lactato} + 2 \text{ ATP} + 2 \text{ H}_2\text{O}$ ) y la tasa de la eliminación están equilibradas, de manera que no se acumulan grandes cantidades de lactato en sangre (Brooks, 1986; Schwellnus, 2008; Brooks, 2018; Rodwell et al., 2018). Para ello, el metabolismo tiene diferentes vías: la primera vía es en la que el lactato, mediante el ciclo de cori (figura 6), se convierte en piruvato e inmediatamente después el metabolismo se pone en marcha para convertirse de nuevo en glucosa.



**Figura 6** *Ciclo de Cori*

**Fuente:** Adaptado de "Fisiología del trabajo físico (3rd ed.)." por Astrand, P.L., & Kaare, R., 1992. Madrid: Médica Panamericana

La segunda vía se produce cuando el lactato generado entra en el sistema circulatorio y tiene como destino las fibras que no han sido reclutadas o el reclutamiento de las fibras ha sido menor (Brooks, 1986; Brooks, 2018).

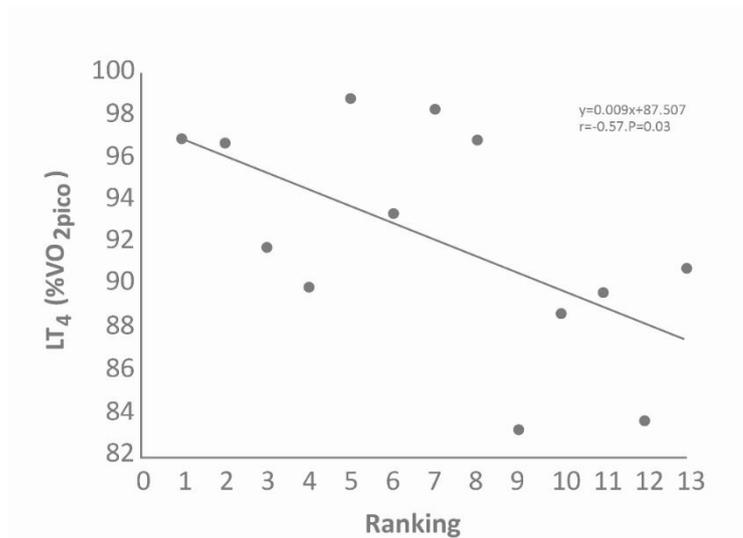
La acumulación de lactato en el organismo aumenta cuando la intensidad del ejercicio es mayor a la del umbral anaeróbico individual, predominando la vía glucolítica para hacer frente a la demanda energética exigida por el ejercicio realizado. Esa acumulación puede generar cambios en el pH (Robergs et al., 2004). La acidez intracelular provoca alteraciones en el funcionamiento de las enzimas, un deterioro de la contracción muscular y por último la fatiga (Billaut et al., 2005).

Los valores del lactato se han utilizado de diversas maneras, estableciendo los umbrales de diferentes métodos (Schwellnus, 2008). Uno de los más utilizados es el que sitúa el umbral anaeróbico en una concentración fija de 4 mmol/L (OBLA). No es el método más recomendado, porque no se individualiza la concentración de lactato en el punto del umbral, ya que se sabe que cada deportista lo puede tener en diferentes concentraciones de lactato (Arratibel et al., 2016; Schwellnus, 2008).

Al individualizar el umbral anaeróbico, éste se situará a una velocidad o potencia específica que al superarla supondrá que los músculos activos generan energía de manera que produzca más lactato del que puede eliminar (Bishop et al., 2004; Bishop et al., 1992; Brooks, 1986; Schwellnus, 2008).

Es importante resaltar que la valoración del umbral anaeróbico, al igual que la del  $VO_2\text{max}$ , es específica al ejercicio que se realice. Debido al diseño neuromuscular que se utiliza y al reclutamiento de las fibras musculares que utilizan en las acciones específicas de su deporte, hay que valorar a cada deportista con un ergómetro lo más específico posible a su gesto técnico (Bishop et al., 1992).

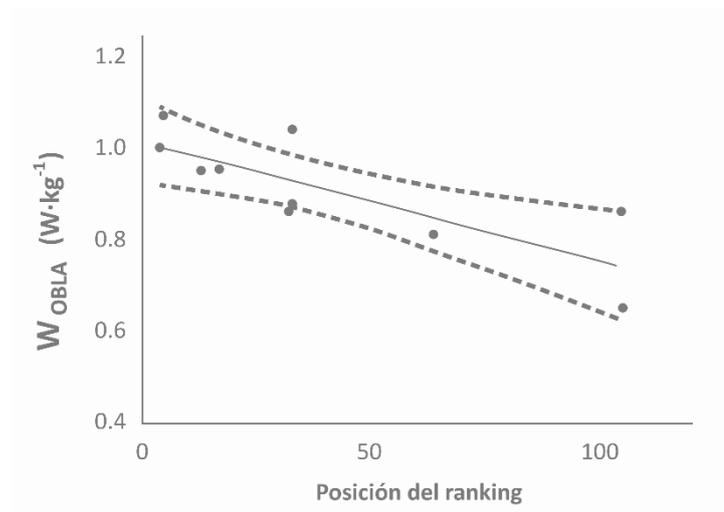
En cuanto a la disciplina deportiva que corresponde tratar en este escrito, el surf, se pueden encontrar algunos hallazgos al relacionarlo con los resultados competitivos. Como se muestra en la figura 7, a mayores valores en la carga o ritmo correspondiente al umbral anaeróbico fijo a 4 mmol/L ( $LT_4$ ) respecto al %  $VO_2\text{max}$  se observaba un mayor rendimiento, es decir, tenían una mejor posición en el ranking (Méndez-Villanueva et al., 2005).



**Figura 7** Correlación entre  $LT_4$  (% $VO_2$  pico) y el ranking

**Fuente:** Adaptado de "Upper body aerobic fitness comparison between two groups of competitive surfboard riders." por Méndez-Villanueva, A., Pérez-Landaluce, J., Bishop, D., Fernández-García, B., Ortolano, R., Leibar, X., & Terrados, N., 2005. *J Sci Med Sport*, 8(1), p. 36.

También parece haber relación entre la potencia que hace referencia al inicio de acumulación de lactato en sangre (OBLA) y la posición del ranking (figura 8), consiguiendo un mejor resultado en el ranking al producir más vatios (W) en dichas concentraciones de lactato (Cámara et al., 2011).



**Figura 8** Correlación entre  $W_{OBLA}$  (W/kg) y posición del ranking

**Fuente:** Adaptado de "Paddling performance and ranking position in junior surfers competing at the association of surfing professionals: a pilot." por Cámara, J., Maldonado, S., Fernández, J.R., & González, M., 2011. *E-Balonmano. Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 7(3), p. 151.

Para finalizar con el umbral anaeróbico, también se observa una relación significativa en la potencia en la que los surfistas alcanzan dicho umbral anaeróbico y el ranking obtenido en competición ( $r = -0.541$ ,  $p = 0.046$ ). En este caso, los autores calcularon el umbral anaeróbico mediante los umbrales ventilatorios (Barlow & Gresty, 2015).

### **1.5.3.3. Frecuencia cardiaca (FC)**

La FC está considerada como uno de los métodos para la evaluación de la aptitud cardiovascular y la prescripción del entrenamiento registrando los latidos por minuto (lpm) (Schwellnus, 2008). Además, ha sido una de las variables que se ha estudiado en las sesiones de surf (Farley, 2011; Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva et al., 2005; Secomb et al., 2015b).

Junto al volumen sistólico, la FC es uno de los factores que indican el gasto cardiaco (Q), siendo también uno de los indicadores de la intensidad del ejercicio. Un aumento de Q lleva asociado un aumento del  $VO_2\text{max}$  (Blomqvist & Saltin, 1983; Ekblom, 1969; Gandarias, 1976; Mcardle et al., 1990; Saltin & Calbet, 2006; Schwellnus, 2008). En acciones submaximales o maximales, el gasto cardiaco aumentaría por el rendimiento del ventrículo izquierdo (Blomqvist & Saltin, 1983; Mier et al., 1997; Warburton et al., 2004).

Al analizar los estudios realizados sobre la FC (tabla 14) en una sesión de surf de 60 minutos con surfistas de distinto nivel, se observó que en sesiones de una hora con surfistas de competición la FC pico alcanzada surfeando fue de  $171 \pm 7$  lpm (que suponía un  $95 \pm 3,6\%$  de su FC máxima) y la FC media fue de  $135 \pm 7$  lpm ( $75 \pm 4,2\%$  de su FC máxima) (Méndez-Villanueva & Bishop, 2005). En surfistas aficionados, la FC pico fue de  $171 \pm 7,5$  lpm y la FC media fue de  $135 \pm 6,9$  lpm (Meir et al., 1991). En otro estudio también realizado con surfistas aficionados, se observó una FC media de  $146 \pm 16,8$  lpm ( $80,3\%$  de la FCmax) (Barlow, Gresty et al., 2014).

En sesiones de 2 horas, se pueden ver pequeñas diferencias: mientras que la FC pico se mantiene igual ( $171 \pm 12$  lpm), la FC media de la sesión tiende a ser un poco más baja ( $128 \pm 13$  lpm) (Secomb et al., 2015b).

En otro estudio realizado en plena competición y con una duración de 20 minutos, la FC pico fue de  $190 \pm 12$  lpm ( $87,5\%$  de la FCmax) y la FC media fue de  $139,7 \pm 11$  lpm ( $64,4\%$  de la FCmax) (Farley et al., 2012).

La FC se ha analizado tanto en laboratorio como en pruebas de campo, pero debemos tener en cuenta que la FC en las pruebas realizadas en el mar varían según las condiciones ambientales y situación del mar (Barlow, Gresty et al., 2014; Farley, 2011; Loveless & Minahan, 2010a; Méndez-Villanueva et al., 2005). En las pruebas de laboratorio en las que se ha medido la FCmax y después se ha relacionado con la posición del ranking, parece no haber relación entre estas dos variables (Cámara et al., 2011; Méndez-Villanueva et al., 2005).

**Tabla 14**  
FC media y FC pico de las sesiones según diferentes estudios

Estudios	Duración de la sesión (min)	Tipo de surfistas	FC media (lpm)	% de la FC respecto a la máxima	FC Pico (lpm)	% de la FC pico respecto a la máxima
Meir et al., (1991)	60	Recreativo	135 ± 6,9	-	171 ± 7,5	
Méndez-Villanueva et al., (2005)	60	Competición	135 ± 6	75% ± 4,2	171±7	95 ± 3,6
Farley et al., (2012)	20	Competición	139,7 ± 11	64,4%	190 ± 12	87,5
Barlow, Gresty et al., (2014)	-	Recreativo	146,6 ± 16,8	80,3% ± 7,6	-	-
Secomb, Sheppard, & Dascombe (2015b)	120	Competición	128 ± 13	-	171 ± 12	-

#### 1.5.4. Evaluación de las capacidades anaeróbicas y explosivas en el surf

Otras de las capacidades a valorar en los deportistas son las capacidades anaeróbicas (Green & Dawson, 1993). Los esfuerzos anaeróbicos se caracterizan por un periodo breve de tiempo a alta intensidad de las acciones a realizar (Mcardle et al., 2011). La capacidad de generar una potencia elevada durante poco tiempo es crucial para alcanzar el éxito deportivo (Haff & Dumke, 2019). En general, la potencia se puede definir como la tasa de trabajo (Bosco, 2000), mientras que la potencia anaeróbica es la tasa de trabajo en

condiciones en las que el metabolismo anaeróbico ofrece poca contribución al realizar los esfuerzos requeridos (Haff & Dumke, 2019).

Las pruebas de potencia anaeróbica generalmente evalúan actividades en las que la fuente principal de energía es el sistema fosfágeno o ATP-PC, mientras que las pruebas de capacidad anaeróbica es el sistema glucolítico (Mcardle et al., 2011). Por lo general, las pruebas de potencia anaeróbica duran menos de 10 segundos, mientras que las pruebas de capacidad anaeróbica duran más de 10 segundos, pero sin llegar a alcanzar una duración de 2 minutos (Astrand & Kaare, 1992; Billat, 2002; Haff & Dumke, 2019).

#### **1.5.4.1. La potencia del tren superior remando**

Los surfistas, como se ha comentado anteriormente, a la hora de coger la ola realizan una remada a muy alta intensidad. Por otra parte, al remar hacia la rompiente o mientras atraviesan las olas se pueden encontrar con una remada tanto de alta como de baja intensidad (Farley, 2012; Sheppard, Nimphius et al., 2013).

Para la valoración de la capacidad anaeróbica, los deportistas realizan un test de corta duración como el Wingate, que permite obtener la capacidad anaeróbica máxima (Coppin et al., 2012).

Este test ha sido validado para obtener la potencia máxima del tren inferior en cicloergómetro (Bar-Or, 1987). Se han utilizado este tipo de pruebas para analizar grupos que realizan ciclismo y surf de manera recreativa, y con grupos entrenados para la competición en diferentes edades (Dotan & Bar-Or, 1983; Loveless, 2009; Minahan et al., 2007).

También se han generado modificaciones para los deportes en los que actúa la parte superior del cuerpo, realizándolos en bancos de natación o ergómetros creados para remar con los dos brazos (Koutedakis & Sharp, 1986). Por ejemplo, existen estudios con nadadores, socorristas y surfistas en los que se registraba la potencia de los miembros superiores utilizando una técnica de remada parecida a la de "Crawl" en natación (Farley, 2012; Loveless, 2009; Loveless & Minahan, 2010b; Morton & Gustin, 1997; Sheppard et al., 2013; Swaine, 2000).

Previamente se utilizaba otro método para las mediciones de la capacidad anaeróbica máxima, observando el déficit de O<sub>2</sub> acumulado y obteniendo los resultados de la

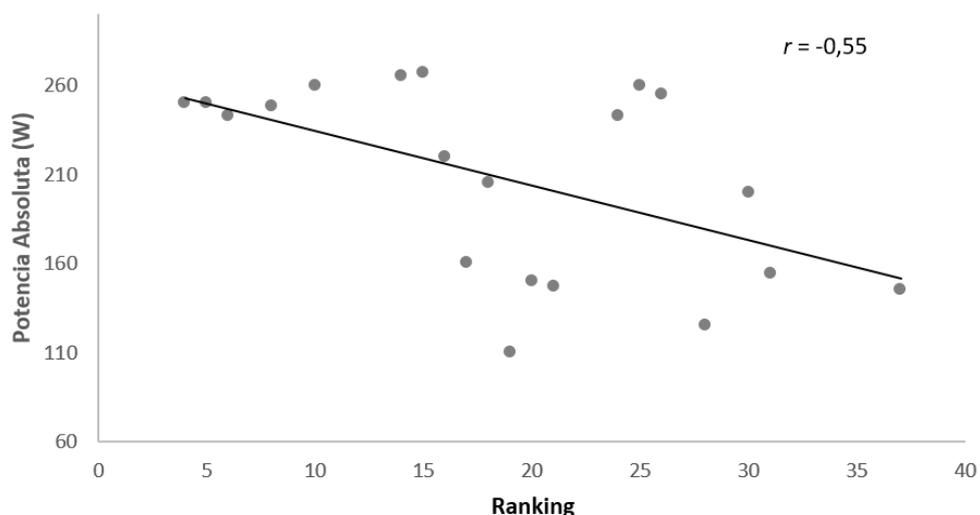
contribución energética durante 30 segundos (Loveless, 2009; Medbo & Burgers, 1990; Medbo et al., 1988). El incremento del déficit mencionado anteriormente, sugiere que cuanto más elevado es el déficit, mayor es la capacidad anaeróbica del deportista (Medbo et al., 1988). En los deportistas que realizan esprints, el déficit acumulado de O<sub>2</sub> es un 30% más alto si se compara con deportistas de resistencia o gente no entrenada (Medbo & Burgers, 1990).

En el surf, parece haber una relación entre el ranking de la temporada y potencia pico anaeróbica ( $r=0,55$ ;  $p=0,01$ ) (Farley, 2012). Se ha estudiado en laboratorio con un test de máxima potencia de 10 segundos o en la piscina desplazándose a nado a máxima velocidad en 15 metros. Como se verá más adelante, en las dos ocasiones los surfistas de mayor nivel obtenían valores más altos en la potencia y en la velocidad de desplazamiento (Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010b; Sheppard, Nimphius et al., 2013).

Esta variable cobra también especial importancia en el surf competitivo a la hora de remar la ola y en la aproximación a la ola para mantener la prioridad antes de poder cogerla. Se debe tener en cuenta que el pico de potencia es mayor cuando el surfista, además de remar, realiza batidas con las piernas, al igual que los nadadores (Loveless & Minahan, 2010b). Dichas batidas aumentan también la distancia de remada en el test de 10 segundos, lo que podría ser determinante sobre todo en surfistas de competición (Loveless & Minahan, 2010b).

La mejora de la potencia máxima proporciona al surfista una ventaja añadida a la hora de coger olas más grandes u olas más rápidas, ya que le permite cogerlas antes y por lo tanto facilita la puesta en pie (Farley, 2012; Loveless & Minahan, 2010b).

Como se ha mencionado anteriormente y como se puede observar en la figura 9, se ha relacionado la potencia absoluta en un test de 10 segundos con la posición en el ranking (Farley, 2012). Esta relación indica que, a mayor potencia en este test anaeróbico, mejores posiciones obtenían en el ranking.



**Figura 9** Relación entre la potencia absoluta en un test realizado a máxima intensidad y la posición en el ranking ( $r = 0,55$ ;  $p = 0,01$ )

**Fuente:** Adaptado de "Anaerobic and aerobic fitness profiling of competitive surfer." por Farley, O.R., 2012. *J Strength Cond Res*, 26(8), p. 2246.

La potencia anaeróbica en el surf se ha estudiado de diferentes maneras. En algunas ocasiones haciendo un test máximo de 10 segundos en un ergómetro registrando la potencia (Farley, 2012; Furness et al., 2018; Loveless & Minahan, 2010b) y en otras, realizando la remada sobre la tabla en una piscina registrando los tiempos invertidos en desplazarse 0-5 metros, 0-10 metros y de 0-15 metros (Secomb et al., 2013; Secomb et al., 2015a; Sheppard, Nimphius et al., 2013).

En otros estudios, al saber que es una de las variables a tener en cuenta para el éxito deportivo de esta disciplina, se ha comparado la capacidad anaeróbica de remada entre surfistas de diferente nivel, encontrando que los surfistas de mayor nivel obtienen velocidades superiores (Tran, Lundgren et al., 2015) y potencias más elevadas como se puede ver en la tabla 15 (Farley, 2012; Furness et al., 2018; Loveless & Minahan, 2010b). También se han encontrado diferencias entre hombres y mujeres, obteniendo cifras superiores en los hombres por sus cualidades físicas (Secomb et al., 2013).

**Tabla 15**  
Pico de potencia alcanzado en un test anaeróbico de 10 segundos en ergómetro con surfistas

Pico de potencia en 10 segundos a máximo esfuerzo		
Estudios	Surfistas de competición (media ± <i>sd</i> )	Surfistas de recreación (media ± <i>sd</i> )
Loveless & Minahan (2010b)	348 ± 78 W	-
Farley (2012)	205 ± 54.2 W	-
Furness et al., (2018)	303,93 ± 57,99 W	264,58 ± 46,14W*

**Nota:** \* Diferencias significativas  $p < 0,01$ .

Como se ha mencionado anteriormente, también se han realizado estudios midiendo en una piscina el tiempo invertido en los primeros 5, 10 y 15 metros de un esprint (tabla 16).

**Tabla 16**  
Diferentes estudios que han registrado el tiempo invertido en un esprint de 15 metros, dividido en 3 distancias: 0-5 metros, 0-10 metros y 0-15 metros

Artículos	Tipo de surfista	0-5 (m)	0-10 (m)	0-15 (m)
Sheppard, Nimphius et al., (2013)	Surfistas de élite junior	3.96 ± 0.30 (s)	7.08 ± 0.49 (s)	10.23 ± 0.68 (s)
	Surfistas de competición junior	4.35 ± 0.25 (s)*	7.69 ± 0.44 (s)*	11.04 ± 0.63 (s)*
Secomb et al., (2013)	Hombres competición	3.74 ± 0.35(s)	6.65 ± 0.56(s)	9.59 ± 0.78(s)
	Mujeres competición	4.34 ± 0.31(s)*	7.65 ± 0.56(s)*	11.01 ± 0.81(s)*
Tran, Lundgren et al., (2015)	Surfistas seleccionados para la selección australiana	3.67 ± 0.15 (s)	6.56 ± 0.23 (s)	9.49 ± 0.35 (s)
	Surfistas no seleccionados para la selección australiana	3.86 ± 0.23 (s)*	6.88 ± 0.40 (s)*	9.93 ± 0.60 (s)*

**Nota:** \*  $p < 0,01$  Diferencias significativas entre los grupos estudiados.

Según los datos obtenidos en los diferentes estudios se puede observar una clara diferencia entre los surfistas. Aunque en todos los grupos en los que se ha medido la velocidad de desplazamiento -sean de competición o no- se ha visto que los de mayor nivel realizan en menor tiempo dichas distancias (Sheppard, Nimphius et al., 2013; Tran, Lundgren et al., 2015).

#### **1.5.4.2. Evaluación de las fuerzas del tren inferior**

Los especialistas en el deporte han buscado métodos rápidos y baratos para realizar las evaluaciones de los deportistas, para después poder utilizarlos sobre el terreno de juego. Para ello se mide el rendimiento de los deportistas y también las capacidades mecánicas al ejecutar las acciones concretas que se quieran evaluar para la prevención de lesiones (Buchheit et al., 2014).

Para la evaluación de tren inferior se han utilizado test de isometría máxima, test dinámicos y test de saltos. La capacidad mecánica de los miembros inferiores se ha estudiado ampliamente, por la relación fuerza-velocidad y potencia-velocidad (Buchheit et al., 2014; Rodríguez, 2015), sobre todo en deportes como, fútbol, ski o atletismo (Bosco, 2000; Garrido, 1974; Nuzzo et al., 2008).

Los saltos verticales son una buena herramienta de evaluación. A pesar de que son movimientos pluriarticulares son también gestos aislados, lo que hace que estén menos afectados por los factores neuromusculares y permitan evaluar mejor las capacidades mecánicas del sistema muscular (Samozino, 2009). Un salto vertical con la masa corporal del sujeto y en condiciones naturales, por ejemplo, es un buen indicador de la expresión máxima de la velocidad de contracción (Bosco, 2000).

La ejecución de este tipo de salto depende de la coordinación segmentaria sobre el cuerpo humano, que está determinada por las fuerzas musculares (por un impulso creado en el sistema nervioso central) y por los momentos que están produciendo alrededor de las articulaciones para generar las exigencias mecánicas del propio salto (Rodacki et al., 2002). También se ha demostrado que, aunque la fuerza muscular puede determinar la altura del salto, también puede depender del control de otras propiedades del músculo como la elasticidad (Bobbert & Van Soest, 1994; Rodacki et al., 2002).

En el surf, la fuerza del tren inferior se ha valorado mediante los saltos y mediante la medición de la fuerza isométrica máxima de los extensores de rodilla (Loveless, 2009; Sheppard, Nimphius et al., 2013). Parece no haber diferencias significativas entre los surfistas de mayor y menor nivel, ya que en dos estudios realizados con diferentes protocolos no se han encontrado relaciones significativas con el rendimiento (Loveless, 2009; Sheppard, Nimphius et al., 2013).

Por el contrario, se ha estudiado la isometría máxima comparando dos grupos de perfiles diferentes, uno de élite y otro a nivel regional. Los participantes realizaron 2 ensayos de una isométrica máxima, utilizando un ángulo de 130° de la rodilla y el correspondiente ángulo de la cadera de 155° a 165°. En este estudio se observó que el grupo de élite obtenía valores de fuerza más altos ( $p = 0,041$ ,  $d = 0.7$ ), por lo que esta prueba puede ser otro indicador para la evaluación del surfista (Sheppard, Nimphius et al., 2013).

### 1.5.5. Otros aspectos del surf al analizar la práctica en el mar

En las últimas décadas, en deportes de equipo como el rugby (Cunniffe et al., 2009) o el hockey (Lythe, 2008) y en deportes individuales como el surf (Farley, 2011), se ha utilizado el "Global Positioning System" o GPS para conocer diferentes características de la actividad física que realizaban los deportistas. Dada la dificultad para cuantificar la carga de las sesiones de entrenamiento o competición, se analizan la distancia recorrida y la velocidad de desplazamiento (Cunniffe et al., 2009; Farley et al., 2012). De ese modo, se observan los patrones de movimiento respecto a la remada y a la fase de surfear que tienen los surfistas en los entrenamientos y en las competiciones (Farley, 2011).

**Tabla 17**  
**Rangos de velocidades para las diferentes acciones en el surf**

Zona de velocidad	Rango de velocidades (km/h)	Categoría de velocidad
1	1 – 4	Lento-remada lenta
2	4.1 – 8	Remada moderada–alta intensidad
3	8.1 – 12	Surfear lento
4	12.1 – 16	
5	16.1 – 20	Surfear a velocidad moderada
6	20.1 – 25	
7	25.1 – 30	Surfear a gran velocidad
8	30.1 – 40	
9	40.1 – 46	Surfear a extrema velocidad

**Fuente:** Adaptado de "Physiological Demands of Competitive Surfing." por Farley, O.R., Harris, N.K., & Kilding, A.E., 2012. *J Strength Cond Res*, 26(7), p. 1888.

Como se puede observar en la tabla 17, Farley et al. (2012) realizaron una propuesta respecto a la velocidad de desplazamiento en la que los surfistas realizaban las diferentes fases del surf, como remar o surfear. Pudieron observar que la zona en la que empleaban más tiempo era la 1, con una velocidad entre 1 y 4 km/h y con un tiempo total de  $58 \pm 9,9\%$  del tiempo total de la sesión. La velocidad media de las sesiones fue de un  $3,7 \pm 0,6$  km/h y la velocidad máxima de  $33,4 \pm 6,5$  km/h.

En lo que se refiere a la distancia recorrida, los resultados obtenidos durante 20 minutos de competición fueron un total de  $1605 \pm 313,5$  m, de los cuales  $947 \pm 185,6$  m fueron de las acciones de remada y  $128 \pm 25$  m surfear (Farley, 2011).

En otro estudio realizado por Secomb, Sheppard, & Dascombe (2015b), tomaron los datos en una sesión de entrenamiento de 2 horas. Tras dividir la sesión en cuatro cuartos de 30 minutos, observaron que la distancia recorrida en cada cuarto se mantenía constante (entre 1572,2 y 1600,9 m), totalizando  $6293,2 \pm 1826,1$  m.

## **PARTE II. ESTUDIO EMPÍRICO**



**Capítulo 2**  
**Objetivos e Hipótesis**



## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2 Objetivos e hipótesis**

#### **2.1 Objetivos**

#### **2.2 Hipótesis**



## 2. Objetivos e hipótesis

### 2.1 Objetivos

El objetivo de la presente tesis es analizar la práctica del surf en surfistas vizcaínos de alta especialización deportiva y la influencia de la experiencia deportiva en las características antropométricas, capacidades físicas y técnico-tácticas.

Para ello, esta tesis se ha dividido en tres estudios diferentes cada uno con sus objetivos:

Estudio 1: Análisis de la composición corporal en surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva.

- Determinar las características antropométricas y la composición corporal de surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva.
- Relacionar los años de práctica surfeando con los porcentajes musculares y grasos en un grupo de surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva.

Estudio 2: Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva

- Analizar la influencia de la frecuencia de las sesiones semanales en las variables de un test incremental hasta el agotamiento y de un test de potencia del tren superior.
- Analizar la incidencia de la frecuencia de las sesiones semanales en el número de olas cogidas y maniobras realizadas en una sesión.

Estudio 3: Análisis de la frecuencia cardíaca durante la sesión de surf, su relación con las maniobras realizadas en la ola y la recuperación a corto plazo

- Observar las diferencias de la frecuencia cardíaca pico al finalizar las olas dependiendo del número de maniobras realizadas en la misma.
- Analizar la influencia de los años de experiencia en la recuperación a corto plazo de una sesión de surf.

## 2.2 Hipótesis

Las hipótesis de la tesis, al igual que los objetivos se dividen en tres estudios.

Estudio 1: Análisis de la composición corporal en surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva.

- Los surfistas recreativos vizcaínos tienen mayor porcentaje muscular en el tren superior que en el inferior.
- Los surfistas recreativos vizcaínos con mayor experiencia tienen mayor porcentaje muscular en el tren superior que los surfistas recreativos con menor experiencia.

Estudio 2: Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva

- Los surfistas recreativos vizcaínos que realizan más sesiones semanales obtienen mejores resultados en las cualidades aeróbicas y anaeróbicas.
- Los surfistas recreativos vizcaínos que realizan más sesiones semanales cogen más olas y realizan más maniobras en éstas.

Estudio 3: Análisis de la frecuencia cardíaca durante la sesión de surf, su relación con las maniobras realizadas en la ola y la recuperación a corto plazo

- La frecuencia cardíaca pico aumenta al realizar más maniobras en la ola.
- Los surfistas de mayor experiencia obtienen mayor descenso de la frecuencia cardíaca entre ola y ola.

**Capítulo 3**  
**Metodología**



## **METODOLOGÍA**

### **3 Metodología**

#### **3.1 Participantes**

#### **3.2 Instrumentos**

#### **3.3 Procedimientos**

#### **3.4 Mediciones**

##### **3.4.1 Antropometría**

##### **3.4.2 Bioimpedancia eléctrica**

##### **3.4.3 Test de saltos, "countermovement jump" (CMJ)**

##### **3.4.4 Test anaeróbico del tren superior**

##### **3.4.5 Test incremental**

##### **3.4.6 Test de campo**

#### **3.5 Análisis estadístico**



## 3. Metodología

### 3.1 Participantes

Todos los participantes firmaron el consentimiento informado en el cual, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 13 del Reglamento UE 2016/679, del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril, de protección de datos de carácter personal, se les informó de que los datos pasaban a formar parte del fichero " EFECTOS DEL SURF" de la UPV/EHU, cuya finalidad era única y exclusivamente investigadora, y solamente se utilizarían en este proyecto habiendo obtenido el apto del comité de ética de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (Anexo).

Los participantes rellenaron una hoja para recoger sus datos personales, los años de experiencia en el surf y las sesiones semanales que realizan normalmente durante el último año en este deporte. Todos los datos fueron recogidos por un único investigador.

Participaron 20 hombres sanos ( $23,85 \pm 6,65$  años;  $175,86 \pm 8,02$  cm;  $70,30 \pm 6,18$  kg), todos realizaron los diferentes test de manera voluntaria y reunían unos requisitos mínimos para poder participar en la investigación:

- Ser mayores de edad
- Tener un mínimo de 5 años de experiencia surfeando y realizar 3 sesiones o más a la semana
- Ser surfista recreativo federado en la Federación Vizcaína de Surf no competidor con el nivel de especialización más elevado y con un 7 o más en la escala de habilidad técnica según Hutt et al., 2001

Los surfistas que participaron en el estudio tenían una media de  $13,5 \pm 5,57$  años surfeando y realizaban  $6,05 \pm 3,05$  sesiones semanales de surf. Cabe mencionar que el surf era el deporte principal de todos ellos.

El reclutamiento de los participantes se realizó por tres vías diferentes. En primer lugar, por contacto personal con el investigador principal del estudio; en segundo lugar, se pidió

ayuda a la federación provincial (Bizkaiko Surf Federazioa) para generar nuevos contactos; y, en tercer lugar, a la federación autonómica (Euskal Herriko Surf Federazioa). Las federaciones, con la autorización de los participantes, facilitaron el número telefónico personal al investigador principal. Se llegó a contactar con alrededor de 80 surfistas no competidores, de los cuales únicamente aceptaron participar 37 de ellos. Se les realizaron las pruebas de laboratorio, pero 17 de estos no pudieron realizar las pruebas de campo o se les excluyó de las mismas por tres razones:

1. porque tuvieron lesión deportiva
2. porque no se dieron las condiciones marítimas óptimas para realizar el estudio 2
3. porque en la prueba de campo de estos últimos estudios no se registraba correctamente la frecuencia cardiaca durante la totalidad de la sesión al dejar de registrar los datos durante breves periodos de tiempo, debido a caídas mientras surfeaban o a golpes con la tabla.

Por la dificultad a la hora de encontrar surfistas de estas características para participar en la tesis y una vez obtenidos los datos de los 20 surfistas ya mencionados, se realizó un cuestionario a posteriori para conocer la representatividad de la muestra.

Este cuestionario consta de dos apartados:

- **Nivel de especialización** según los criterios de Jayanthi et al., 2015:

Se trata de contestar a tres preguntas para después categorizar el nivel de especialización deportiva dependiendo de cuántas de las respuestas eran afirmativas, obteniendo el mayor nivel de especialización contestando a las tres con un "SI".

1. ¿Puedes elegir un deporte principal?
2. ¿Dejaste otros deportes para enfocarte en un deporte principal?
3. ¿Entrenas 8 meses en un año?

- **Nivel habilidades técnicas** según los criterios de Hutt et al., 2001:

Se eligió una categoría dependiendo de tres criterios

1. La capacidad del surfista para realizar aspectos técnicos del surf.

2. El ángulo para coger la ola.
3. Tamaño mínimo y máximo que son capaces de coger según sus capacidades técnicas.

**Tabla 18**  
Nivel de habilidades técnicas según la escala de Hutt et al., 2001

Categoría	Descripción	Ángulo al coger la ola	Tamaño de la ola. Mín./ máx. (metros)
1	Los surfistas principiantes aún no pueden surfear la cara de una ola y simplemente avanzan a medida que avanza la ola	90° respecto a la ola	0,7-1metro
2	Los surfistas principiantes pueden guiarse lateralmente con éxito por la cara de ola.	70° respecto a la ola	0,65-1,5 metros
3	Surfistas que han desarrollado la habilidad de generar velocidad 'bombeando' en la cara de la ola	60° respecto a la ola	0,60-2,5 metros
4	Los surfistas en ocasiones empiezan a ejecutar maniobras estándar de surf	55° respecto a la ola	0,55-4 metros
5	Los surfistas pueden ejecutar maniobras estándar consecutivamente en una sola ola.	50° respecto a la ola	0,50- 4< metros
6	Los surfistas pueden ejecutar maniobras estándar consecutivamente y en ocasiones ejecutan maniobras avanzadas.	40° respecto a la ola	0,45- 4< metros
7	Son los mejores surfistas aficionados los cuales son capaces de ejecutar consecutivamente maniobras avanzadas.	29° respecto a la ola	0,4 - 4< metros
8	Surfistas profesionales capaces de ejecutar consecutivamente maniobras avanzadas.	27° respecto a la ola	0,35 - 4< metros
9	Los 44 mejores surfistas profesionales capaces de ejecutar consecutivamente maniobras avanzadas	<27° respecto a la ola	0,30 – 4< metros
10	Surfistas del futuro (innovadores)	<27° respecto a la ola	0,30 – 4< metros

**Fuente:** adaptado de "Classification of surf breaks in relation to surfing skill." por Hutt, J. A., Black, K. P., & Mead, S. T., 2001. *J Coast Res*, 29(Special issue) p. 74.

Para la difusión del cuestionario se precisó de la colaboración de la Federación Vizcaína de Surf y de las escuelas de surf de la provincia de Bizkaia.

Según la información facilitada por la Federación Vizcaína de Surf, en 2019 hubo 1076 surfistas masculinos federados. Para el cálculo necesario para la representatividad de la muestra y según las recomendaciones de Galindo (2020), se utilizó una heterogeneidad del 50%, un margen de error de un 5% y un intervalo de confianza del 80%, lo que indica un mínimo de 143 respuestas. De igual manera, se hizo el mismo cálculo únicamente cambiando el intervalo de confianza del 95%, indicando en este caso un mínimo de 278 respuestas.

En la presente tesis se han analizado las respuestas de 297 surfistas, de los cuales únicamente un 8,4%, es decir, 25 surfistas, cumplían las características del nivel de especialización y habilidades técnicas establecidas para la población a analizar en la presente tesis. Con este análisis de representatividad de la muestra (20 surfistas) con respecto a la población de análisis (surfistas masculinos federados vizcaínos), se considera que la muestra es más que suficiente. Es por ello que las conclusiones de esta tesis son concluyentes y extrapolables a esa población dentro de los porcentajes de error y nivel de confianza descritos anteriormente.

Finalizada la representatividad de la muestra y prosiguiendo con los procedimientos de la recogida de datos, los surfistas el día anterior a realizar las pruebas de laboratorio hicieron las rutinas diarias con un pequeño cambio. Es decir, durmieron las horas que acostumbraban a dormir normalmente, se alimentaron como de costumbre y realizaron la actividad laboral, pero se les pidió que no realizasen actividad física intensa.

## 3.2 Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para realizar las mediciones fueron los siguientes:

- Tallímetro ASIMED portátil de plataforma T226
- Plicómetro: Holtain, (Inglaterra)
- Calibre bicondíleo Holtain, (Inglaterra); Cinta métrica: Seca 217, (Alemania, Hamburgo).
- Báscula de bioimpedancia: Tanita Segmental Body Composition Monitor BC - 418 MA, software suite biológica v.8, (Tokio, Japón).

- Ergo Vasa Power (Ergo Vasa Swim, USA): ergómetro de natación, adaptado para los surfistas fijando una tabla de surf en la base de apoyo para que el surfista pueda colocarse en su posición habitual.
- Pulsómetro Polar RCX 5 con el software Polar Training 5 (Kempele, Finlandia).
- Optogait con su correspondiente software, versión 1.11.1.0 (Microgait, Bolzano (BZ), Italia).
- Lactate pro-2 (LT – 1730, Arkray, Inc., Kyoto, Japan): medidor de la concentración de lactato.
- Analizador de Gases Jaeger Oxycom Delta (VIASYS Health care GmbH, Hoechberg, Alemania). La calibración de los gases se realizó utilizando una bombona con la concentración conocida de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (Praxair, Praxair Technology Inc., Madrid, España).
- Canon EOS 77D: cámara de fotos y video (Canon, Tokio, Japón).

### 3.3 Procedimientos

Las mediciones se realizaron en dos días diferentes, el primer día se realizaron las mediciones de las características antropométricas y de la condición física de los surfistas, y el segundo día una sesión de surf en la playa analizando diferentes variables de la sesión de surf.

Las mediciones de las características antropométricas se realizaron del siguiente modo: primero, se registraron las mediciones de talla, masa corporal, pliegues, perímetros y diámetros siguiendo la metodología ISAK (Marfell-Jones et al., 2001). Para finalizar, se realizaron las mediciones de la bioimpedancia eléctrica, llevándose a cabo después de que los surfistas estuvieran 15 minutos en el laboratorio a temperatura media de  $22,3 \pm 1,4$  grados centígrados y humedad controlada de  $711,6 \pm 5,3$  mmHg.

También se realizaron varios test en el laboratorio para conocer las capacidades físicas de los surfistas. A su vez, se registraron el número de olas y maniobras realizadas durante una sesión de surf. En este caso, las variables de la sesión de surf se dividieron en 3 periodos de tiempo diferentes: a) el total de la sesión, 60 minutos registrados; b) los primeros 30 minutos de los 60 minutos registrados (0-30 min); y por último c) los 30 minutos restantes de los 60 minutos registrados (30-60 min).

## 3.4 Mediciones

### 3.4.1 Antropometría

Como se ha mencionado anteriormente en la introducción, las características antropométricas se relacionan con la práctica deportiva que realizan (Ackland et al., 2003; Fleck, 1983; Gutiérrez et al., 2010; Metaxas et al., 2014). Se realizó un primer registro de las variables (Talla, masa corporal, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros para poder calcular también el somatotipo) utilizando la metodología de Marfell-Jones et al., (2001). Posteriormente, se llevó a cabo una segunda medición con la bioimpedancia eléctrica.

Las variables registradas fueron las siguientes:

- Talla (cm)
- Masa corporal (kg)
- Pliegues (mm)
  - *Tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior, pierna (gastrocnemio medial)*
  - *El sumatorio de los 6 pliegues anteriores ( $\Sigma$  6 pliegues)*
- Perímetros (cm)
  - *Brazo, muslo, pierna*

*\* Todas las mediciones se han realizado dos veces haciendo el promedio de éstas para reducir el error, tal como indica la metodología ISAK (Marfell-Jones et al., 2001).*
- Somatotipo
  - *Endomorfia*
  - *Ectomorfia*
  - *Mesomorfia*
- Masa muscular
- Masa grasa

### 3.4.2 Bioimpedancia eléctrica

Se realizó una segunda medición para conocer las características corporales utilizando la bioimpedancia eléctrica.

Las variables registradas fueron las siguientes:

- Índice de masa corporal (IMC)
- Masa Grasa:
  - *Miembro inferior, miembro superior*
  - *Brazos (diferenciando izquierdo y derecho), piernas (diferenciando izquierda y derecha), tronco*
- Masa muscular:
  - *Porcentaje relativo del miembro inferior y del miembro superior<sup>1</sup>*
  - *Brazos (diferenciando izquierdo y derecho), piernas (diferenciando izquierda y derecha), tronco*

*\* Los datos obtenidos con esta metodología, son estimaciones que realiza la báscula de bioimpedancia basándose en cálculos teóricos.*

### 3.4.3 Test de saltos, “countermovement jump” (CMJ)

El salto CMJ consiste en realizar un salto vertical con contramovimiento inicial y con las manos en la cadera para saltar lo más alto posible (Bosco, 2000).

Para realizar los saltos se utilizó el protocolo utilizado en Rodacki et al., (2002), es decir, antes de que realizar el test, el deportista hacía tres saltos de prueba y después realizó 3 saltos a máxima intensidad con un descanso de tres minutos entre ellos. El salto de mayor altura fue el que se registraba para la valoración de este test.

---

<sup>1</sup> Del total de la masa muscular, el porcentaje referente al miembro inferior en relación al porcentaje del miembro superior

### 3.4.4 Test anaeróbico del tren superior

Se realizó una prueba de máxima potencia de remada que consistía en 10 segundos a máxima intensidad en el Ergo Vasa Power modificado para surfistas con un calentamiento estandarizado de 3 minutos remando, realizando un esfuerzo continuo a 30 W con un esprint de 5 segundos al finalizar cada minuto y un descanso de 20 segundos al finalizarlo (Farley et al., 2012) Se realizaron dos intentos, separados con 10 minutos de descanso entre uno y otro, registrando el resultado más elevado.

Estas fueron las variables registradas:

- *Potencia pico 10"*: la potencia máxima con el mismo protocolo que en el estudio de Farley et al., (2012), obteniendo el valor más alto durante los 10 segundos y medida en W.
- *Potencia máxima relativa*: se obtiene dividiendo la potencia máxima alcanzada en W por el peso del surfista en kg (Farley et al., 2012).

### 3.4.5 Test incremental

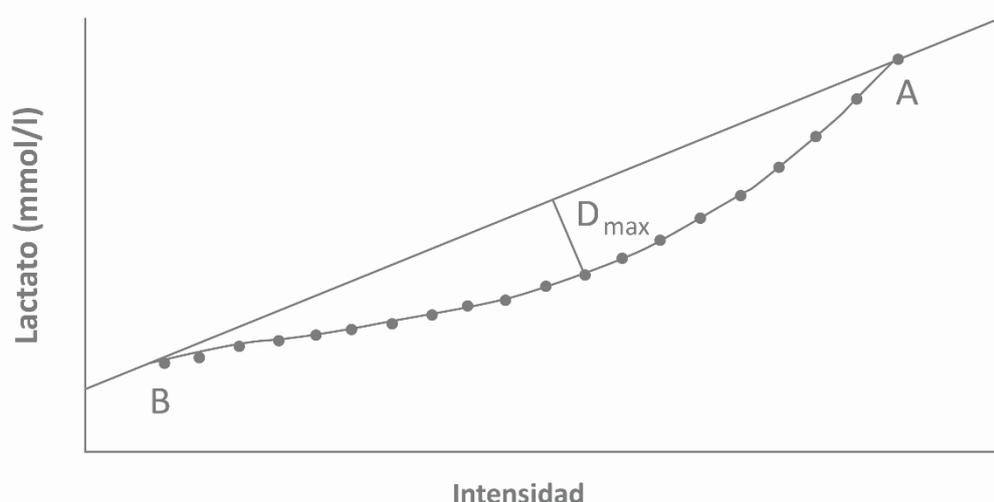
Antes de realizar este test se realizó un descanso de 15 minutos para que los surfistas se recuperasen de las pruebas anteriores.

Se realizó una prueba incremental hasta el agotamiento siguiendo el protocolo establecido por Méndez-Villanueva (2010). Los surfistas no realizaron ninguna actividad física vigorosa 24 horas antes de la prueba, y empezaron con un calentamiento de 5 minutos en el ergómetro Ergo Vasa Power a una intensidad elegida por ellos. El inicio de la prueba se realizó a 30 W y se aumentaba la potencia 15 W cada 3 minutos hasta llegar al agotamiento siempre que fueran capaces de mantener al menos el 95% de la potencia objetivo, con un minuto de descanso entre escalones. Al finalizar cada escalón se recogió una muestra de sangre capilar del lóbulo de la oreja.

Las variables obtenidas fueron:

- *Datos de potencia*
  - *Potencia pico incremental*: potencia alcanzada en el último escalón del test incremental y medida en W.

- Datos de consumo de oxígeno
  - *Consumo pico de oxígeno ( $VO_2$  pico)*: valor máximo de  $VO_2$  obtenido en 30 segundos y medido en L/min.
  - *Consumo pico de oxígeno relativo ( $VO_2$  pico relativo)*: valor máximo relativo de  $VO_2$  obtenido en 30 segundos y medido en ml/kg/min. Se obtiene dividiendo el  $VO_2$  pico en ml por la masa corporal del surfista en kg.
  
- Datos de la frecuencia cardiaca
  - *FC de reposo*: la FC en reposo previa al calentamiento, tomada con el participante sentado y medida en latidos por minuto.
  - *FC de cada escalón*: La FC 15 segundos antes de finalizar el escalón y medida en latidos por minuto.
  - *FC pico (FCP)*: La FC máxima alcanzada durante la prueba incremental y medida en latidos por minuto.
  - *FC en el primer minuto de la recuperación (FC R1)*: FC al minuto de finalizar el test incremental y medida en latidos por minuto.
  
- Datos de lactato (mmol/L)
  - *Concentración de lactato de cada carga*: concentración de lactato de la muestra capilar inmediatamente después de finalizar cada escalón, y medido mmol/L.
  - *Concentración de lactato pico*: concentración de lactato de la muestra capilar inmediatamente después de finalizar el último escalón.
  - *Concentración de lactato R1*: concentración de lactato de la muestra capilar al de 1 minuto de finalizar el test
  - *Umbral anaeróbico con el método D-max* (figura 10): en este método, Cheng y colaboradores (1992), definen el umbral anaeróbico como la distancia máxima entre una línea recta que une el punto inicial de lactato (B) hasta el punto final de lactato (A) del test y la curva polinómica de tercer grado que aproxima la curva real de la concentración de lactato.



**Figura 10** Descripción del método D-max

**Fuente:** Adaptado de "A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds." por Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A.C., Keizer, H.A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M., 1992. *Int J Sports Med*, 13, p. 519.

### 3.4.6 Test de campo

Se realizó una observación de una sesión de 60 minutos de surf en las playas de Bakio y Sopelana con no más de 2 semanas de diferencia entre la medición en el laboratorio. La única pauta que se les exigió a los surfistas fue que realizasen la sesión como de costumbre.

La observación se realizó por un entrenador de surf de alto rendimiento con más de 10 años de experiencia. Tenía el reconocimiento de la Federación Española de Surf como técnico de alto nivel y era técnico de deportistas de alto nivel por el Gobierno Vasco. Además de ello, para asegurar la calidad del dato del análisis observacional, se realizaron 4 sesiones de preparación con dos observadores (A el investigador principal que realizó las observaciones para la tesis y B un entrenador internacional de surf con más de 10 años de experiencia) para el posterior análisis inter-observadores e intra-observador.

Las condiciones ambientales y marítimas que se buscaron a la hora de realizar la prueba fueron parecidas para todas las sesiones. Todas las sesiones se llevaron a cabo con un tamaño de ola de 1-1,5 metros. Se definió que se debían hacer en esas condiciones porque la mayoría de los surfistas no encuentran limitaciones para surfear en esas condiciones

(Hutt et al., 2001). Todas las sesiones se llevaron a cabo en las siguientes condiciones, según los históricos registrados por los puertos del estado (2020), con una temperatura media del agua de  $14,8 \pm 0,71^{\circ}\text{C}$ ; una velocidad media del viento de  $11,6 \pm 6,36$  km/h, y una altura media de ola  $1,3 \pm 0,13$  metros.

Según la World Surf League, (2019), los surfistas se pueden encontrar con diferentes duraciones en competición que van desde los 20 minutos a los 30 minutos. Es por ello, que los registros de las variables se han dividido en 3 grupos temporales. El primero hace referencia a la sesión en su totalidad, 0-60 minutos (Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005), el segundo abarca la primera mitad de la sesión (desde el minuto 0 hasta el minuto 30), y el tercero hace referencia a la segunda mitad de la sesión (desde el minuto 30 hasta el minuto 60).

Al realizar la recogida de datos, para evitar problemas en el registro, si el surfista cogía la ola dentro de la primera media hora y la acababa en la segunda media hora, esa ola y sus respectivas maniobras corresponderían a la primera media hora. Se procedió de igual manera si el surfista cogía la ola justo antes de que se acabara el tiempo de la prueba, es decir, si el surfista cogía la ola dentro del tiempo y mientras la surfeaba se agotaba el tiempo de la prueba, la ola se consideraba dentro del tiempo establecido de la prueba. Esta metodología se ha utilizado teniendo en cuenta las normas de la WSL (2019) para las competiciones oficiales.

Inicialmente, se ha realizado una prueba incremental en laboratorio hasta el agotamiento siguiendo el protocolo establecido por Méndez-Villanueva (2010) para conocer FC pico (FCP) de cada surfista. Las variables de la FC se midieron con el mismo pulsómetro polar RX 5 configurando la frecuencia de registro de dicha FC cada segundo. Aun así, registrar la frecuencia cardiaca no es una metodología práctica durante el ejercicio intermitente de larga duración (Stagno et al., 2007). Es por ello que además de analizar los parámetros de la frecuencia cardiaca se ha añadido el TRIMP como método para cuantificar la carga de la sesión, siendo un método válido para deportes intermitentes (Lamber & Borresen, 2006) como el surf (Méndez- Villanueva, 2005).

Para evitar errores, todas las sesiones fueron grabadas y revisadas con una cámara de video sincronizando la grabación con el registro de la frecuencia cardiaca. Para la sincronización, el inicio de la grabación empezó en el mismo momento en que se iniciaba el registro de la frecuencia cardiaca. Posteriormente, era suficiente con identificar el

momento en minutos y segundos en el que el surfista entraba en el agua (primer contacto de los pies con el agua) y extrapolarlo al registro de la frecuencia cardiaca.

Se analizaron un total de 225 olas y 603 maniobras durante el estudio, separando los registros de la siguiente manera:

- Número de olas
  - *Total de olas (Olas<sub>60</sub>):* número total de olas que coge el surfista durante los 60 minutos de la sesión.
  - *Olas en la primera media hora (Olas<sub>0-30</sub>):* número total de olas que coge el surfista en la primera media hora de la sesión, es decir, del minuto 0 hasta el minuto 30.
  - *Olas en la segunda media hora (Olas<sub>30-60</sub>):* número total de olas que coge el surfista en la segunda media hora de la sesión, es decir, del minuto 30 al minuto 60.
  
- Número de maniobras<sup>2</sup>
  - *Total de maniobras (Maniobras<sub>60</sub>):* número total de maniobras realizadas durante la sesión de 60 minutos.
  - *Maniobras en la primera media hora (Maniobras<sub>0-30</sub>):* número total de maniobras realizadas durante la primera media hora, es decir, del minuto 0 hasta el minuto 30.
  - *Maniobras en la segunda media hora (Maniobras<sub>30-60</sub>):* número total de maniobras realizadas durante la segunda media hora, es decir, del minuto 30 hasta el minuto 60.
  - *Número máximo de maniobras (Maniobras<sub>max</sub>):* número máximo de maniobras realizadas en una ola durante toda la sesión.
  
- Frecuencia Cardíaca en la prueba de campo:
  - *FC pico, registrada en datos absolutos (FCPS<sub>60</sub>):* La FC pico que se registró durante la sesión, es decir, durante la sesión de 60 minutos y medida en latidos por minuto (lpm).
    - FC pico primera media hora (FCPS<sub>0-30</sub>)
    - FC pico segunda media hora (FCPS<sub>30-60</sub>)

---

<sup>2</sup> Se consideró una maniobra aquellos movimientos que la WSL (2019) recoge en su reglamento, y siempre que finalice dicha maniobra.

- *FC pico en porcentaje respecto a la FC pico registrada en el test incremental (FCPS<sub>60</sub>):*
  - FC pico de la sesión (%FCPS<sub>60</sub>)
 

*% FC picoTotal = 100\*FCPS en la prueba de campo / FCP de la prueba de esfuerzo*
  - FC pico primera media hora (%FCPS<sub>0-30</sub>)
 

*% FC picoTotal = 100\*FCPS en la prueba de campo (%FCPS0-30) / FCP de la prueba de esfuerzo*
  - FC pico segunda media hora (%FCPS<sub>30-60</sub>)
 

*% FC picoTotal = 100\*FC FCPS en la prueba de campo (%FCPS30-60) / FCP de la prueba de esfuerzo*
- *FC promedio de la sesión (FCS):* FC promedio en latidos por minuto y en porcentajes respecto a la FC máxima registrada en el test incremental:
  - FC promedio de la sesión (FCS<sub>60</sub>)
  - FC promedio en la primera media hora (FCS<sub>0-30</sub>)
  - FC promedio en la segunda media hora (FCS<sub>30-60</sub>)
- *TRIMP<sub>mod</sub>* (impulso del entrenamiento modificado) (Stagno et al., 2007), calculado como sigue:
  - Tiempo en cada zona de intensidad durante la sesión:
    - Zona 5: 93-100% de la FCP
    - Zona 4: 86-92% de la FCP
    - Zona 3: 79-85% de la FCP
    - Zona 2: 72- 78% de la FCP
    - Zona 1: 71-65% de la FCP
  - Factor de elevación de cada zona de intensidad:
    - *Factor de elevación = (FC promedio – FC reposo) / (FC máxima – FC reposo)*
  - Factor de ponderación de cada zona de intensidad:
    - *Factor de ponderación = 0,1225 \* e ^ (3,9434 \* Factor de elevación)*
  - *TRIMP<sub>modZona</sub> = Factor de ponderación \* tiempo en cada zona (minutos)*

- $TRIMP_{mod} =$  Sumatorio de los  $TRIMP_{mod}$  de las zonas 1 a 5
- *Descensos de la FC ( $FCA$ ):* FC máxima al finalizar cada ola menos la FC mínima que obtenían antes de coger la siguiente ola. Se calculó la diferencia de la FC en latidos por minuto con ayuda de las grabaciones en vídeo.
  - Descenso promedio de la FC en la sesión ( $FCA_{60}$ ): media de todas las  $FCA$  durante la sesión
  - Descenso promedio de la FC en la primera media hora ( $FCA_{0-30}$ ): media de todas las  $FCA$  durante la primera media hora
  - Descenso promedio de la FC en segunda media hora ( $FCA_{30-60}$ ): media de todas las  $FCA$  durante la segunda media hora
- *FC en porcentajes dependiendo del número de maniobras:* FC al finalizar cada ola expresada como porcentaje de la FCP. El momento exacto del pico se registraba con ayuda de la grabación de la sesión.
  - FC1maniobra
  - FC2maniobra
  - FC3maniobra

### 3.5 Análisis estadístico

En primer lugar, se registraron todas las variables en una hoja de Excel para posteriormente analizarlas mediante el paquete de estadística SPSS v.24 (Chicago, IL) para Windows.

En segundo lugar y para garantizar la calidad del dato de las variables observacionales de la sesión de surf, se realizaron 4 sesiones previas al estudio. Dichas sesiones fueron analizadas por dos observadores diferentes: el observador A (investigador de la presente tesis) y el observador B (entrenador de surfistas internacionales con más de 10 años de experiencia). Posteriormente y para conocer la concordancia interobservadores e intraobservador, se realizó el análisis estadístico Kappa de Cohen ( $k$ ) en las variables de número de olas y número de maniobras. Para el análisis de esta prueba estadística hay diferentes rangos y en la presente tesis únicamente se ha tomado como aceptable el más elevado, que hace referencia a los valores entre 0,8-1.

La significación estadística se estableció en el 5% ( $p < 0,05$ ) para los análisis estadísticos que se describen a continuación. En tercer lugar, se realizó la prueba no paramétrica de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ) para analizar la normalidad de cada variable. En cuarto lugar, con cada variable se realizó un análisis descriptivo obteniendo las medias con sus desviaciones estándar. En quinto lugar, para relacionar las diferentes variables, se utilizaron las pruebas de correlación bivariadas de Pearson ( $p < 0,05$ ). En este análisis, dependiendo de la magnitud de esta prueba estadística las correlaciones pueden ser de diversas categorías:

- *Correlación perfecta:  $r = 1$*
- *Correlación muy alta:  $r = 0,8-0,99$*
- *Correlación alta:  $r = 0,6-0,8$*
- *Correlación moderada:  $r = 0,4-0,6$*
- *Correlación baja:  $r = 0,2-0,4$*
- *Correlación muy baja:  $r = 0,2$  o menos*
- *Correlación muy baja:  $r = 0,2$  o menos*
- *Correlación nula:  $r = 0$*

(Galindo-Domínguez, 2020)

Por último, para comparar las medias se utilizaron las pruebas de muestras relacionadas con el tets t-Student, con un nivel de significación de  $\alpha < 0,05$ . También se calculó el tamaño del efecto con la prueba  $d$  de Cohen para analizar la magnitud de las diferencias. Esta prueba se valoró de la siguiente forma:

- *Tamaño del efecto pequeño:  $0,2 - 0,3$*
- *Tamaño del efecto medio: entorno al  $0,5$*
- *Tamaño del efecto grande:  $> 0,8$*

(Galindo-Domínguez, 2020)



## **Capítulo 4**

# **Análisis de la composición corporal en surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva**



**ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN SURFISTAS  
RECREATIVOS VIZCAÍÑOS DE ALTA ESPECIALIZACIÓN DEPORTIVA**

**4.1 Introducción**

**4.2 Objetivos e hipótesis**

**4.2.1 Objetivos**

**4.2.2 Hipótesis**

**4.3 Resumen del procedimiento**

**4.4 Resultados**

**4.5 Discusión**

**4.6 Conclusiones**



## **4. Análisis de la composición corporal en surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva**

### **4.1 Introducción**

Hoy en día, los técnicos del deporte, médicos, entrenadores, preparadores físicos, etc., son conscientes de la importancia de la cineantropometría para conseguir un rendimiento óptimo en la mayoría de los deportes (Wilmore & Costill, 2004), y los deportes acuáticos no son una excepción (Carter & Ackland, 1994). En cada disciplina deportiva se pueden encontrar unos valores óptimos para conseguir el éxito deportivo (Wilmore & Costill, 2004), concepto que se conoce como "optimización morfológica" (Gutiérrez et al., 2010).

Las características morfológicas, tamaño y composición corporal, pueden verse alteradas por algunos genes (Carter & Ackland, 1994; Willer et al., 2009; Wilmore & Costill, 2004), pudiendo adaptarse mediante las actividades físico-deportivas (Ackland et al., 2003; Metaxas et al., 2014) y/o adaptando la dieta (Ackland et al., 2003; Carter & Ackland, 1994; Wilmore & Costill, 2004). Es decir, cada disciplina deportiva se adecúa a sus características antropométricas para poder habituarse a la sobrecarga, gesto biomecánico, características fisiológicas, características técnicas y reglas de dicha modalidad deportiva (Carter & Ackland, 1994; Gutiérrez et al., 2010; Wilmore & Costill, 2004).

Según Wilmore y Costil (2004), se tienen en cuenta diferentes variables para el análisis de las características antropométricas:

- El ***tamaño corporal***, que hace referencia a la masa corporal y a la altura.
- La ***compleción corporal***, que depende de la morfología y es evaluada por la muscularidad, linealidad y adiposidad.
- La ***composición corporal***, que, indicando los componentes bioquímicos, obtiene la información sobre la masa grasa, masa magra y masa ósea.

Las mediciones de la composición corporal se pueden realizar de diferentes maneras. Entre las más conocidas se encuentran los pliegues cutáneos y la bioimpedancia eléctrica (Ackland et al., 2012).

Respecto al primer método mencionado, los pliegues cutáneos, se han realizado desde principios del siglo XX para valorar a los deportistas, habiéndose analizado registros de los pliegues cutáneos en las olimpiadas de 1928 en Ámsterdam (Tanner, 1965). A causa de la variabilidad de los resultados obtenidos con este método, en 1986 se realizó una estandarización del método de medición ya que el realizar la medición con 1 cm de diferencia podría crear una variabilidad muy importante (Lohman et al., 1988; Marfell-Jones et al., 2001). Realizando un registro de los pliegues cutáneos, diámetros y perímetros de diferentes zonas del cuerpo, se puede calcular mediante fórmulas el somatotipo, los porcentajes grasos y musculares (Ackland et al., 2012; Marfell-Jones et al., 2001; Wilmore & Costill, 2004).

Así mismo, este método se ha utilizado también para el registro del sumatorio de pliegues, siendo otra de las variables para conocer mejor el perfil graso. Estas han variado desde el sumatorio de 4 pliegues hasta de 9 para las mediciones en diferentes modalidades deportivas (Ackland et al., 1998; Ackland et al., 2003; Barlow, Findlay et al., 2014; Fernández-López et al., 2012; Méndez-Villanueva et al., 2005; Sheppard & Chapman, 2012; Spent et al., 1993).

Dependiendo del número de pliegues que se tomen, se pueden clasificar de la siguiente manera, según Canda, (2012):

- Sumatorio 4 pliegues: tríceps, subescapular, supraespinal y abdominal.
- Sumatorio 5 pliegues: tríceps, bíceps, subescapular, cresta iliaca y pierna medial.
- Sumatorio 6 pliegues: tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pierna medial.
- Sumatorio 7 pliegues: bíceps, tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pierna medial.
- Sumatorio 8 pliegues: tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pierna medial, bíceps y cresta iliaca.

Los estudios realizados en surfistas se han realizado con tres de las sumas anteriormente mencionadas, la de 6 pliegues, 7 y 8, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 19**  
Sumatorio de pliegues de los surfistas en diferentes estudios

Registro de sumatorio de pliegues	Estudio	Tipo de surfista / Nivel del surfista	Resultados (mm)
Σ de 6 pliegues	Méndez-Villanueva et al., (2005)	Internacionales	47,3 ± 7,3
		Regional	46,5 ± 15,4
	Fernández-López et al., (2012)	Juniors Internacionales	57,03 ± 12,29
	Barlow, Findlay et al., (2014)	Profesionales (Internacionales)	64,29 ± 28,14
Juniors Internacionales		50,74 ± 14,33	
Σ de 7 pliegues	Sheppard et al., (2012)	Internacional	64,4 ± 20,7
		Junior internacional	69,9 ± 25,7
	Tran, Lundgren et al., (2015)	Seleccionados para la selección nacional	41,74 ± 10,83
		No seleccionados para la selección nacional	49,25 ± 13,04
Σ de 8 pliegues	Fernández-Gamboa et al., (2017)	Ranking 1-50	75,8 ± 22
		Ranking 51 <	109,5 ± 42,7*

**Nota:** \* Significativamente diferentes respecto a surfistas de mayor nivel ( $p < 0,05$ ).

Σ = Suma.

En los estudios de sumatorio de 6 pliegues, los resultados oscilan entre 46-64 mm como se puede observar en la tabla 19. En ninguno de estos estudios han encontrado diferencias significativas entre los grupos de diferentes niveles y categorías. En los que se ha utilizado la metodología de sumatorio de 7 pliegues, al igual que en las anteriores investigaciones, no encontraron diferencias entre los diferentes grupos de surfistas, con resultados que oscilaban entre 41 y 69 mm. En la investigación de Fernández-Gamboa y colaboradores (2017), en cambio, con la suma de 8 pliegues parece haber diferencias significativas entre el grupo de mayor rendimiento, obteniendo resultados inferiores en los surfistas que mejor posición tenían en el ranking.

No obstante, la suma de los pliegues cutáneos no es el único método para valorar las características corporales de los deportistas. En los años ochenta empezaron a analizar la composición corporal con el método de la impedancia bioeléctrica (BIA), siendo un método validado para dichas mediciones (Elia et al., 2000; Lukaski et al., 1986; Matthie, 2008; Pietrobelli et al., 2004). La bioimpedancia multifrecuencia se puede usar para cuantificar

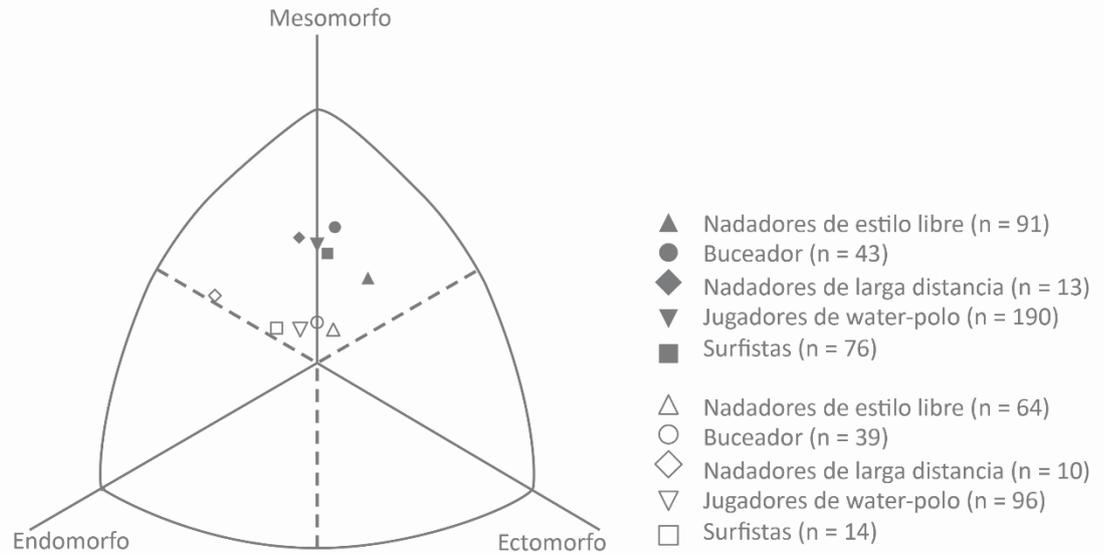
la distribución de agua inter y extracelular (Matthie, 2008). Los electrodos reciben el flujo de corriente eléctrica, que dependerá de la cantidad de agua y electrolitos que tengan los tejidos en su interior, dando a conocer variables como porcentaje graso, muscular y óseo (Matthie, 2008; Pietrobelli et al., 2004; Wilmore & Costill, 2004).

Los médicos han utilizado durante años la metodología del BIA para obtener estimaciones de la masa muscular (Elia et al., 2000) y el porcentaje muscular (Ackland et al., 2012), encontrando una correlación elevada ( $p < 0,01$ ;  $R^2 = 0,96$ ) con métodos como la absorciometría de rayos X de energía dual (Kim et al., 2002).

Haciendo referencia al tamaño corporal y a la complejidad corporal, ésta puede variar dependiendo de la actividad física realizada y por las características específicas de dicha actividad (Ackland et al., 2003; Fleck, 1983; Gutiérrez et al., 2010; Metaxas et al., 2014). De hecho, se han preparado diferentes entrenamientos para cambiar el fenotipo de los deportistas y de esa manera optimizar el rendimiento, utilizarlo en programas de detección de talentos, o para crear las adaptaciones requeridas para la práctica deseada (Landers et al., 2000).

Con los resultados antropométricos de talla, masa corporal, pliegues, diámetros y perímetros se puede analizar la composición corporal (Gutiérrez et al., 2010; Marfell-Jones et al., 2001; Wilmore & Costill, 2004). En los deportistas españoles, los resultados obtenidos por Canda (2012) respecto al somatotipo fueron de 2,3 en endomorfismo, de 5,3 en mesomorfismo y de 2,7 en ectomorfismo. Para ello, este autor analizó a deportistas de diferentes modalidades como lanzamientos de atletismo, balonmano, boxeo (semipesado, superligero y welter), esquí alpino, esgrima sable, fútbol, fútbol sala, gimnasia artística, golf, halterofilia, hockey hierba, kárate, katas, judo, natación saltos, pádel, piragüismo, rugby, tiro con arco, tiro olímpico y waterpolo.

Los surfistas han sido comparados anteriormente con otros deportes acuáticos en los que se realiza una gran cantidad del tiempo de la práctica deportiva remando con los brazos, obteniendo resultados similares como se puede observar en la figura 11 (Méndez-Villanueva & Bishop, 2005).



**Figura 11 Somatotipo de diferentes deportes acuáticos, incluido el surf**

**Fuente:** Adaptado de (Lowdon, 1980) citado en "Physiological aspects of surfboard riding performance." por Méndez-Villanueva, A., & Bishop, D. , 2005. *Sports Med*, 35(1), p. 60.

**Nota:** Las figuras con el interior negro son deportistas masculinos y con el interior blanco son deportistas femeninas.

No obstante, como se ha podido ver anteriormente en el marco teórico, se pueden encontrar resultados diferentes entre los surfistas dependiendo del nivel y categoría, pudiendo observar relaciones estadísticamente significativas con el rendimiento en competición (Barlow et al., 2014) y variables fisiológicas como la potencia obtenida en el OBLA (Fernández-López et al., 2012). Haciendo referencia a la mesomorfia, parece haber diferencias significativas entre los surfistas profesionales (mesomorfia de 5) y los surfistas tanto junior (mesomorfia de 3,72) como adultos de nivel intermedio (mesomorfia de 3,57). Por otro lado, en lo que se refiere a la ectomorfia, únicamente se han encontrado diferencias respecto al nivel de los surfistas entre profesionales (1,03) y surfistas de nivel intermedio (2,42) (Barlow et al., 2014).

## 4.2 Objetivos e hipótesis

### 4.2.1 Objetivos

Los objetivos de este estudio son:

- Determinar las características antropométricas y la composición corporal de surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva.
- Relacionar los años de práctica surfando con los porcentajes musculares y grasos en un grupo de surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva.

### 4.2.2 Hipótesis

Teniendo en cuenta la literatura científica publicada con relación a la presente temática, las hipótesis de la presente investigación son las siguientes:

- Los surfistas recreativos vizcaínos tienen mayor porcentaje muscular en el tren superior que en el inferior.
- Los surfistas recreativos vizcaínos con mayor experiencia tienen mayor porcentaje muscular en el tren superior que los surfistas recreativos con menor experiencia.

## 4.3 Resumen del procedimiento

En este estudio participaron 20 surfistas sanos ( $23,85 \pm 6,65$  años;  $175,86 \pm 8,02$  cm;  $70,30 \pm 6,18$  kg) con alta especialización deportiva y un alto nivel de habilidades técnicas específicas del surf. Para mayor información, véase el apartado 3.1.

Se estudiaron las características cineantropométricas de los surfistas y su influencia con los años de experiencia practicando este deporte. Para ello, se analizaron las características antropométricas obtenidas con el método ISAK (véase apartado 3.4.1), la bioimpedancia eléctrica (véase apartado 3.4.2) y los años de experiencia de los surfistas.

Posteriormente se analizó la influencia de los años de experiencia en las características cineantropométricas.

## 4.4 Resultados

Antes de dar inicio al apartado de los resultados cabe mencionar que todas las variables respetaban la normalidad según el análisis de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ).

Respecto a los resultados de la cineantropometría, como se puede ver en la tabla 20, se hacen 3 diferenciaciones: a) somatotipo, b) análisis grasa y c) análisis muscular. Respecto al somatotipo se puede observar que los surfistas analizados tienen un componente principalmente mesomorfo ( $4,18 \pm 0,86$  mesomorfia,  $2,97 \pm 0,83$  endomorfia y  $2,77 \pm 0,87$  en la ectomorfia).

Inciendo en el perfil de los adipocitos, se puede observar que el índice de masa corporal ha sido de  $22,64 \pm 1,64$ , con un sumatorio de pliegues cutáneos de  $60,26 \pm 11,81$  mm y un porcentaje grasa de  $12,08 \pm 1,45\%$ . Cabe decir que ninguna de estas variables se ha relacionado con los años de experiencia o las sesiones semanales realizadas por los surfistas.

Al observar el perfil muscular se puede ver que tienen una media de un  $47,44 \pm 1,47\%$ , con un predominio sobre el tren superior respecto al inferior ( $57,89 \pm 1,41\%$  vs.  $42,11 \pm 1,41\%$ ). No obstante, no parece haber diferencias significativas entre las extremidades del lado derecho y el izquierdo (brazos  $79,52 \pm 3,97\%$  vs.  $78,41 \pm 4,94\%$ ; piernas  $77,57 \pm 7,95\%$  vs.  $77,07 \pm 8,1\%$ ).

El porcentaje muscular del tren superior se correlaciona negativamente con los años de experiencia ( $r = -0,530$ ;  $R^2 = 0,28$ ;  $p < 0,01$ ), mientras que el porcentaje muscular del tren inferior se correlaciona positivamente ( $r = 0,530$ ;  $R^2 = 0,28$ ;  $p < 0,01$ ).

Haciendo referencia al resto de variables cineantropométricas de los surfistas a estudiar, no se ha encontrado ninguna relación estadísticamente significativa con la experiencia de los surfistas.

**Tabla 20**  
**Características cineantropométricas generales y su correlación con los años de experiencia surfando (n=20)**

<b>Variables Cineantropométricas</b>	<b>Media <math>\pm</math> <i>sd</i> (C.V)</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Correlación de Pearson (<i>r</i>)</b>
<b>Somatotipo:</b>			
Endomorfia	2,97 $\pm$ 0,83 (0,28)	1,31 - 4,49	0,200
Mesomorfia	4,18 $\pm$ 0,86 (0,21)	2,57 - 6,07	0,263
Ectomorfia	2,77 $\pm$ 0,87 (0,32)	0,77 - 4,56	-0,169
<b>Análisis grasa</b>			
IMC	22,64 $\pm$ 1,64 (0,06)	19,80 - 25,20	0,220
$\Sigma$ 6 pliegues	60,26 $\pm$ 11,81 (0,20)	39,50 - 84,50	0,068
Porcentaje grasa	12,08 $\pm$ 1,45 (0,12)	9,60 - 15,80	0,247
<b>Análisis muscular</b>			
% muscular	47,44 $\pm$ 1,47 (0,03)	44,80- 51,20	-0,298
% muscular del tren superior	57,89 $\pm$ 1,41 (0,02)	55,90 - 60,80	-0,530**
% muscular del tren inferior	42,11 $\pm$ 1,41 (0,03)	39,20 - 44,10	0,530**

**Nota:** \*\* Correlación significativa con años de experiencia surfando  $p < 0,01$ . C.V = Coeficiente de variación.

## 4.5 Discusión

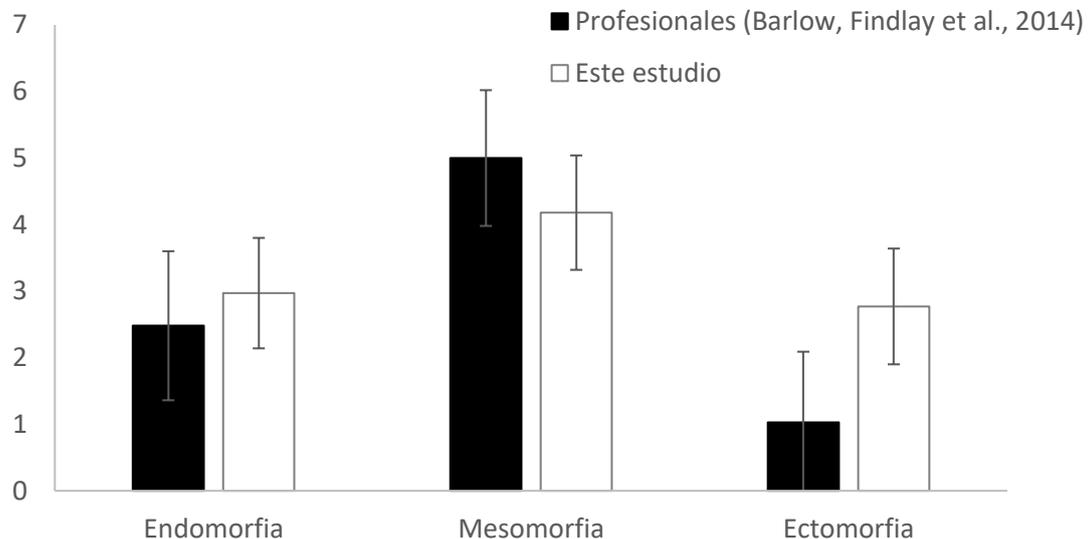
El análisis del somatotipo de los deportistas es de especial importancia para poder optimizar el rendimiento de éstos. Las recomendaciones globales para la población deportista masculina respecto al somatotipo son de 2,4 de endomorfia, 5,3 de mesomorfia y 2,6 en la ectomorfia (Gutiérrez et al., 2010). En los surfistas analizados en este estudio, los valores han sido de 2,97  $\pm$  0,83, 4,18  $\pm$  0,86 y 2,77  $\pm$  0,87 respectivamente, siendo valores algo más elevados en la endomorfia y la ectomorfia. Aun así, la mayor diferencia

se puede observar en la mesomorfia, ya que está por debajo de los índices que reportan Gutiérrez y colaboradores (2010).

Según el estudio realizado por Barlow, Findlay et al., (2014), la mesomorfia y la endomorfia están correlacionadas con el rendimiento en el surf. La primera tiene una relación positiva, sugiriendo que a mayor mesomorfia los surfistas podían obtener mejores posiciones en el ranking y la segunda correlaciona negativamente, es decir, que a mayor endomorfismo el rendimiento al surfear podría descender.

Los surfistas recreativos de este estudio tienen una menor mesomorfia que los surfistas profesionales ( $4,18 \pm 0,86$  vs.  $5,00 \pm 1,02$ ;  $d$  Cohen= 3,09), ratificando la diferencia hallada por Barlow, Findlay et al., (2014) entre los surfistas de diferente nivel (figura 12).

En cuanto a la ectomorfia, es llamativa la diferencia observada entre los surfistas recreativos de este estudio y los surfistas profesionales ( $2,77 \pm 0,87$  vs.  $1,03 \pm 1,06$ ;  $d$  Cohen= 2,88), ya que estos mismos autores no encontraron relación entre esta variable y el rendimiento. Futuras investigaciones podrían profundizar en esta relación.



**Figura 12** Diferencia del somatotipo en surfistas profesionales y recreativos

En cuanto al IMC, una vez más los surfistas se encuentran dentro de los índices normales según el American College of Sports Medicine (ACSM, 2008). Parece ser que los surfistas profesionales tienen valores inferiores en el índice de masa corporal respecto a otros deportes acuáticos en los que predominan las acciones realizadas con los miembros

superiores del cuerpo como por ejemplo los nadadores de larga distancia (Felder et al., 1998). Así mismo, en un estudio en el que se compararon diferentes tipos de surfistas según su nivel deportivo, no se encontraron diferencias significativas entre surfistas profesionales y surfistas de nivel intermedio, obteniendo valores parecidos a los del presente estudio, que oscilaban entre 23-24 kg/m<sup>2</sup>. Cabe mencionar que, respecto al IMC, tampoco hay evidencia suficiente para indicar que los surfistas obtendrán valores que difieran a los observados en otros deportes como puede ser la natación.

En el surf se han realizado 3 tipos de sumatorios de pliegues: sumatorios de 6 (Barlow, Findlay et al., 2014; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Méndez-Villanueva et al., 2005), de 7 (Tran, Lundgren et al., 2015) y de 8 pliegues cutáneos (Fernández-López et al., 2012). En este estudio se obtuvieron los resultados mediante el sumatorio de 6 pliegues. Comparándolos con los estudios realizados con esa misma metodología se puede observar que, con los primeros estudios realizados con surfistas, hay una diferencia considerable de alrededor de 10 mm. La media obtenida en el presente estudio fue de 60,26 ± 11,81 mm mientras que, en otros, realizados con surfistas de competición, registraron un sumatorio de 47,6 ± 7,3 mm (Méndez-Villanueva et al., 2005) y de 47,1 ± 11,2 mm (Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010). Sin embargo, con estudios más recientes, los valores se asemejan a los de esta investigación, tanto al compararlos con profesionales como con surfistas de competición de nivel intermedio siendo de 64 mm en los dos casos (Barlow, Findlay et al., 2014).

Pese a que en otras disciplinas deportivas la relación del % graso y rendimiento tenga incidencia directa en el éxito deportivo (Ackland et al., 2003; Carter & Ackland, 1994), entre surfistas de diferentes niveles parece no haber diferencias significativas. Tampoco parece haberlas entre surfistas de nivel intermedio y profesionales (Barlow, Findlay et al., 2014), ni entre surfistas de nivel regional e internacional (Méndez-Villanueva et al., 2005), ni entre surfistas seleccionados para las competiciones de nivel internacional y los no seleccionados (Tran, Lundgren et al., 2015).

Además, parece no haber correlación directa con el ranking en competiciones internacionales (Fernández-López et al., 2012). Aun así, en un estudio más reciente han encontrado diferencias significativas entre las cincuenta primeras posiciones del ranking y el resto de surfistas ( $p < 0,05$ ;  $d$  de Cohen 1,53), teniendo valores más bajos en los primeros puestos de dicho ranking (Fernández-Gamboa et al., 2017).

La poca diferencia hallada entre surfistas de nivel intermedio y profesionales que se ha encontrado en los diferentes estudios puede deberse a dos motivos: 1) que esta variable no sea importante para el rendimiento; o 2) que los surfistas profesionales analizados no sean del más alto nivel, ya que ninguno menciona que pertenezcan al World Championship Tour.

Las recomendaciones de los porcentajes musculares y grasos para alcanzar el éxito deportivo general, en el caso de los hombres, son de 47,4% y de 11,3% respectivamente (De Rose & Guimaraes, 1980). A nivel de la población deportista española, los porcentajes son muy parecidos, ya que el porcentaje muscular es del 46% y el graso del 10,3% (Canda, 2012). Es necesario mencionar que estos porcentajes se refieren a la actividad deportiva general y que pueden variar sensiblemente dependiendo de la disciplina deportiva practicada (Spent et al., 1993).

La natación es un deporte que se asemeja a la fase aeróbica de los surfistas cuando reman con un predominio de las acciones del tren superior, por la técnica de la remada y la posición corporal, pudiendo incidir en la composición corporal (Méndez-Villanueva & Bishop, 2005). El porcentaje muscular de los nadadores del más alto nivel es aproximadamente el 47,7% y el graso de 11,3% (Gutiérrez et al., 2010), por lo que los valores de los surfistas aficionados analizados en este estudio son similares.

Aunque estos surfistas no sean de nivel profesional, se debe tener en cuenta que realizan una media de 6 sesiones semanales, lo que es más que suficiente para conseguir adaptaciones en dichos parámetros según las indicaciones de la ACSM (2008). Además, se debe clarificar que parece no haber una relación entre el porcentaje de grasa y el rendimiento en el surf (Barlow, Findlay et al., 2014), por lo que esta variable se ha descartado como factor que pueda incidir en el rendimiento deportivo, siempre que los valores estén dentro de las recomendaciones saludables (Furness et al., 2018).

Al diferenciar el porcentaje de masa muscular segmental, la de los miembros inferiores y la de los miembros superiores, en este estudio se observa una diferencia significativa a favor del tren superior (42,11% vs. 57,89%). Al analizar la población general se encuentra lo contrario, habiendo un predominio sobre la masa muscular del tren inferior respecto al superior (54,9% vs. 42,9%) (Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000).

Esta diferencia puede estar causada por el ejercicio realizado, ya que los surfistas realizan más de un 42% de la sesión de surf remando encima de la tabla con un predominio de la

musculatura de los miembros superiores, ya sea para volver a la rompiente o para coger la ola. Sin embargo, el predominio de los miembros inferiores en la fase de surf o "*wave riding*" varía entre solamente un 2,5% en sesiones recreativas y un 8% en competición respecto al tiempo total de la sesión (Farley, 2011; Farley et al., 2012; Lowdon, 1989; Méndez-Villanueva et al., 2006; Secomb et al., 2015b).

Esto implica que la remada puede crear adaptaciones en las capacidades neuromusculares, propioceptivas (Boyle, 2016; Izquierdo, 2008; Paillard, Margnes, Portet, & Breucq, 2011), y estructurales del músculo (Bosco, 2000; Chicharro & Vaquero, 2006; Hall, 2016; Izquierdo et al., 2004; Metaxas et al., 2014; Spenst et al., 1993).

Además de las diferencias en el porcentaje muscular de los distintos segmentos, en este estudio se ha observado una correlación negativa entre los años de experiencia y la masa muscular relativa del tren superior en relación a la del tren inferior ( $r = -0,530$ ;  $R^2 = 0,28$ ;  $p < 0,01$ ), como ya se ha explicado anteriormente. Esto podría indicar que hay una relación entre más años surfados y la distribución de la masa muscular, asociado a un descenso de la masa muscular del tren superior y a un aumento del tren inferior, teniendo en cuenta que no es una relación de causa-efecto.

Este descenso parece no poder justificarse por el descenso muscular que presentan los seres humanos con la edad, ya que la masa muscular empieza a decrecer alrededor de los 40-45 años de edad (ACSM, 2008; Janssen et al., 2000) y los deportistas analizados tienen una media de 23 años, estando en una fase de aumentar o mantener su masa muscular. Además, se debe mencionar que los descensos de la masa muscular con la edad son más acentuados en el tren inferior en relación al superior (Janssen et al., 2000).

Las características de los deportistas, como la edad y el nivel de actividad física realizado, juegan un papel importante en la coexpresión de las fibras y por consiguiente alteran significativamente el perfil metabólico desde la adolescencia. Además, las adaptaciones musculares están vinculadas a las características de la actividad física realizada, teniendo en cuenta la experiencia previa con dicha actividad específica, la intensidad y frecuencia a la que se realiza (Metaxas et al., 2014). Una explicación posible de estos resultados podría ser que los surfistas con más experiencia adoptan estrategias metabólicamente más económicas a la hora de remar hacia la rompiente, evitando la zona de impacto de la ola y aprovechando las corrientes marinas.

Se debería analizar con más profundidad la relación entre los años de experiencia y la distribución de la masa muscular del tren superior y el inferior, ya que el presente estudio ha sido el primero en el que se ha estudiado dicha relación y con un estudio longitudinal se podría ratificar este resultado.

## 4.6 Conclusiones

Haciendo referencia al primer objetivo del presente estudio, se pretende determinar las características antropométricas y la composición corporal de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva. Se puede concluir que estos surfistas tienen un mayor desarrollo en la musculatura del tren superior respecto al inferior, con un predominio de la mesomorfia respecto a la endomorfia y la ectomorfia y con un sumatorio de pliegues superior al de los surfistas de competición.

En cuanto al segundo objetivo del estudio, en el que se pretendía analizar la posible relación entre los años practicando surf y el porcentaje de masa muscular, los hallazgos parecen indicar que los surfistas con más años de experiencia tienen un descenso en el porcentaje de masa muscular del tren superior. Esto sugiere que los surfistas noveles dependen casi exclusivamente de la fuerza de los brazos a la hora de remar hacia la rompiente y que con los años de experiencia adoptan estrategias más eficientes interpretando mejor las condiciones marítimas.



## **Capítulo 5**

# **Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva**



**INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA DE LAS SESIONES EN LAS CAPACIDADES FÍSICAS Y TÉCNICO-TÁCTICAS DE LOS SURFISTAS RECREATIVOS VIZCAÍÑOS DE ALTA ESPECIALIZACIÓN DEPORTIVA**

**5.1 Introducción**

**5.2 Objetivos e hipótesis**

**5.2.1 Objetivos**

**5.2.2 Hipótesis**

**5.3 Resumen del procedimiento**

**5.4 Resultados**

**5.5 Discusión**

**5.6 Conclusiones**



## **5. Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva**

### **5.1 Introducción**

En el ámbito deportivo, se deben tener en cuenta las características de la actividad realizada para conocer las respuestas fisiológicas y las adaptaciones que puede generar dicha actividad (Billat, 2002; Hall, 2016). Del mismo modo, es imprescindible conocer la intensidad, volumen y frecuencia al realizar las prácticas deportivas para poder comprender las adaptaciones que puedan generarse en el organismo (Billat, 2002; Boyle, 2016; Hall, 2016; Verhoshansky & Siff, 2004; Weineck, 2005).

A la hora de analizar una sesión con los surfistas es imprescindible conocer las habilidades de los surfistas, ya que podría influir en el organismo (Farley et al., 2012; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005). Para ello, Hutt y colaboradores (2001) realizaron una clasificación de las habilidades del surfista del 1 al 10, siendo 1 el nivel más bajo y el 10 el más alto. Esa escala varía dependiendo del tamaño y del ángulo de desplazamiento de las olas que son capaces de surfear, independientemente de la dificultad de las mismas.

Parece ser que hay una relación significativa entre las habilidades del surfista y la altura de ola percibida por el mismo surfista. Además, parece ser que los surfistas más experimentados buscan y surfean olas más grandes que los no experimentados (Barlow, Gresty et al., 2014), incrementando la velocidad en la fase de surfeo (Dally, 2001).

Asimismo, en el estudio mencionado anteriormente de Barlow y colaboradores (2014), sugieren que los surfistas más capacitados realizan distancias más largas remando y surfeando al finalizar la sesión, y que además cogen más olas durante la sesión.

Otra de las variables a estudiar en surfistas ha sido el análisis de las concentraciones de lactato sanguíneo, ya que es una de las variables más utilizadas en el ámbito del rendimiento deportivo. Es un método sencillo, válido y sensible que puede dar la información necesaria sobre aspectos relacionados con la fatiga y percepción del esfuerzo, dando la oportunidad de evaluar la aptitud física y prescribir el ejercicio físico a intensidades concretas de entrenamiento (Bishop & Martino, 1993; Foxdal et al., 1990).

No obstante, se debe tener en cuenta que es un tema delicado con bastante controversia, hallando discusiones en base a tres preguntas (Bishop & Martino, 1993; Foxdal et al., 1990):

1. ¿De qué vasos sanguíneos y en qué localización se han hecho las extracciones (arteria, capilar o vena)?
2. ¿Qué técnica de análisis ha sido utilizada?
3. ¿Qué tipo de analizadores se han utilizado?

Además de lo señalado anteriormente, se debe tener en cuenta que los valores de lactato pueden ser diferentes dependiendo del protocolo que se haya utilizado (Fric et al., 1988; Sjodin & Jacobs, 1981). Para evitar los errores metodológicos y que las pruebas sean válidas y reproducibles, se deben tener en cuenta los siguientes factores (Bishop & Martino, 1993):

- Lugar de extracción sanguínea.
- La manipulación y análisis de la muestra.
- La calibración del analizador.
- Conocer el tipo de vía sanguínea (arteria, vena o capilar).
- Conocer el protocolo del test.
- Conocer las actividades del sujeto en las horas previas (ejercicio físico, nutrición...).
- Saber la validez, precisión y fiabilidad del analizador.

La mayor parte del lactato producido durante el ejercicio se elimina mediante la vía metabólica oxidativa. También es absorbido por el riñón, corazón, hígado y muy poco por el músculo. Por último, el resto del lactato se resintetiza en glucógeno (Brooks et al., 1973; Gaesser & Brooks, 1984).

Con los valores de lactato se puede calcular el umbral anaeróbico, una de las variables más utilizadas para el análisis de las capacidades aeróbicas (Arratibel et al., 2016; Billat et al., 2003; Fric et al., 1988).

Este concepto ha variado dependiendo de la concentración de lactato en sangre, la denominación de la definición y por los protocolos utilizados, como puede verse resumido en la Tabla 21.

**Tabla 21**  
**Clasificación de las diferentes terminologías en la literatura para definir el aumento brusco del lactato sanguíneo durante el ejercicio, en función de su intensidad y duración**

Lactato sanguíneo (mmol/L)	Definiciones y denominaciones	Protocolos de determinación del umbral láctico	Autores, fechas
<b>Valor basal +1</b>	<i>Onset of plasma lactate accumulation</i> (OPLA) (traducido por inicio de acumulación del lactato plasmático). VO <sub>2</sub> observado durante un ejercicio incrementado, correspondiente a una lactacidemia de 1 mmol/L por encima de su valor basal.	Test incrementado, discontinuo, que comprende 8 etapas de 5 minutos.	Farrel y cols. (1979)
<b>2,2</b>	<i>Maximal steady state</i> (traducido por estado estable máximo) se define como el consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca y/o velocidad a la que la concentración de lactato plasmático es igual a 2,2 mmol/L.	Dos etapas discontinuas de 10 o 15 minutos.	Londeree y Ames (1975) Lafontaine y cols. (1981)
<b>2,5</b>	<i>Lactate threshold</i> , (traducido por umbral láctico), la intensidad de ejercicio que induce una lactacidemia de 2,5 mmol/L, después de 10 minutos de ejercicio.	Test incrementado formado por etapas discontinuas de 10 minutos (recuperación de 5 minutos).	Hagberg y Coyle (1983)
<b>4</b>	<i>Anaerobic threshold</i> (traducido por umbral anaeróbico), el VO <sub>2</sub> en que la velocidad se asocia a una lactacidemia de 4 mmol/L.	Test incrementado formado por etapas continuas de 3 minutos.	Kindermann y cols. (1979) Heck y cols. (1985)
<b>4</b>	<i>Onset of blood lactate accumulation</i> (OBLA) traducido por inicio de acumulación del lactato sanguíneo), que corresponde a un aumento brusco de la lactacidemia alrededor de 4 mmol/L.	Test incrementado formado por etapas continuas de 4 minutos.	Sjödin y Jacobs (1981)
<b>2-7</b>	<i>Individual aerobic threshold</i> (IAT) (traducido por umbral anaeróbico individual). Potencia de ejercicio máximo para la cual el aumento del lactato sanguíneo en los músculos es igual a su difusión en la sangre.	Test incrementado formado por etapas continuas de 4 minutos con medidas de la lactacidemia a partir de muestras sanguíneas extraídas una vez interrumpido y durante cada minuto después del ejercicio.	Stegmann y Kindermann (1982)
<b>3,5-5</b>	<i>Lactate threshold</i> (traducido por umbral áctico), punto de inicio de aceleración de la acumulación de lactato sanguíneo, alrededor de 3,5 y 5 mmol/L expresado en % del VO <sub>2</sub> máx.	Test incrementado que consta de etapas continuas de 3 minutos.	Aunola y Rusko (1984)
<b>2,2-6,8</b>	<i>Maximal steady state of blood lactate concentration</i> (MLSS) (traducido por estado estable máximo de la lactacidemia), Intensidad de ejercicio (Wcl) que produce el MLSS.	Dos etapas de intensidad submáxima (de 60-65% y 75-80% del VO <sub>2</sub> máx.) de 20 minutos, separadas por 40 min de reposo completo.	Chassain (1986) Billat y cols. (1994)

**Fuente:** Adaptado de "Fisiología y metodología del entrenamiento." por .Billat, V., 2002. Barcelona: Paidotribo, p. 157.

El análisis del umbral anaeróbico, como en muchos otros deportes, también se ha estudiado en el surf. Méndez-Villanueva y sus colaboradores (2005) realizaron el primer estudio que relacionó el umbral anaeróbico con el rendimiento en surfistas. Hicieron el registro de 15 surfistas de competición separados en dos grupos: nivel internacional y nivel regional. Realizaron un test incremental con un ergómetro modificado de natación empezando a 30 W, aumentando 15 W la potencia cada 3 minutos hasta alcanzar los 75 W, y a partir de esa potencia se realizaban 2 minutos a máxima intensidad o hasta llegar al agotamiento. Observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los dos grupos calculando al porcentaje sobre el  $VO_2$  pico en que se encontraba el umbral de 4 mmol/L (LT4), siendo del 95% en los surfistas de mayor nivel y del 89% en los de menor nivel.

En otro estudio con surfistas juniors, realizaron un test incremental comenzando a 30 W y con un incremento de 15 W cada 3 minutos con 1 minuto de descanso, hasta llegar al agotamiento. Observaron que el OBLA se relacionaba positivamente con el ranking obtenido en competición (Fernández-López et al., 2012).

Siguiendo con las concentraciones de lactato, en un estudio realizado por Loveless y Minahan (2010), estudiaron a dos grupos de surfistas. Los de competición realizaban  $13 \pm 3$  sesiones a la semana, invirtiendo un tiempo total de  $18,1 \pm 5,3$  horas, mientras que los surfistas de recreación realizaban  $5 \pm 1$  sesiones y  $7,5 \pm 3,9$  horas semanales. Realizaron un protocolo parecido al estudio de Méndez-Villanueva et al. (2005), que empezaba a un 10% de la potencia alcanzada en un test maximal de 10 segundos realizado previamente, y que aumentaba un 5% en cada incremento hasta alcanzar el 25%. A partir de esa potencia, realizaban 2 minutos a máxima intensidad. Encontraron que los surfistas que más horas practicaban obtenían concentraciones de lactato inferiores al 25% de la potencia máxima ( $1,6 \pm 0,5$  mmol/L vs.  $2,4 \pm 0,9$  mmol/L;  $p < 0,01$ ).

Otros estudios con surfistas de competición que realizaban una media de 13 sesiones por semana invirtiendo un tiempo total de 17 a 18 horas y con surfistas recreativos que realizaban de 3 a 5 sesiones semanales con un total de 4,8-8,56 horas, han obtenido resultados parecidos (LaLanne et al., 2017; Loveless & Minahan, 2010b; Minahan et al., 2016).

De igual modo, al analizar la potencia pico en un esfuerzo de tipo *all out* de 30 segundos, la potencia alcanzada por los surfistas que realizaban más sesiones era mayor ( $404 \pm 98$  W vs.  $292 \pm 56$  W;  $p < 0,01$ ), además con mayores concentraciones de lactato ( $7,8 \pm 1,2$

mmol/L vs.  $4,9 \pm 0,9$  mmol/L) (Minahan et al., 2016). Por estos motivos, diferentes autores sugieren que estas diferencias podrían ser causadas por las horas invertidas practicando surf (Loveless & Minahan, 2010b; Minahan et al., 2016).

Como se puede ver en la tabla 22, las capacidades físicas analizadas son mejores en los surfistas de mayor rendimiento.

**Tabla 22**  
Diferencia entre las variables de rendimiento entre surfistas de distinto nivel

Variables	Estudios	Hallazgos
<b>VO<sub>2</sub> pico y su correspondiente potencia</b>	Furness et al., (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los surfistas de competición alcanzaban mayor consumo de oxígeno pico (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> <li>- Mayor potencia en el consumo de oxígeno pico (<math>p &lt; 0,001</math>).</li> </ul>
	Barlow & Gresty (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los surfistas con mejor posición en el ranking obtenían potencias más elevadas en el punto del pico de consumo de oxígeno (<math>R^2 = 0,79</math>).</li> </ul>
	Méndez-Villanueva et al., (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre los surfistas de nivel internacional y nivel nacional en el consumo de oxígeno pico no había diferencias significativas.</li> <li>- Encontraron diferencias significativas respecto a la potencia obtenida en el pico del consumo de oxígeno, observando potencias más altas en los surfistas de nivel internacional (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- Hallaron una asociación entre la potencia pico y la posición del ranking (<math>p = 0,01</math>; <math>r = - 0,67</math>).</li> </ul>
<b>Umbral anaeróbico</b>	Barlow & Gresty (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observaron una relación entre la posición del ranking y la potencia que obtenían en el umbral anaeróbico ventilatorio (<math>R^2 = 0,38</math>).</li> </ul>
	Méndez-Villanueva et al., (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencias significativas entre los surfistas de nivel internacional y nacional en el porcentaje del consumo de oxígeno correspondiente al umbral anaeróbico mediante su cálculo con LT4 (<math>p &lt; 0,05</math>) siendo mayor en los surfistas internacionales con un <math>95,18\% \pm 3,42</math> del consumo de oxígeno.</li> <li>- Ese mismo porcentaje se asocia con la posición del ranking (<math>p = 0,03</math>; <math>r = 0,57</math>).</li> </ul>
<b>Capacidad de esprints remando</b>	Furness et al., (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor potencia en los surfistas de competición (<math>p &lt; 0,05</math>) al realizar un test de 10 segundos a máxima intensidad.</li> </ul>
	Minahan et al., (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor potencia en los surfistas de competición en un test de 30 segundos a máxima intensidad (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> </ul>

**Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva**

<b>Fuerza/potencia del tren inferior</b>	Tran, Lundgren et al., (2015)	- En un test de 15 metros a máxima velocidad en la piscina los surfistas seleccionados para las competiciones internacionales realizaban dicha distancia en menor tiempo, siendo más rápidos que los que no habían sido seleccionados ( $p < 0,05$ ).
	Farley (2012)	- Realizaron un test de 10 segundos a máxima intensidad, hallaron una relación significativa entre la potencia máxima obtenida y la posición del ranking ( $p = 0,01$ ; $r = 0,55$ ).
	Fernández-Gamboa et al., (2017)	- Observaron que los surfistas de mejor posición en el ranking conseguían mayor altura de salto en el CMJ y el SJ ( $p < 0,01$ ).
	Secomb, Farley, Lundgren, et al., (2015b)	- Relacionaban las puntuaciones de las maniobras con la fuerza y la altura al realizar un CMJ, observando mayor fuerza y altura en los surfistas con mayor puntuación en las maniobras.
	Tran, Nimphius et al., (2015)	- Observaron mayor fuerza aplicada y mayor altura de salto al realizar un "vertical jump" en los surfistas de mayor nivel.

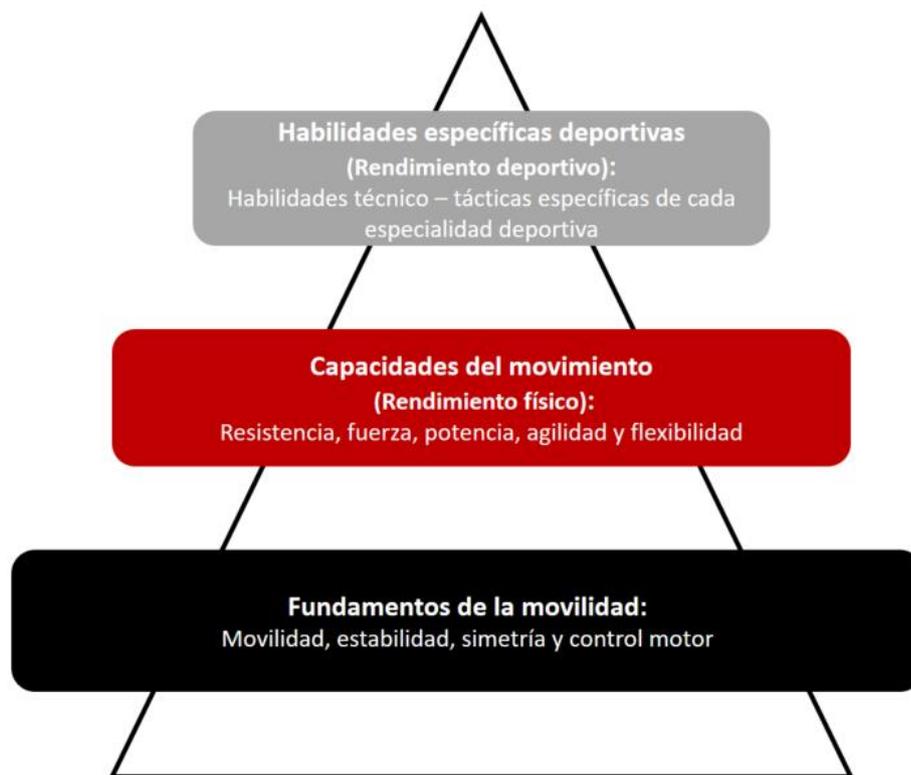
**Nota:** Los test realizados para obtener el consumo pico de oxígeno y los umbrales anaeróbicos han sido test incrementales hasta el agotamiento.

Las adaptaciones físicas y/o fisiológicas dependen de las características de las acciones que se vayan a realizar, entre ellas, intensidad del ejercicio, volumen y frecuencia con la que se practican (Hall, 2016; Verhoshansky & Siff, 2004). En el surf se ha analizado la incidencia de esta última, siendo los surfistas de competición los que más sesiones realizan por semana y los que más tiempo invierten dentro de una misma sesión (Loveless & Minahan, 2010a; Minahan et al., 2016).

Dejando a un lado las capacidades físicas y/o fisiológicas de los surfistas, con los estudios revisados hasta el día de hoy, únicamente el CMJ parece influir en habilidades técnicas como la calidad de las maniobras (Secomb, et al., 2015b). Aun así, se debe tener en cuenta que la experiencia de los deportistas y su desarrollo en una modalidad deportiva es de gran importancia (Brewer, 2017; Schmidt et al., 2018).

Según la pirámide de rendimiento creada por Cook (2003) y adaptada por él mismo en 2010, es imprescindible una gran experiencia para dominar la disciplina deportiva y obtener un rendimiento deportivo óptimo. En la siguiente figura se puede observar que el

rendimiento se basa en tres fases que deben trabajarse secuencialmente para optimizar el rendimiento: fundamentos de la movilidad, capacidades del movimiento y habilidades específicas.



**Figura 13 Pirámide de rendimiento deportivo**

**Fuente:** Adaptado "Movement: Functional movement systems: Screening, assessment, corrective strategies." por Cook, G, 2010. p. 222.

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios en el surf han analizado el rendimiento físico de los surfistas y su nivel deportivo, observando el ranking obtenido en competición (Fernández-Gamboa et al., 2017) o comparando los surfistas de distinto nivel competitivo (Furness et al., 2018), pero casi no se ha tenido en cuenta la experiencia deportiva y la influencia que pueden tener en las habilidades específicas de este deporte. Y, sin embargo, estas variables que se desarrollan mediante una práctica continua de los movimientos son muy importantes en el rendimiento deportivo.

Sorprendentemente, la frecuencia de las sesiones en surfistas no ha sido estudiada a pesar de que es sabido que la frecuencia continua de un estímulo aumenta el rendimiento deportivo progresivamente, siendo uno de los principios del entrenamiento (Weineck, 2005).

La frecuencia de entrenamiento puede afectar a factores que influyen en las capacidades físicas, la hipertrofia (Schoenfeld, 2016), aumento de las capacidades oxidativas y glucolíticas (McArdell et al., 2011) y del control motor (Gebel et al., 2018) además de a las cognitivas (Lauenroth et al., 2016). Es esperable, entonces, que a más años de experiencia y a mayor número de sesiones realizadas, mayor sea el desarrollo de las habilidades específicas (Cook, 2010).

## 5.2 Objetivos e hipótesis

### 5.2.1 Objetivos

Los objetivos del estudio son:

- Analizar la influencia de la frecuencia de las sesiones semanales en las variables de un test incremental hasta el agotamiento y de un test de potencia del tren superior.
- Analizar la incidencia de la frecuencia de las sesiones semanales en el número de olas cogidas y maniobras realizadas en una sesión.

### 5.2.2 Hipótesis

Las hipótesis de la presente investigación son las siguientes:

- Los surfistas recreativos vizcaínos que realizan más sesiones semanales obtienen mejores resultados en las cualidades aeróbicas y anaeróbicas.
- Los surfistas recreativos vizcaínos que realizan más sesiones semanales cogen más olas y realizan más maniobras en éstas.

## 5.3 Resumen del procedimiento

En este segundo estudio se ha analizado la influencia de las sesiones semanales que realizan los surfistas vizcaínos de alta especialización deportiva y se han realizado las correlaciones con las variables de las capacidades físicas y su influencia a la hora de surfear (número de maniobras y número de olas). Además de ello, se estudió la influencia de las variables

registradas en los test para la valoración de la condición física de los surfistas y su influencia en el número de olas y el número de maniobras realizadas.

Para ello, se analizaron las pruebas realizadas en el laboratorio (CMJ, test "all out" del tren superior, test incremental) y el test de campo. Los procedimientos y las variables registradas de cada prueba se desarrollaron en los apartados de procedimiento y mediciones (véanse apartados 3.3 y 3.4).

## 5.4 Resultados

En la tabla 23 se observa el número de olas y maniobras registradas por ambos observadores (Observador A y Observador B).

**Tabla 23**  
**Número de olas y maniobras en una sesión con cuatro surfistas diferentes realizada por dos observadores (A y B)**

Sujeto	1		2		3		4	
Observador	A	B	A	B	A	B	A	B
Número de Olas	11	11	11	11	7	7	8	8
Número de Maniobras	25	26	19	19	15	15	24	24

A continuación, para la concordancia entre los interobservadores e intraobservador, se ha realizado el análisis estadístico Kappa de Cohen ( $k$ ). El resultado es de  $k = 1$  para las dos variables a medir (número de olas y número de maniobras), obteniendo una fiabilidad más que suficiente.

Todas las variables respetaban la normalidad según el análisis de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ).

En la tabla 23 se pueden observar los registros, con sus medias y desviación estándar, de los test de laboratorio separados en tres grupos:

1. Prueba incremental hasta el agotamiento
2. Test de potencia de remada de 10 segundos del tren superior
3. La capacidad de salto mediante un test de CMJ

De ese modo, se evalúa al surfista por su capacidad aeróbica a la hora de remar mediante la prueba incremental, así como los resultados referentes al umbral anaeróbico mediante la

### Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva

concentración de lactato y potencia pertinentes a dicho punto metabólico. También se ha analizado la capacidad de remada en esfuerzos anaeróbicos mediante el test de 10 segundos "all out" registrando la potencia máxima absoluta (W) y la potencia máxima relativa (W/kg), como se puede ver en la tabla anterior. Para finalizar, se ha registrado la capacidad de salto para hacer una valoración objetiva del tren inferior registrando la altura del salto.

**Tabla 24**  
Resultados descriptivos de los test de laboratorio (n= 20)

Variables	Media $\pm$ sd
<b>Prueba incremental:</b>	
FCP (lpm)	179,29 $\pm$ 9,1
VO <sub>2</sub> pico (L/min)	2,81 $\pm$ 0,40
VO <sub>2</sub> pico relativo (ml/kg/min)	40,05 $\pm$ 4,77
Potencia pico incremental (W)	92,25 $\pm$ 15,60
Concentración de lactato pico (mmol/L)	9,1 $\pm$ 2,68
Umbral anaeróbico -Dmax (mmol/L)	3,11 $\pm$ 1,00
Umbral anaeróbico -Dmax (W)	60,49 $\pm$ 13,57
<b>Test de potencia del tren superior</b>	
Potencia pico 10" (W)	232,73 $\pm$ 49,82
Potencia relativa (W/kg)	3,28 $\pm$ 0,57
<b>CMJ</b>	
Altura de salto (cm)	35,60 $\pm$ 4,33

**Nota:** CMJ= countermovement jump. FCP= Frecuencia cardiaca pico. VO<sub>2</sub> pico= consumo de oxígeno pico alcanzado al finalizar la prueba incremental. Dmax= Método de Cheng (1992) utilizado para el cálculo del umbral anaeróbico.

Después de realizar las pruebas en el laboratorio, cada surfista realizó una sesión de 1 hora y se han analizado 225 olas con un total de 603 maniobras.

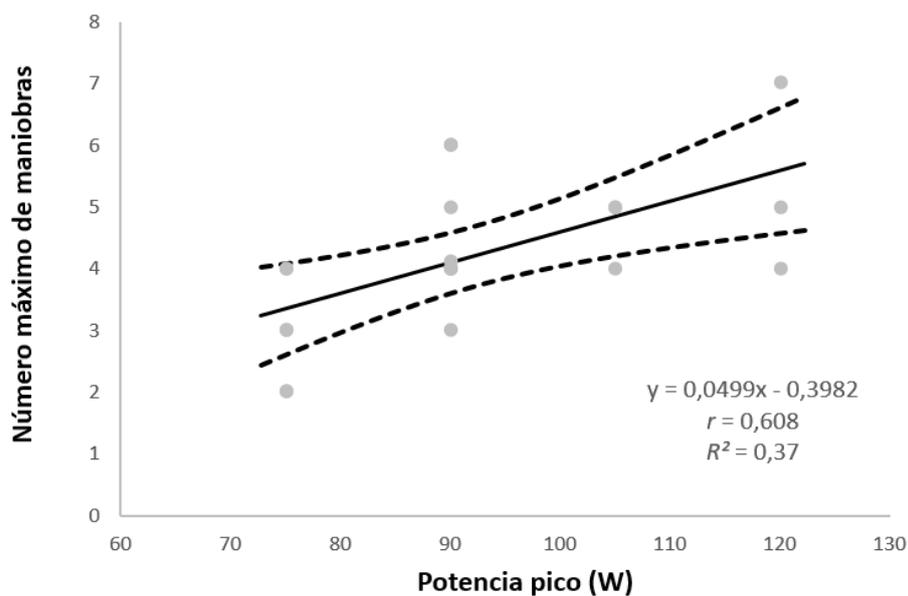
En la tabla 25 se puede observar el número de olas que han cogido y el número de maniobras que han realizado durante la sesión, sin hallar diferencias significativas entre la primera media hora y la segunda media hora de la sesión.

**Tabla 25**  
Descripción de los resultados del test de campo, 60 minutos de surf (n= 20)

VARIABLES	Media ± sd
<b>Número de olas por surfista</b>	
Olas <sub>60</sub>	12,74 ± 4,41
Olas <sub>0-30</sub>	6,58 ± 3,01
Olas <sub>30-60</sub>	6,16 ± 2,56
<b>Número de maniobras</b>	
Maniobras <sub>60</sub>	30,15 ± 11,67
Maniobras <sub>0-30</sub>	15,67 ± 8,42
Maniobras <sub>30-60</sub>	14,47 ± 5,15
Maniobras <sub>max</sub>	4,20 ± 1,28

**Nota:** En el número de olas y de maniobras no hay diferencias significativas entre el número de olas ni entre el número de maniobras 0-30 y 30-60.

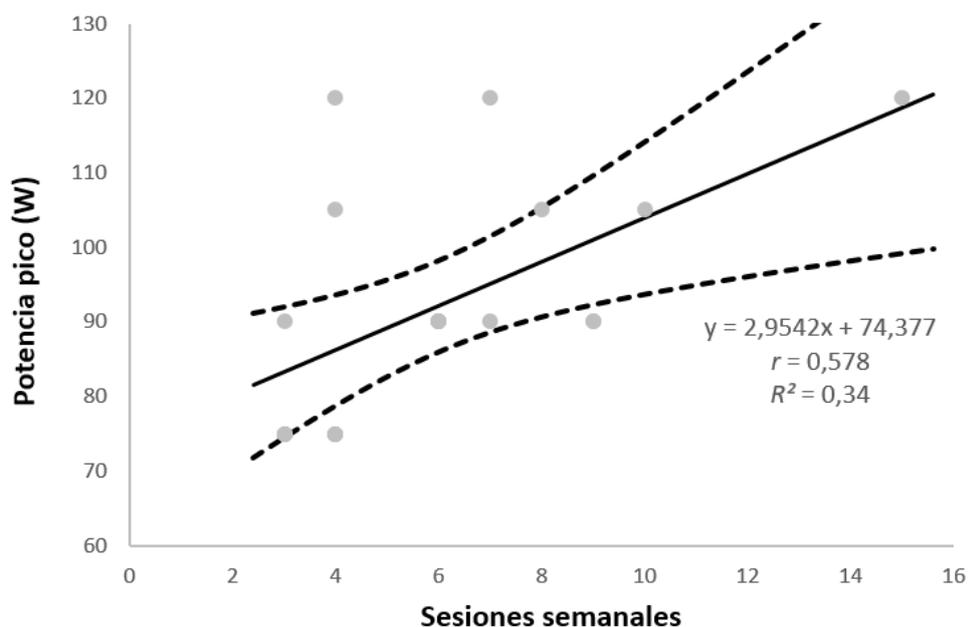
En cuanto a la correlación entre las variables de campo y la prueba incremental, en la figura 14 se puede observar una relación positiva entre la potencia pico alcanzada con el número máximo de maniobras ( $r = 0,60$ ;  $R^2 = 0,37$ ;  $p < 0,01$ ). Esto indica que a mayor potencia pico en el test incremental, los surfistas tienden a realizar más maniobras en la ola.



**Figura 14** Correlación significativa ( $p < 0,01$ ; IC 95%) entre número máximo de maniobras realizadas en 1 ola y la potencia pico obtenida en el test incremental (n= 20)

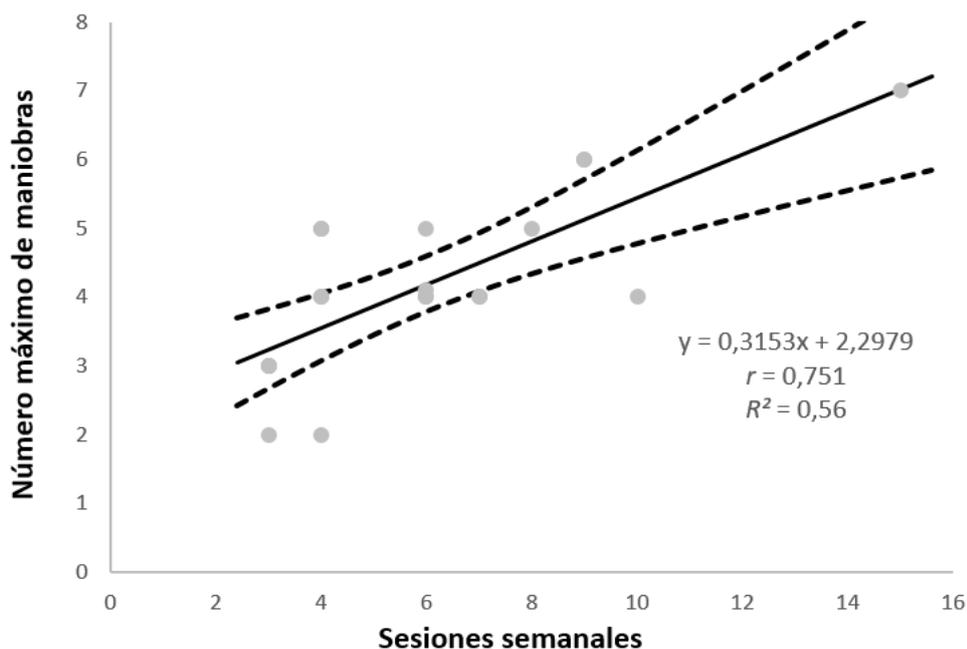
### Influencia de la frecuencia de las sesiones en las capacidades físicas y técnico-tácticas de los surfistas recreativos vizcaínos de alta especialización deportiva

En la prueba incremental, la potencia pico correlaciona positivamente con las sesiones semanales que realiza el surfista ( $r = 0,57$ ;  $R^2 = 0,34$ ;  $p < 0,01$ ), lo que muestra que un aumento de las sesiones puede influir en la potencia que genera el surfista al remar (figura 15).



**Figura 15** Correlación significativa ( $p < 0,01$ ; IC 95%) entre potencia pico alcanzada en la prueba incremental y las sesiones semanales realizadas por los surfistas ( $n = 20$ )

Del mismo modo que el número de sesiones semanales puede influir en la remada del surfista, parece que también puede incidir a la hora de surfear, ya que se ha podido observar una correlación positiva ( $r = 0,75$ ;  $R^2 = 0,56$ ;  $p < 0,01$ ) con el número máximo de maniobras que puede realizar el surfista en una ola (figura 16).



**Figura 16** Correlación significativa ( $p < 0,01$ ; IC 95%) entre las sesiones semanales realizadas y el número máximo de maniobras ( $n = 20$ )

Para finalizar con los resultados de este estudio, los demás resultados referentes a las capacidades físicas de los surfistas como FCP,  $VO_2$  pico (tanto en datos absolutos como en relativos), la concentración de lactato pico, el umbral anaeróbico, CMJ y el test "all out" de 10 segundos de los surfistas no se han correlacionado significativamente ni con los años de experiencia ni con las sesiones semanales.

Exceptuando la correlación anteriormente mencionada entre la potencia pico alcanzada y el número máximo de maniobras realizadas en una ola, tampoco se han hallado correlaciones significativas entre las capacidades físicas de los surfistas y las capacidades técnico-tácticas (número de olas y número de maniobras).

## 5.5 Discusión

Los valores obtenidos del  $VO_2$  pico de los surfistas se podrían asociar a los  $VO_2$  de personas no deportistas según los valores que indica el ACSM (2008). Esto se debe, entre otros motivos, a la posición del cuerpo mientras se realiza el esfuerzo. Se han podido observar valores más bajos en los mismos deportistas cuando se realiza ejercicio tumbado boca abajo mientras simulan la remada de natación, respecto a los obtenidos en carrera o en bicicleta

con una posición vertical (Khundaqji et al., 2018; Kimura et al., 1990). Esto refuerza los primeros hallazgos encontrados por Lowdon y colaboradores (1989) en los estudios realizados a surfistas en esfuerzos máximos con esas características. De igual modo, se han podido encontrar valores parecidos a nuestros resultados en estudios realizados en nadadores con test incrementales remando en posición prono (Kimura et al., 1990; Swaine & Winter, 1999). Además de eso hay que tener en cuenta que la cantidad de masa muscular activa es menor que las pruebas realizadas en posición vertical (Mcardle et al., 2011).

En estudios realizados con surfistas de diferentes niveles, se han podido observar diferencias significativas respecto al  $VO_2$  pico al finalizar el test incremental (Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva et al., 2005). Al comparar el consumo de oxígeno de los surfistas de competición y de recreación, se puede observar un mayor transporte y uso del oxígeno por parte de los surfistas competidores, ya se mida en datos absolutos (L/min) o en relativos (ml/kg/min) (Furness et al., 2018).

En los estudios que han analizado los consumos de oxígeno de los surfistas aficionados se puede observar que los valores, en la mayoría de los casos, varían entre 2,4 L/min y 2,98 L/min. Este estudio parece respetar ese rango encontrando en la bibliografía con una media de un  $2,81 \pm 0,40$  L/min. No obstante, los surfistas profesionales obtienen valores más altos superando los 3 L/min en el  $VO_2$  pico (Barlow & Gresty, 2015; Farley, 2012; Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Méndez-Villanueva et al., 2005) (tabla 26).

**Tabla 26**  
**Consumos de oxígeno pico y su correspondiente potencia en surfistas recreativos**

<b>Estudios</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>VO<sub>2</sub> (L/min)</b>	<b>VO<sub>2</sub> (ml/kg/min)</b>	<b>Potencia pico (W)</b>
Este estudio (n=20)	23,85 ± 6,65	2,81 ± 0,40	40,05 ± 4,77	92,25 ± 15,60
Khundaqji et al., (2018)	18-42	2,98 ± 0,89	37,41 ± 8,73	-
Furness et al., (2018)	26,50 ± 5,28	2,41 ± 0,53	31,25 ± 6,31	101,26 ± 18,49
LaLanne et al., (2017)	18-29	-	31,9 ± 7,1	96,4 ± 19,7
Barlow, Gresty et al., (2014)	26,5 ± 7,4	2,6 ± 0,5	35,9 ± 6,1	-
Loveless & Minahan, (20210a)	18 ± 2	2,52 ± 0,50	-	-
Meir et al., (1991)	21,2 ± 2,78	3,75 ± 0,83	54,2 ± 10,2	-

Según la mayoría de los autores, también es de vital importancia la potencia que alcanzan los surfistas al finalizar un test incremental (Farley, 2012; Farley et al., 2013; Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005), aunque haya pocos estudios que la hayan relacionado con el rendimiento (Farley, 2012; Furness et al., 2018; Méndez-Villanueva et al., 2005).

En este estudio, se ha relacionado dicha potencia con las sesiones semanales de surf que realizan los participantes, mostrando que a mayor número de sesiones semanales producían mayor potencia pico. Esto es debido a las adaptaciones adquiridas por la práctica de este deporte, pudiendo observar una media de 6,05 ± 3,05 sesiones por semana, más que suficiente para influir en el VO<sub>2</sub>, velocidad o potencia a alcanzar en una prueba incremental hasta el agotamiento (ACSM, 2008; Farley et al., 2016; Hall, 2016).

Además, Méndez-Villanueva y colaboradores, (2005) sugieren que el número de sesiones semanales no solo afectará a las capacidades físicas, sino que también podría mejorar la ejecución técnica. En las competiciones de surf, aunque todos los surfistas tengan el mismo tiempo para coger olas, los de mayor nivel podrían coger más olas y realizar un mayor número de maniobras por ola al ser capaces de soportar una mayor carga de trabajo en una sesión de competición. Estos autores también añadieron que al ser un deporte en el que se alternan intensidades altas con periodos de descanso o remadas de baja intensidad, una mejor capacidad aeróbica podría ayudar a retrasar la fatiga de las habilidades motoras

finas. Esto podría estar relacionado con los resultados encontrados en el presente estudio, ya que el retraso de la fatiga podría aumentar la capacidad del surfista para mejorar su destreza a la hora de surfear, aumentando así el número de maniobras.

A la hora de analizar las sesiones semanales realizadas, también se debe tener en cuenta que los estímulos continuos de la actividad física, independientemente de su naturaleza, influyen en la cognición de las personas mejorando la atención y ejecución hacia la tarea a través de adaptaciones en mecanismos biológicos y neuronales (Lauenroth, 2016). La experiencia adquirida por la práctica continua ayuda a mejorar la toma de decisiones y también la ejecución de los movimientos (Lauenroth, 2016; Pichierri, 2011).

Las habilidades cognitivas en el surf tienen especial importancia a la hora de coger la ola o realizar las maniobras en la misma (Buckey, 2019; Furley & Dörr, 2016), por lo que cabría esperar que los surfistas con más sesiones semanales de surf fueran capaces de coger las olas con más recorrido y, por lo tanto, realizar más maniobras en la ola. Los resultados de este estudio así lo demuestran, ya que se ha hallado una correlación significativa entre el número de sesiones semanales y el número máximo de maniobras que realizaban en una ola (Figura 16). Este resultado es de especial importancia sobre todo para los surfistas de competición porque podría ser un factor a tener en cuenta a la hora de planificar los entrenamientos en los periodos competitivos.

La FCP en una prueba incremental realizada con los surfistas de entre 20 y 30 años ronda los 180 latidos por minuto (lpm) en la mayoría de los estudios, independientemente de su nivel (Furness et al., 2018; LaLanne et al., 2017; Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Méndez-Villanueva et al., 2005). Se debe tener en cuenta que la FCP en surfistas desciende con la edad (LaLanne et al., 2017) de la misma manera que en la población general (ACSM, 2008; Tanaka et al., 2001). Es por ello, que al ser de edades similares no varía la FCP al realizar este tipo de pruebas.

Por el contrario, al observar la concentración de lactato pico al finalizar un test incremental hasta el agotamiento, parece no haber diferencias significativas entre surfistas competidores de diferentes niveles. Tampoco parece haberlas al compararlos con surfistas aficionados, ya que en todos los casos los resultados varían entre 7,5 mmol/L y 12 mmol/L (Méndez-Villanueva et al., 2005). Este rango tan amplio parece justificarse, tal y como describen algunos autores, por el protocolo utilizado, encontrando diferencias en la potencia utilizada al inicio del test, los incrementos de la potencia en cada cambio de intensidad y la duración

de cada escalón (Furness et al., 2018). En el actual estudio se han obtenido resultados parecidos a los mencionados anteriormente con una concentración de lactato de  $9,1 \pm 2,68$  mmol/L.

En cuanto a las potencias máximas alcanzadas en esfuerzos cortos a la hora de remar, los surfistas de competición obtienen mayor rendimiento alcanzando potencias más elevadas respecto a la potencia pico en el test de 10 segundos (Furness et al., 2018). De igual modo, se pueden observar resultados parecidos al extender el test a 30 segundos y analizar las características anaeróbicas de los surfistas (Minahan et al., 2016). En este tipo de test, la concentración del lactato aumenta considerablemente (Green & Dawson, 1993) y se encuentran concentraciones más elevadas en los surfistas de competición a la vez que se registra un índice de fatiga menor que en los surfistas de recreación (Minahan et al., 2016). Para el análisis de la remada de máxima intensidad también se ha analizado la capacidad de sprint en la piscina, con un test de 15 metros remando encima de la tabla de surf. Los autores llegaron a las mismas conclusiones habiendo predominio de los surfistas de mejor nivel, ya que realizaban dicha distancia en menor tiempo (Tran, Lundgren et al., 2015).

Como se suponía, los surfistas analizados en el presente estudio han obtenido valores inferiores a los nadadores de competición (Swaine, 2000) y que los surfistas de alto rendimiento, los cuales superan los 300 W en los 10 segundos (Furness et al., 2018; Loveless & Minahan, 2010b). El grupo del presente estudio alcanzó una potencia pico en el test de 10 segundos de  $232,73 \pm 49,82$  W. Comparándolos con estudios previos en los que los surfistas a analizar no eran del más alto nivel, no parece haber grandes diferencias ya que otros surfistas aficionados alcanzaron una potencia pico de 264 W (Furness et al., 2018).

Seguidamente, al incidir en la capacidad de salto de los surfistas, algunos estudios han encontrado relaciones significativas con el rendimiento, observando que los surfistas con mejor posición en el ranking realizaban saltos de mayor potencia y/o altura (Fernández-Gamboa et al., 2017; Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015b). Aun así, en este estudio se ha podido observar que la altura de los saltos no parece incidir en el número de maniobras realizadas. No obstante, en estudios anteriores han relacionado dicha capacidad con la puntuación de las maniobras (Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015b). Haciendo referencia a los criterios establecidos por la WSL (2016) para valorar el surf de la ola, se podría sugerir que la fuerza del tren inferior solo afectará a la potencia al realizar las maniobras y no a la cantidad de éstas.

La fatiga inducida por la práctica del surf parece afectar directamente a la capacidad de realizar esprints a máxima intensidad y a la potencia pico para generar fuerza con el tren inferior, provocando un descenso del rendimiento en estas variables una vez finalizada la sesión de surf (Secomb et al., 2015a). Por este motivo, se podría esperar que los surfistas cogiesen menos olas y realizasen menos maniobras en la segunda parte de la sesión. No obstante, en el presente estudio, con una sesión de 60 minutos no se han encontrado diferencias significativas entre la primera parte de la sesión y la segunda parte, ni en el número de olas, ni en el número de maniobras realizadas.

Se debe mencionar una vez más que el nivel del surfista podría afectar directamente a la fatiga percibida, según Barlow, Gresty et al. (2014). Estos observaron que los surfistas de menor nivel, según la escala de Hutt (2001), percibían un mayor tamaño de ola a la hora de surfear. Por ello sugirieron que estos surfistas tendrían un mayor gasto energético y por consiguiente un aumento considerable de la fatiga, disminuyendo su capacidad para coger olas.

De cara a futuros estudios sería interesante examinar a surfistas de diferentes niveles, analizando la reducción del número de olas que son capaces de coger y el número de maniobras que son capaces de realizar en sesiones de diferentes duraciones. Esto es debido a que parece ser que la capacidad física de los surfistas desciende por la fatiga acumulada durante la sesión, aunque quizás 60 minutos de sesión no sean suficientes para ver dicho descenso.

## 5.6 Conclusiones

Las conclusiones de este estudio se dividen en dos partes: la primera, en la que se ha analizado la influencia de las sesiones semanales de surf que realizaban los surfistas recreativos en sus capacidades físicas; los resultados obtenidos indican que las sesiones semanales no parecen tener ninguna influencia en los umbrales anaeróbicos de los surfistas recreativos. No obstante, se ha hallado una relación entre la potencia pico alcanzada al finalizar el test incremental y las sesiones semanales, por lo que éstas podrían afectar positivamente a la remada del surfista a la hora de remar hacia la rompiente aplicando más potencia en cada brazada. Además, no se ha encontrado ninguna relación entre las sesiones semanales y la altura del CMJ, indicando que no es una variable que se mejore al surfear. De igual modo, no se ha hallado ninguna relación entre la altura del salto en el número de

maniobras que realiza el surfista en la ola. No obstante, en estudios previos se ha podido observar que la capacidad de realizar un salto vertical podría afectar positivamente a la potencia generada al realizar diferentes maniobras en el surf (Fernández-Gamboa et al., 2017; Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015b). En definitiva, el rendimiento en un salto podrá ser un indicador para tener en cuenta a la hora de darle calidad a la maniobra, pero no afectará al número de maniobras a realizar en una ola.

La segunda conclusión de este estudio se refiere al análisis de la influencia de las sesiones semanales de surf en la capacidad de los surfistas estudiados para coger olas y realizar maniobras en una sesión de 60 minutos surfeando. Se sugiere que las sesiones semanales que realiza el surfista recreacional pueden afectar positivamente en el número de maniobras a realizar en una ola y por consiguiente aumentar las habilidades técnicas del surfista. De cara a futuros estudios, sería interesante analizar esta misma relación en surfistas de competición, ya que mantener o aumentar las sesiones de surf en periodos competitivos podría afectar positivamente al rendimiento del surfista.

## **Capítulo 6**

# **Análisis de la frecuencia cardiaca durante la sesión y su relación con las maniobras realizadas en la ola**



**ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE LA SESIÓN DE SURF, SU RELACIÓN CON LAS MANIOBRAS REALIZADAS EN LA OLA Y LA RECUPERACIÓN A CORTO PLAZO**

**6.1 Introducción**

**6.2 Objetivos e hipótesis**

**6.2.1 Objetivos**

**6.2.2 Hipótesis**

**6.3 Resumen del procedimiento**

**6.4 Resultados**

**6.5 Discusión**

**6.6 Conclusiones**



## **6. Análisis de la frecuencia cardíaca durante la sesión de surf, su relación con las maniobras realizadas en la ola y la recuperación a corto plazo**

### **6.1 Introducción**

En el surf, al igual que en la mayoría de los deportes practicados en la naturaleza, para dominar la disciplina deportiva se necesita desarrollar múltiples habilidades en conjunto: las aptitudes físicas, las habilidades técnicas, las habilidades cognitivas, las habilidades emocionales y las habilidades sociales (Buckey, 2019).

El objetivo principal del surfista en una sesión de surf es el de coger olas y realizar el mayor número de maniobras con la mayor efectividad posible (Burrow, 2003; Farley et al., 2015). Para ello, el surfista debe vincular percepción, propiocepción y acción a ejecutar (Buckey, 2019), siendo estas la consecuencia de sus sensaciones, control nervioso y acciones físicas que se dan durante toda la sesión (Furley & Dörr, 2016).

Por ejemplo, los surfistas expertos, en comparación con los surfistas noveles, son capaces de seleccionar mejor las olas que les dan más posibilidades de realizar el mayor número de maniobras. En concreto, tienden a seleccionar las olas con un recorrido más largo y aquellas que tienen la zona de impacto más cerca a su posición, lo que les permite surfear durante más tiempo y hacerlo además en la parte de la ola que más favorece el deslizamiento. Como consecuencia, esto les hace aumentar el rendimiento en competición independientemente de sus capacidades físicas. Este es uno de los componentes cognitivos del surf, en el que el surfista tiene un tiempo muy reducido (menos de 1 segundo) entre la percepción, interpretación y toma de decisiones ejecutoras, sin tiempo suficiente para cambiar de acción (Furley & Dörr, 2016).

Además de las habilidades cognitivas, en cualquier disciplina deportiva es de gran importancia conocer las demandas fisiológicas del deporte en cuestión, como por ejemplo la intensidad del ejercicio. La medición más exacta para conocer la intensidad de la actividad física y conocer el gasto energético es el consumo de oxígeno (Hall, 2016). No obstante, el registro de la FC es uno de los métodos más simples y económicos a la hora de hacer una estimación del gasto energético del ejercicio físico, por la relación que tiene con el consumo

de oxígeno en la respuesta en la actividad física (Hopkins, 1991). Desde principios de los 90 se ha considerado como posible herramienta para calcular indirectamente el consumo de oxígeno (Robinson, Robinson, Hume, & Hopkins, 1991), convirtiéndose en uno de los métodos más utilizados para conocer dicha respuesta metabólica (Gilman & Wells, 1993).

Por este motivo, el registro de la frecuencia cardiaca (FC) durante los entrenamientos y/o competiciones ha sido uno de los recursos más utilizados en el ámbito deportivo para cuantificar la actividad física (Billat, 2002; Chicharro & Vaquero, 2006; Halson, 2014; Hopkins, 1991). Aun así, se debe tener en cuenta que la FC tiene una variación diaria que puede alcanzar un 1-3% en ejercicios submáximos (Lambert et al., 1998). Para minimizar esa diferencia es indispensable el control de la hidratación y factores ambientales (Bagger et al., 2003). No solo eso, sino que la FC puede variar durante el día por la influencia de los ritmos circadianos, que se ven alterados por ciclos de luz y oscuridad, obteniendo los valores máximos de la FC de reposo sobre las 15:00 h, coincidiendo con el pico máximo de la temperatura corporal (Atkinson & Reilly, 1996). A pesar de que realmente es un indicador del estrés global que está soportando el organismo y de ser un método imperfecto para la cuantificación de la intensidad, sigue siendo uno de los métodos más utilizados (Hall, 2016; Lambert et al., 1998; Karvonen & Vuorimaa, 1988).

Existen diferentes métodos para indicar la intensidad y/o la carga del entrenamiento mediante la FC, como por ejemplo el método de zonas de entrenamiento (Edwards, 1993), el método de la FC de reserva (Karvonen et al., 1957) o el de "*training impulse*", TRIMP (Banister et al., 1990) o TRIMP<sub>mod</sub> (Stagno et al., 2007). Además, junto al rango de esfuerzo percibido (RPE, "*rate of perceived exertion*"), la FC puede ser un buen indicador de la fatiga (Halson, 2014). Aun así, se debe tener en cuenta que el uso de la FC para acciones intermitentes de larga duración no es práctica (Stagno et al., 2007) ya que la respuesta cardiaca es diferente en esfuerzos continuos e intermitentes (Edwards et al., 1972).

Es más que sabido que cuantificar la carga del entrenamiento es de especial importancia, sobre todo con el objetivo de maximizar el rendimiento (Bourdon, 2017) y reducir el riesgo de lesión (Blanch & Gabbet, 2017). El método TRIMP y sus derivados, como por ejemplo el TRIMP<sub>mod</sub> de Stagno, (2007), tienen la capacidad de cuantificar la carga del entrenamiento a través de un solo factor, lo cual es atractivo para la mayoría de los profesionales de la actividad física (Borresen et al., 2009). Además, en deportes intermitentes parece ser un método válido para la cuantificación de la carga de la sesión (Bourdon, 2017; Stagno et al., 2007; Lamber & Borresen, 2006; Mujika, 2017).

Como se ha mencionado antes, la monitorización del ritmo cardiaco es una de las principales variables que se han utilizado en numerosos deportes, tanto en actividades continuas y cíclicas como correr (Lambert et al., 1998; Selley et al., 1995), andar en bici (Jeukendrup & Van Diemen, 1998) o nadar (Perini et al., 2006), como en actividades intermitentes y totalmente acíclicas como fútbol (Bangsbo et al., 2006), tenis (Fernández et al., 2006) y surf (Secomb et al., 2015b). Aun así, en la valoración de la FC se deben tener en cuenta la especificidad del ejercicio (la posición del cuerpo o la masa muscular utilizada influye en ella (Ostojic et al., 2010)) y la edad, ya que la FC pico desciende con ella (Arena et al., 2016; LaLanne et al., 2017; Tanaka et al., 2001).

Con surfistas de competición se han realizado diferentes estudios en los que se registró la FC durante una sesión de surf. En las sesiones de "free surf", se ha encontrado una FC media de  $135 \pm 6$  lpm en una sesión de 60 minutos (Méndez-Villanueva & Bishop, 2005) y otra FC media de  $128 \pm 13$  lpm en una sesión de 2 horas (Secomb et al., 2015b). Además, estos últimos hallaron diferencias al dividir el tiempo total en cuatro partes (0-30 minutos/ 30-60 minutos/ 60-90 minutos y por último 90-120 minutos), teniendo una FC media 135 lpm en el primer cuarto y descendiendo significativamente a 125 lpm en el último cuarto. Estos autores sugieren que a medida que pasa el tiempo de la sesión el surfista aumenta el tiempo de estacionamiento y desciende el tiempo de remada (Secomb et al., 2015b). Se puede observar la misma tendencia respecto a la FC pico, es decir, durante la sesión de dos horas parece descender desde 173 lpm en los primeros 30 minutos de la sesión hasta 161 lpm desde el minuto 90 al 120 (Secomb et al., 2015b).

Siguiendo con el registro de la FC en surfistas experimentados y de competición, Farley et al. (2012) registraron una sesión competitiva de 20 minutos y obtuvieron una FC media de  $139,7 \pm 11$  lpm y una FC pico de 190 lpm. Estos autores concluyeron que en las sesiones de competición, los surfistas alcanzaban frecuencias cardiacas pico más elevadas que en las sesiones de "free surf" (Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015b).

Sin embargo, en surfistas recreativos, se ha podido observar que las frecuencias cardiacas medias eran superiores a las registradas por los surfistas de competición, alcanzando una media de 146 lpm (Barlow, Gresty et al., 2014). Esta mayor FC media en la sesión podría estar causada por un aumento del estrés motivado por la falta de destrezas (Barlow, Gresty et al., 2014; Méndez-Villanueva et al., 2005).

Además de las respuestas del sistema cardiovascular al surfear, se debe tener en cuenta que hay estudios que indican la influencia de las capacidades físicas en el rendimiento del surf como por ejemplo el umbral anaeróbico (Barlow & Gresty 2015; Méndez-Villanueva et al., 2005), la potencia en un CMJ (Tran, Nimphius et al., 2015; Fernández-Gamboa et al., 2017; Secomb, et al., 2015b), la potencia pico en un test de 10" en un ergómetro de nado (Farley et al., 2012) y el consumo máximo de oxígeno (Furness et al., 2018; Barlow & Gresty 2015; Méndez-Villanueva et al., 2005).

En la literatura científica también se han estudiado las respuestas fisiológicas del surfista durante la práctica del surf (Farley et al., 2012; Méndez-Villanueva, Bishop, et al., 2010; Minghelli et al., 2017; Secomb et al., 2015b), pero no se ha analizado la FC pico al finalizar las olas ni la recuperación a corto plazo entre una ola y otra. Por estos motivos, en este estudio se han planteado los objetivos que se detallan en el siguiente apartado.

## 6.2 Objetivos e hipótesis

### 6.2.1 Objetivos

Los objetivos del estudio son:

- Observar las diferencias de la frecuencia cardiaca pico al finalizar las olas dependiendo del número de maniobras realizadas en la misma.
- Analizar la influencia de los años de experiencia en la recuperación a corto plazo de una sesión de surf.

### 6.2.2 Hipótesis

Las hipótesis de la presente investigación son las siguientes:

- La frecuencia cardiaca pico aumenta al realizar más maniobras en la ola.
- Los surfistas de mayor experiencia obtienen mayor descenso de la frecuencia cardiaca entre ola y ola.

## 6.3 Resumen del procedimiento

En este tercer y último estudio se analizó una sesión de surf de una hora y la influencia de la experiencia en las respuestas cardiovasculares.

Para ello, se utilizaron los registros de frecuencia cardíaca pico (FCP) y las variables de recuperación un minuto después de finalizar la prueba (como la concentración de lactato R1, y la FC R1 obtenidas del test incremental (véase apartado 3.4.5)). Otras de las variables registradas fueron las obtenidas en el test de campo (véase apartado 3.4.6). Se utilizó la FCP del test incremental como referente para el cálculo de los porcentajes en las diferentes variables de la FC.

En este estudio se describen las variables de la FC durante la sesión de surf, así como la FC promedio surfeando (FCS), la FC pico surfeando (FCPS), los descensos de la FC entre olas (FC $\Delta$ ) y la frecuencia cardíaca pico al finalizar las olas dependiendo del número de maniobras que realizó el surfista. Para finalizar, la carga de la sesión se calculó con el método TRIMP<sub>mod</sub> de Stagno y colaboradores (2007).

Todas las variables se fraccionaron en tres periodos de tiempo: el primer periodo hace referencia a la sesión completa con 60 minutos de duración; el segundo periodo abarca desde el minuto 0 al 30 de la sesión; y el tercer periodo abarca desde el minuto 31 hasta el minuto 60 de la sesión.

## 6.4 Resultados

En primer lugar, para el análisis de la concordancia interobservadores e intraobservador, se ha realizado el análisis estadístico Kappa de Cohen ( $k$ ). El resultado es de  $k = 1$  para las dos variables a medir (número de olas y número de maniobras), obteniendo una fiabilidad más que suficiente (para más detalle véase el capítulo 5.5).

En segundo lugar, se presentan los resultados de FC de la sesión, siendo de referencia la frecuencia pico alcanzada en el test incremental con una FCP de  $179,29 \pm 9,1$ . El consumo de oxígeno absoluto fue de  $2,81 \pm 0,40$  L/min y en datos relativos de  $40,05 \pm 4,77$  ml/kg/min. Al minuto de finalizar la prueba incremental obtuvieron una concentración de lactato de  $9,0 \pm 2,97$  mmol/L y una frecuencia cardíaca de  $134 \pm 19,25$  lpm.

La tabla 27 se divide en dos grupos de variables: FC promedio de la sesión (FCS) y FC pico de la sesión (FCPS). No se han encontrado diferencias significativas entre las distintas partes de la sesión en ninguna de las variables.

**Tabla 27**  
**Resultados de FC pico y promedio de la sesión (n= 20)**

	FCS		FCPS	
	Media $\pm$ <i>sd</i>	%FCPS	Media $\pm$ <i>sd</i>	%FCPS
FC <sub>60</sub>	134,34 $\pm$ 10,95 lpm	75,02 $\pm$ 5,84	162,98 $\pm$ 11,26 lpm	90,90 $\pm$ 4,64
FC <sub>0-30</sub>	135,94 $\pm$ 10,05 lpm	75,95 $\pm$ 5,19	164,06 $\pm$ 11,58 lpm	91,50 $\pm$ 5,40
FC <sub>30-60</sub>	132,74 $\pm$ 13,02 lpm	74,12 $\pm$ 7,16	161,91 $\pm$ 10,26 lpm	90,30 $\pm$ 5,00

**Nota:** Todos los porcentajes (%) son respecto a la FC pico alcanzada en el test incremental. lpm= Latidos por minuto. FCS= FC promedio de la sesión. FCPS= FC pico de la sesión. FC<sub>60</sub>= FC desde el minuto 0 al minuto 60. FC<sub>0-30</sub>= Valores promedio y pico de FC desde el minuto 0 al minuto 30. FC<sub>30-60</sub>= Valores promedio y pico de FC desde el minuto 30 al minuto 60.

La carga interna de la sesión se ha obtenido con el método TRIMP modificado de Stagno et al., (2007), con un resultado de 124,35  $\pm$  32,40 TRIMP<sub>mod</sub> en 60 minutos de sesión.

**Tabla 28**  
**Porcentaje del tiempo en cada zona de la FCP**

Zonas de la FC	Porcentaje de la FCP	Porcentaje Tiempo en zona Media $\pm$ <i>sd</i>
5	93-100	14,91 $\pm$ 8,61
4	86-92	21,69 $\pm$ 8,48
3	79-85	22,69 $\pm$ 5,36
2	72-78	20,15 $\pm$ 5,36
1	65-71	10,78 $\pm$ 6,50
0	<64	9,78 $\pm$ 8,42

**Nota:** Todos los porcentajes (%) son respecto a la FC pico alcanzada en el test incremental.

En la tabla 29 se han analizado los descensos de la FC en cada ola (FCA). Se puede observar la FCA<sub>60</sub> y la sesión dividida en dos partes: FCA<sub>0-30</sub> y FCA<sub>30-60</sub>, sin que existan diferencias significativas entre ellas.

## Análisis de la frecuencia cardiaca durante la sesión de surf, su relación con las maniobras realizadas en la ola y la recuperación a corto plazo

**Tabla 29**  
Resultados del descenso de la FC al finalizar la ola (n= 20)

FCA	Media $\pm$ <i>sd</i>	Porcentaje de la FCP Media $\pm$ <i>sd</i>
FC $\Delta$ <sub>60</sub>	42,56 $\pm$ 9,41 lpm	23,78 $\pm$ 6,00
FC $\Delta$ <sub>0-30</sub>	40,99 $\pm$ 10,67 lpm	22,90 $\pm$ 6,66
FC $\Delta$ <sub>30-60</sub>	43,91 $\pm$ 9,31 lpm	24,53 $\pm$ 5,90

**Nota:** FCA = descenso de la FC en cada ola. FC<sub>60</sub> = Valores FCA desde el minuto 0 al minuto 60. FC<sub>0-30</sub> = Valores FCA desde el minuto 0 al minuto 30. FC<sub>30-60</sub> = Valores FCA desde el minuto 30 al minuto 60. lpm = latidos por minuto.

Se analizaron 225 olas y en las que se realizaron 603 maniobras en total. En cada ola se ha registrado la FC pico al finalizar la ola y el número de maniobras realizadas en la misma. Como se indica en la tabla 30, los resultados de la FC hacen referencia al porcentaje de la FCP alcanzado en la prueba incremental de laboratorio. Se ha observado que el porcentaje de la FC pico al finalizar las olas varía al realizar un número de maniobras diferentes, hallando diferencias significativas entre ellas.

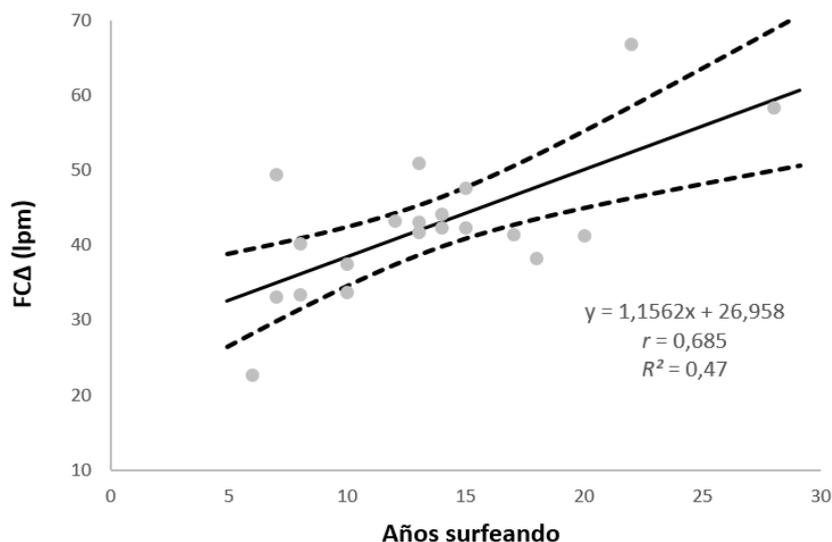
**Tabla 30**  
FC pico dependiendo del número de maniobras realizadas en la ola

Número de maniobras	Porcentaje de FCP $\pm$ <i>sd</i>	Dif. +1	Tamaño del efecto ( <i>d</i> )
1 (n= 27)	84,81 $\pm$ 5,42	3,84	0,68
2 (n= 76)	88,65 $\pm$ 5,74*	2,24	0,40
3 (n= 72)	90,89 $\pm$ 5,35**	2,60	0,54
4 (n= 45)	93,49 $\pm$ 4,25†	-0,12	0,04
5 (n= 3)	93,37 $\pm$ 0,67†	2,51	2,14
6 (n= 1)	95,88†	-1,26	-
7 (n= 1)	94,62†	-	-

**Nota:** Todos los porcentajes son respecto a la FC pico alcanzada (FCP) en el test incremental de laboratorio. n = número de olas en las que se realizó un número determinado de maniobras. \*diferencia significativa respecto a las olas de una maniobra ( $p < 0,01$ ); \*\*diferencia significativa respecto a las olas de una y dos maniobras ( $p < 0,01$ ); † diferencia significativa respecto a las olas de

una, dos y tres maniobras ( $p < 0,01$ ). Dif+1= Diferencia del porcentaje de la FC pico alcanzada en la ola respecto a olas con una maniobra más.  $d$  =  $d$  de Cohen. - = Valor no aplicable.

Para finalizar, como se puede ver en la figura 17, se ha observado una correlación positiva ( $r = 0,685$ ;  $R^2 = 0,46$ ) entre los años de experiencia y la FCA, hallando un mayor descenso de la FC al terminar la ola en los surfistas con más experiencia.

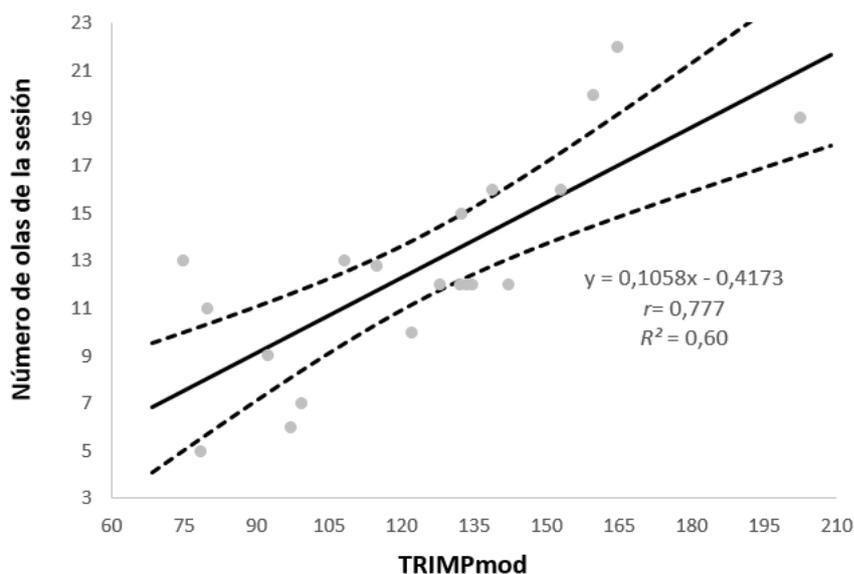


**Figura 17** Correlación entre la FCA (lpm) y años de experiencia surfando ( $p < 0,01$ ; IC 95%) ( $n = 20$ )

**Nota:** lpm = latidos por minuto

Otra de las variables que se ha correlacionado con la FCA es la concentración de lactato transcurrido 1 minuto del final de la prueba de esfuerzo ( $r = -0,549$ ;  $R^2 = 0,29$ ). Concretamente, se ha observado una menor concentración de lactato en los surfistas que tenían mayor FCA en la práctica del surf. Por el contrario, no se ha visto esa relación con FC R1.

En cuanto a la carga de la sesión, como se puede apreciar en la figura 18 se ha hallado una correlación positiva entre el número de olas de la sesión y la carga de la sesión calculados con el método TRIMP<sub>mod</sub> de Stagno, (2007) ( $r = -0,777$ ;  $R^2 = 0,60$ ).



*Figura 18 Correlación entre número de olas de la sesión y  $TRIMP_{mod}$  ( $p < 0,01$ ; IC 95%) ( $n=20$ )*

Haciendo referencia a las demás variables como la FCP, el consumo de oxígeno y el umbral anaeróbico, no se han hallado correlaciones significativas con la FCA ni con las variables específicas de la práctica del surf como el número de olas o el número de maniobras de la sesión.

## 6.5 Discusión

Al analizar la sesión de surf, los surfistas recreativos que han participado en el presente estudio han obtenido una  $FCS_{60}$  de  $134 \pm 10,95$  lpm. Comparando estos resultados con los estudios realizados anteriormente, son muy parecidos a la FC de la sesión registrada tanto en surfistas de competición durante una sesión de surf libre de 60 minutos (Méndez-Villanueva & Bishop, 2005) como en surfistas de recreación (Meir et al., 1991). Aunque en otro estudio realizado por Barlow y colaboradores (2014) se registraron valores de FC promedio más elevados ( $146,4 \pm 16,8$  lpm), esta variación podría deberse al tipo de rompiente donde realizaron el registro de la FC, ya que podría variar la distancia de remada y con ello los valores de la FC (Farley et al., 2018).

Otra de las razones para que el estudio de Barlow y colaboradores (2014) obtuviera valores más elevados en la FC promedio de la sesión podría ser el nivel de habilidad de los surfistas.

Estos autores sugirieron que los surfistas de menor habilidad según la escala de Hutt y colaboradores (2001) percibían un mayor tamaño subjetivo de la ola y además cogían menos olas durante la sesión. A pesar de ello, esos surfistas obtenían FC más elevadas durante la sesión que los surfistas con mayores destrezas. Esta diferencia podría darse por el estrés que le puede suponer al surfista tener una percepción más elevada respecto al tamaño de la ola, ya que encontrarse en situaciones de estrés durante una actividad deportiva puede aumentar la FC por el aumento del sistema simpático (Jeukendrup & Van Diemen, 1998).

En este estudio, la FCPS<sub>60</sub> alcanzada fue de  $162,98 \pm 11,26$  lpm durante la totalidad de la sesión, siendo valores inferiores que, en los estudios anteriores, en los que se registró una FC pico entre 171 lpm (Meir et al., 1991; Méndez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015b) y 190 lpm en una sesión competitiva (Farley et al., 2012).

La respuesta cardiaca en competición es más elevada, aunque la carga externa de la actividad sea la misma (Lambert et al., 1998). De igual modo, los valores encontrados en surfistas sugerían lo mismo, hallando valores más elevados en las sesiones de competición que en las sesiones de surf libre (Farley et al., 2012; Secomb et al., 2015b). Esto parece deberse a una mayor estimulación del sistema simpático en situaciones de competición con el aumento del estrés inducido por la misma (Selley et al., 1995).

Además, parece que las sesiones de surf no competitivas son de menor intensidad, principalmente por dos razones:

1. la velocidad media de desplazamiento de la sesión es mayor en situaciones de competición
2. las demandas metabólicas son mayores en dichas situaciones por el aumento de la FC (Secomb et al., 2015b).

Aun así, se debe tener en cuenta que los estudios en los que se comparan las velocidades medias no están realizados en los mismos tipos de rompientes de la costa, ni en las mismas condiciones ambientales (tamaño de olas, velocidad del viento, tipo de rompiente...), por lo que esa variación en la velocidad podría ser provocada por las distintas condiciones (Barlow, Gresty et al., 2014; Dally, 2001; Hutt et al., 2001).

En cuanto a la evolución de las variables de la FC en el presente estudio, ya sea haciendo referencia al FCPS o a la FCS, no parece haber diferencias significativas entre la primera

parte, que se extiende desde el primer minuto hasta el minuto 30, y la segunda parte, la cual se extiende desde el minuto 30 hasta el 60.

En estudios previos se han observado diferencias significativas respecto a estos valores con surfistas de competición, hallando valores inferiores a partir de los primeros 30 minutos de la sesión (Secomb et al., 2015b). Esta diferencia podría darse por las adaptaciones adquiridas por la frecuencia de entrenamiento, ya que los surfistas de competición realizan alrededor de 18 sesiones por semana y los surfistas recreativos alrededor de 7 sesiones semanales (Loveless & Minahan, 2010a), pudiendo alcanzar intensidades cercanas al máximo más veces en los primeros 30 minutos de la sesión. Es decir, en el estudio realizado por Secomb y colaboradores (2015b) en el que los surfistas realizaban una sesión de dos horas dividiéndola en cuatro partes de 30 minutos cada una, se observaron valores más elevados de la FC pico y de la FC promedio en el primer cuarto de la sesión (173 lpm vs 166 lpm y 135 lpm vs 130 lpm, respectivamente;  $p < 0,01$ ). Esto sugiere que los surfistas no eran capaces de mantener intensidades tan altas después del primer cuarto. Además, observaron cómo disminuyó el tiempo de remada y aumentaron los periodos de estacionamiento a partir del primer cuarto, pudiendo estar relacionado con la fatiga acumulada por la actividad.

Esto podría indicar que los surfistas de competición están más acostumbrados a realizar más acciones cercanas a la máxima intensidad durante los primeros 30 minutos por la estructura de la competición, alcanzando valores superiores en la FC en comparación con surfistas aficionados por su capacidad para retrasar la fatiga.

No obstante, no hay suficiente evidencia científica para poder demostrar esta afirmación. Para futuras investigaciones podría ser útil comparar diferentes tipos de surfistas en una sesión de la misma duración, en las mismas condiciones ambientales (tamaño de la ola, viento) y en el mismo tipo de rompiente ("*beach break*, *point break*" ...).

El objetivo principal del surfista una vez ha cogido la ola es el de realizar el mayor número de maniobras (WSL,2019), para lo que es indispensable la habilidad cognitiva (Buckey, 2019). Como se aprecia en la Tabla 30 (página 159), se ha podido observar que a pesar de ser surfistas con un nivel de habilidades técnicas alto (de 7 en la escala de Hutt, 2001), las maniobras realizadas en una ola variaban de 1 a 7.

El tipo de olas que más se registraron fueron aquellas en las que se realizaron 2 y 3 maniobras con un total de 76 olas y 72 olas, respectivamente. Por el contrario, se registraron

únicamente 5 olas en las que se realizaran 5 o más maniobras, de las cuales tres de ellas tuvieron 5 maniobras, una de ellas 6 y por último hubo una única ola con 7 maniobras.

Se ha podido observar que, al realizar más maniobras en la ola, parece haber un aumento progresivo de la FC, es decir, en las olas en las que realizaban más maniobras se observaban frecuencias cardíacas pico más elevadas al finalizar la ola. Ese aumento es más notorio cuando se hace la comparativa de las olas en las que se realizan una, dos, tres o cuatro maniobras, siendo significativamente diferente respecto a olas en las que se realiza una maniobra más, tal y como se puede observar en la tabla 30. No obstante, al analizar las olas en las que se realizaban 5, 6 y 7 maniobras no está clara la respuesta cardíaca, ya que en muy pocas olas se ha conseguido hacer tantas maniobras.

Por tanto, teniendo en cuenta que la intensidad del ejercicio altera los parámetros de la FC, al aumentar la intensidad del ejercicio aumenta la FC (Gilman, 1996; Karvonen & Vuorimaa, 1988) y con ello las exigencias metabólicas (Gilman & Wells, 1993). En este caso el realizar más maniobras en la ola aumenta la FC y con ello las necesidades metabólicas. En base a ello, dicha FC incidiría directamente en la carga de entrenamiento (Guerra et al., 2014). Este hallazgo indica que la carga de las sesiones varía dependiendo del número de maniobras que realice el surfista en la ola, pudiendo cuantificar la carga de la sesión mediante la ayuda de esta variable. De este modo, se podría evitar que el surfista utilizara la banda del pulsómetro en el pecho durante la sesión, ya que ésta produce molestias al presionarla contra la tabla en las fases de remada.

Para completar las mediciones de la frecuencia cardíaca se ha añadido el TRIMP<sub>mod</sub> como método para cuantificar la carga de la sesión. Sorprendentemente, esta unidad de medida no ha sido utilizada en la literatura científica referente al surf, sino que se han utilizado mediciones subjetivas como el RPE y objetivas como el GPS (Fernández-Gamboa et al., 2018). Esto hace que sea difícil comparar la carga de la sesión en el surf con otros deportes a través del TRIMP<sub>mod</sub>. Aun así, se puede afirmar que en otros deportes intermitentes como el fútbol se han registrado  $236 \pm 41$  TRIMP<sub>mod</sub> en sesiones de entrenamiento de más de una hora (Stagno et al., 2007), mientras que en esta tesis la carga de las sesiones recreativas de surf de 60 minutos fue de  $124,35 \pm 32,40$  TRIMP<sub>mod</sub>. No obstante, estos resultados hay que compararlos con cautela ya que la duración de la sesión no es exactamente la misma y una de las variables para el cálculo del TRIMP es el tiempo de la sesión.

Continuando con la carga de la sesión, otro estudio realizado por Fernández-Gamboa et al., (2018) halló correlaciones significativas entre la carga de la sesión (mediante la percepción subjetiva: RPE respiratorio y RPE muscular) y algunas variables específicas de la práctica del surf como los metros recorridos surfeando o el tiempo en el que el surfista estaba en movimiento. En el presente estudio se analizó la influencia de la carga interna de la sesión, hallando una correlación entre el TRIMP<sub>mod</sub> y el número de olas que cogía el surfista durante la sesión ( $r = -0,777$ ;  $R^2 = 0,60$ ). Esto significa que la carga de la sesión de surf (con el método TRIMP<sub>mod</sub>) puede verse afectada por el número de olas que se cogen en una sesión. Es por ello que se sugiere que el número de olas puede ser una variable imprescindible para la cuantificación de la carga de la sesión en surfistas si por los motivos mencionados anteriormente se decide no utilizar el pulsómetro.

Otro de los hallazgos encontrados en el presente estudio es la relación positiva ( $r = 0,685$ ;  $R^2 = 0,46$ ;  $p < 0,01$ ) entre los años de experiencia y la FCA de la frecuencia cardiaca, que podría estar relacionada con la recuperación a corto plazo de la FC. Es decir, mediante los ejercicios intermitentes parece haber adaptaciones en este tipo de recuperación de la FC (Ostojic et al., 2010). Los resultados de este estudio indican que el aumento de los años de experiencia practicando este deporte puede condicionar la FCA entre olas mostrando una mejor recuperación de la FC a corto plazo.

No obstante, ninguna de las dos variables anteriores (años de experiencia y FCA) se han relacionado con la FC tras 1 minuto de finalizar el test incremental. Este fenómeno puede deberse a que la recuperación tras el test incremental fue pasiva, mientras que en la prueba de campo la recuperación tuvo que ser necesariamente activa para seguir remando hacia la rompiente.

Por el contrario, se halló una correlación moderada entre la FCA y la concentración de lactato 1 minuto después de terminar el test incremental ( $r = -0,549$ ;  $R^2 = 0,29$ ;  $p < 0,01$ ), independientemente de la concentración que tuvieran en el momento de finalizar la prueba. Esto parece indicar que la recuperación a corto plazo durante la práctica del surf podría estar condicionada por los años de experiencia y su influencia en las estrategias que los surfistas utilizan para volver a la rompiente, además de las adaptaciones adquiridas que contribuyen a la reducción de la lactacidemia.

Se debe tener en cuenta que la recuperación fisiológica y psicológica que realiza el ser humano se produce para compensar la fatiga que ha generado en su organismo, invirtiendo

las respuestas que se han producido durante el ejercicio físico (Kellmann et al., 2018). En este caso, el sistema nervioso autónomo es el responsable de la recuperación de la FC (Bellengiser et al., 2016; Borresen & Lambert, 2007) que podrá variar por la carga de las acciones realizadas. Esta variación dependerá de la duración y el número de latidos por minuto, que desciende al finalizar la exigencia física (Guerra et al., 2014).

No solo eso, sino que parece ser que los adultos, en comparación con deportistas más jóvenes, tienen una mayor capacidad de recuperar la FC en el primer minuto tras la disminución de la intensidad del ejercicio o tras su detención (Suzic Lazic et al., 2017). Parece ser que los sujetos mejor entrenados tienen una recuperación de la FC más rápida por las adaptaciones cardiovasculares y neurovegetativas (Imai et al., 1994; Otsuki et al., 2007; Suzic Lazic et al., 2017) y tienen mayor tolerancia al entrenamiento, siempre y cuando las adaptaciones sean para aumentar el rendimiento deportivo (Bellengiser et al., 2016).

Esta tendencia entre los años de experiencia y la recuperación a corto plazo podría darse por las estrategias utilizadas en la sesión, pudiendo ser por dos motivos principales:

1. una remada más eficiente al volver a la rompiente aprovechando las corrientes y evitando las zonas de impacto.
2. estar más tiempo en fase de estacionamiento seleccionando la ola.

De estos dos motivos el segundo, por los resultados obtenidos en el estudio, se ha descartado principalmente porque no hay una relación entre el número de olas y los años de experiencia, por lo que el tiempo invertido en la fase de estacionamiento no variará excesivamente. Es por ello que se sugiere que en las primeras fases del aprendizaje y/o entrenamiento en este deporte se debería dar prioridad a la enseñanza de dichas estrategias. Esto podría afectar a la remada hacia la rompiente haciéndola más eficiente y como consecuencia directa, mejorar también la recuperación. Y además, esta mejor recuperación podría afectar positivamente en las tareas posteriores de esta modalidad deportiva (remada para coger la ola, puesta en pie, maniobras específicas del surf etc).

No obstante, para afirmar esto se debería realizar un estudio longitudinal con los mismos sujetos para valorar si dicha relación entre los años de práctica y el descenso de la FC entre ola y ola obtiene algún cambio significativo, para posteriormente identificar si ese cambio se produce por la práctica continua de este deporte o es una característica que se adquiere con la edad.

Además, se debería de realizar un seguimiento más exhaustivo de la carga de la sesión en los surfistas introduciendo el número de maniobras como variable, porque tal y como indican Borresen y Lambert (2007) la carga de la sesión podría influir en la recuperación de la FC.

## 6.6 Conclusiones

El primer objetivo del estudio ha sido observar las diferencias de la frecuencia cardíaca pico al finalizar las olas dependiendo del número de maniobras realizadas en la misma. Los resultados indican que el número de maniobras realizadas en la ola influye directamente en la respuesta cardíaca. Esto indica que la FCPS alcanzada al finalizar la ola es dependiente del número de maniobras que se realicen en la misma, siendo una variable a tener en cuenta para realizar un registro más exhaustivo de la carga de la sesión.

Por otro lado, se han analizado el descenso de la FCS del surfista comparando los resultados de los primeros 30 minutos de la sesión con la segunda media hora. Los resultados indican que no parece haber una fatiga lo suficientemente alta como para afectar a la FC promedio al dividir una sesión de 60 minutos en dos partes de 30 minutos. Tampoco se reducían el número de olas ni el número de maniobras que realizaban en las olas al comparar la primera parte de la sesión con la segunda.

Haciendo referencia al segundo objetivo del estudio, parece que los años de experiencia pueden influir en la FCA entre olas. Concretamente, se ha hallado una relación entre la FCA y los años que lleva el surfista practicando surf. Esto podría indicar que los surfistas de mayor experiencia realizan alguna estrategia a la hora de remar hacia la rompiente después de haber finalizado de surfear la ola. Estas estrategias podrían estar relacionadas con las habilidades que tiene el surfista en la interpretación del mar, como pueden ser las corrientes marítimas y/o evitar zonas en las cuales impacta la ola, realizando por lo tanto una remada hacia la rompiente más eficiente. Además, los surfistas que tienen mejores adaptaciones para metabolizar el lactato después de realizar un esfuerzo extenuante pueden ser los que tengan una mejor recuperación a corto plazo durante la práctica del surf, obteniendo índices de fatiga inferiores durante dicha práctica.

Para finalizar, se sugiere priorizar la enseñanza de las estrategias a la hora de volver a la rompiente, ya que el surfista parece tener una mayor recuperación a corto plazo y dicha recuperación podría afectar a la ejecución de las maniobras, aumentando su rendimiento.

Características morfológicas, fisiológicas y técnico-tácticas del surf en surfistas no competidores vizcaínos con alto nivel de especialización deportiva.

---

Del mismo modo, se recomienda el registro del número de olas durante una sesión de surf para la cuantificación de la carga para sesiones de este deporte.

## PARTE III. CONCLUSIONES



**Capítulo 7**  
**Conclusiones por estudios y conclusiones generales**



## 7. Conclusiones por estudios y conclusiones generales

El objetivo de este último capítulo es sintetizar las conclusiones de la presente investigación.

En primer lugar, se recogerán las conclusiones específicas de cada uno de los estudios realizados, para finalizar con las conclusiones generales, en referencia a los objetivos de investigación.

En esta tesis se han estudiado diferentes características de los surfistas vizcaínos recreativos de alta especialización deportiva. Para ello se han realizado tres estudios, un primer estudio en el que se han analizado las características de la composición corporal y su relación con los años de experiencia surfando en surfistas recreativos. Un segundo estudio en el que se ha analizado la frecuencia semanal de las sesiones de surf en surfistas recreativos y su relación con las capacidades físicas y con la capacidad para surfear. Y un tercer estudio en el que se han analizado diferentes parámetros de la FC durante una sesión de surf de 60 minutos con surfistas recreativos.

### 7.1 Conclusiones del primer estudio

En este primer estudio, se han analizado las características antropométricas de los surfistas que no realizan competiciones, observando una mayor masa muscular en el tren superior de los surfistas; como se ha mencionado anteriormente, esto es debido a que pasan más tiempo remando y por consiguiente utilizando en mayor medida la musculatura del tren superior. En el somatotipo de los surfistas que se han estudiado en la presente tesis y reforzando lo expuesto por Barlow y colaboradores 2014, los surfistas son más mesomorfos y, aun así, en los surfistas de menor nivel o en este caso los surfistas recreativos, obtienen resultados más bajos en la mesomorfía.

Por otro lado, se analizaron las relaciones que existían entre los años de experiencia surfando y las diferentes características de la composición corporal. Únicamente se ha hallado que los surfistas con más años de experiencia obtenían valores inferiores en el porcentaje muscular del tren superior por lo que se sugiere que los surfistas de más

experiencia utilizan algún tipo de estrategia a la hora de remar e invertir menos tiempo en dicha acción.

## 7.2 Conclusiones del segundo estudio

En este segundo estudio se ha analizado la influencia del número de sesiones semanales de surf que realizaban los surfistas, en las capacidades físicas y en la sesión de surf.

Los resultados de este estudio indican que el número de sesiones de surf que se realizan no parece tener ninguna influencia en los umbrales anaeróbicos de los surfistas. Por el contrario, un mayor número de sesiones podrían afectar positivamente a la potencia que se aplica en la remada al volver a la rompiente, consiguiendo desplazarse más rápido a dicho punto.

En cuanto a la altura del CMJ, no parece influir en la cantidad de maniobras a realizar en la ola. No obstante, en estudios previos lo han relacionado con la potencia de las maniobras (Fernández-Gamboa et al., 2017; Secomb, Farley, Lundgren, et al., 2015b). Por lo que, el rendimiento en el salto mejorará la calidad de la maniobra pero no aumentará el número de maniobras a realizar en una ola.

Por otro lado, en la sesión de surf de 60 minutos no parece haber una fatiga lo suficientemente elevada como para que limite la capacidad del surfista para coger olas o realizar maniobras, ya que no ha habido ninguna diferencia entre la primera media hora de la sesión y la segunda.

Para finalizar con las conclusiones de este estudio, se sugiere que las sesiones semanales que realiza el surfista en el agua pueden ayudar a realizar más maniobras en la ola y por consiguiente influir en el rendimiento de los surfistas. Por lo tanto, también puede ser interesante trasladar este hallazgo a los surfistas de competición manteniendo un número de sesiones semanales surfeando en los periodos competitivos para mantener dicho rendimiento. No obstante, se debería validar este hallazgo con surfistas de competición.

## 7.3 Conclusiones del tercer estudio

En este tercer estudio se ha analizado la sesión de surf, observando la FC en todo momento, el número de olas que cogía el surfista y el número de maniobras que realizaba el surfista.

Los hallazgos obtenidos en este estudio refuerzan lo mencionado en el anterior, es decir, no parece haber una fatiga muy elevada en las sesiones de 60 minutos de surf como para influir descendiendo las capacidades del surfista. Por un lado, no hay un descenso en los valores de FC al comparar los dos periodos en los que se ha dividido la sesión (0-30 minutos y 30-60 minutos), ni tampoco parece ser tiempo suficiente para que la fatiga reduzca el número de olas y número de maniobras realizadas durante la misma, como se ha mencionado en el estudio 2.

Parece que los años de experiencia y las adaptaciones metabólicas del lactato en la recuperación pueden influir en la FCA entre olas, por la relación encontrada entre la FCA y los años que lleva el surfista practicando surf. Esta relación podría indicar que los surfistas con más experiencia utilizan estrategias (aprovechar las corrientes marítimas, evitar las zonas de impacto de las olas etc) a la hora de remar hacia la rompiente consiguiendo un mayor descenso de la FC. Por ello, se sugiere hacer hincapié en la enseñanza de dichas estrategias para mejorar la recuperación a pesar de las condiciones marítimas, y mejorar la ejecución de las maniobras al surfear.

Otros resultados de este estudio también indican que el número de maniobras realizadas en la ola influye directamente en la respuesta cardiaca. Esto indica que la FCPS alcanzada al finalizar la ola, es dependiente del número de maniobras que se realicen en la misma, siendo una variable a tener en cuenta para realizar un registro más exhaustivo de la carga de la sesión.

Para finalizar, el número de olas que se cogen en una sesión de surf es una de las variables que parece estar relacionada directamente con la carga de la sesión, por lo que se sugiere registrar el número de olas de la sesión para cuantificar la carga con mayor precisión en las sesiones de surf.

## 7.4 Conclusiones generales

Las capacidades físicas de los surfistas pueden ser uno de los indicadores para conocer el nivel del surfista. Así mismo, los años de experiencia parecen dotar al surfista de estrategias para disminuir el esfuerzo realizado al volver a la rompiente, por la relación encontrada entre los años de experiencia, la FCA y el descenso del porcentaje muscular. Para finalizar, el número de maniobras que se realizan en una misma ola influye en la respuesta cardiaca al finalizar la fase de surfear. Cabe resaltar, una vez más, que los surfistas analizados son

surfistas con más de 5 años de experiencia y que realizan 3 o más sesiones de surf semanales y que tienen el mismo nivel técnico que los surfistas de competición.

Realizadas las conclusiones de cada estudio, a continuación, se exponen las conclusiones generales de la tesis:

1. El somatotipo de los surfistas recreativos es mesomorfo.
2. Los surfistas recreativos tienen mayor masa muscular en el tren superior que en el inferior.
3. En los surfistas recreativos adultos existe una correlación negativa entre los años de experiencia y la masa muscular del tren superior.
4. La frecuencia de las sesiones semanales incide en la potencia máxima que alcanza el surfista en un test incremental.
5. La potencia máxima alcanzada en un test incremental parece influir en el número máximo de maniobras que un surfista puede realizar en las olas.
6. La frecuencia de las sesiones semanales realizadas influye en el número máximo de maniobras que es capaz de realizar el surfista en una sesión de 60 minutos.
7. La altura del CMJ no influye en el número de maniobras que realiza el surfista.
8. La potencia generada en un test de 10 segundos, el  $VO_2$  máx. y el umbral anaeróbico no influyen en el número de olas que cogen durante una sesión de 60 minutos.
9. Los años de experiencia y las sesiones semanales que realizan los surfistas no influyen en el número de olas que cogen los surfistas en una sesión de una hora.
10. Al separar una sesión de 60 minutos en dos mitades no se observan diferencias entre ellas, al comparar las respuestas cardíacas de una de las partes con la otra.
11. Al separar una sesión de 60 minutos de surf en dos mitades no hay diferencias entre una y otra en cuanto al número de olas y número de maniobras que realiza el surfista.
12. El número de maniobras que realiza un surfista en la ola influye en la respuesta cardíaca. Al realizar más maniobras en la ola la FC al finalizar es mayor.
13. Los años de experiencia y la recuperación del lactato tras 1 minuto de finalizar la prueba de esfuerzo están relacionados positivamente con la  $FC\Delta$ . Los resultados obtenidos indican que los que tienen más años de experiencia tienen más elevada la  $FC\Delta$ , es decir, recuperan mejor.
14. El número de olas cogidas durante la sesión parece influir directamente en la carga de la sesión.

## **Capítulo 8**

### **Limitaciones**



## 8. Limitaciones

A continuación, se describen las limitaciones que presentan los estudios que componen esta tesis doctoral:

- **Pulsómetro y su banda con surfistas:**

La medición realizada con el pulsómetro y su banda parecen dar algún pequeño error al realizar las mediciones con los surfistas, perdiendo la señal durante breves periodos de tiempo. En las imágenes obtenidas con la videocámara, se observaba que dicha pérdida de señal coincidía con caídas de los surfistas mientras surfeaban o al dejar la ola y tumbarse en la tabla de un salto golpeando la tabla con la zona de las costillas y el pecho.

- **Muestra utilizada:**

Como se ha podido observar en los tres estudios planteados anteriormente la muestra utilizada ha sido la misma. Esta ha sido una de las principales limitaciones de los estudios realizados.

Se inició el reclutamiento mediante los contactos personales del investigador principal y de los contactos facilitados por las federaciones, como se ha indicado anteriormente. Se consiguió la respuesta de alrededor de 80 surfistas no competidores de los cuales 37 aceptaron realizar el estudio voluntariamente.

Tres de estos surfistas se lesionaron antes de realizar las pruebas de campo del estudio 2 y 3 por lo que quedaron excluidos de los estudios. Otros ocho surfistas no pudieron realizar las pruebas de campo en el periodo de 2 semanas establecido entre una prueba y otra para que no hubiese demasiado cambio en sus capacidades físicas. Y por último, tal y como se ha indicado hubo dificultades de registro de la FC con 6 surfistas mientras realizaban el test de campo surfeando.

- **Falta de estudios sobre el surf** y la dificultad encontrada en los mismos a la hora de cuantificar la carga de una sesión de surf. Ahora bien, esta limitación puede convertirse en una oportunidad para identificar nuevas brechas en la literatura y por lo tanto, nuevas investigaciones.



**Capítulo 9**  
**Líneas de futuro**



## 9. Líneas de futuro

En base a los resultados de los estudios que componen la presente tesis doctoral se han identificado posibles líneas de futuro en el campo de la investigación teniendo el surf y su práctica como objeto de estudio.

- **Comportamiento de la masa muscular mediante la práctica del surf:**

Sería interesante realizar un estudio longitudinal para analizar el comportamiento de la masa muscular segmentaria en relación con los años de experiencia surfando para darle continuidad a este hallazgo. Asimismo, analizar las disimetrías en la masa muscular dependiendo de la lateralidad del surfista al surfear, es decir, analizar la influencia que puede tener el ser zurdo o diestro en la masa muscular segmental del surfista.

- **Analizar el comportamiento de la FCA en surfistas de diferentes niveles y en diferentes condiciones marítimas.**

La recuperación de los surfistas a corto plazo no está lo suficientemente estudiada por lo que es una limitación importante a la hora de planificar los entrenamientos de los surfistas.

- **Analizar con más profundidad la respuesta cardiaca en función de las maniobras realizadas.**

Se debería estudiar más la respuesta cardiaca de los surfistas en relación a las maniobras realizadas. En la presente tesis se ha estudiado con surfistas recreativos, pero no se conoce la respuesta que podría haber en surfistas de competición, ni tampoco qué respuesta tendría en diferentes tipos de rompientes. Cabe destacar que también sería de gran interés ver si se observan las mismas tendencias en surfistas femeninas.

- **Analizar la misma relación entre años de experiencia con la masa muscular del tren superior y recuperación cardiaca a corto plazo con surfistas femeninas.**

En la presente tesis se ha podido observar que los años de experiencia deportiva de los surfistas varones que no realizan competiciones podría influenciar en la masa muscular del tren superior y en la recuperación a corto plazo. Sería

interesante conocer si esta relación también se observa en las surfistas femeninas ya que en los últimos años está aumentando su participación en el mundo del surf.

## **PARTE IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## 10. Referencias bibliográficas

- Ackland, T.R., Landers, B.G., & Smith, D. (1998). Anthropometric profiles of elite triathletes. *J Sci Med Sport, 1*, 53–56. doi: 10.1016/S1440-2440(98)80008-X.
- Ackland, T.R., Lohman, T.G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R.J., Meyer, N.L., Stewart, A.D., & Müller, W. (2012). Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Med, 42*(3), 227–249. doi:10.2165/11597140-000000000-00000.
- Ackland, T.R., Ong, K.B., Kerr, D.A., & Ridge, B. (2003). Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *J Sci Med Sport, 6*(3), 285–294. doi: 10.1016/S1440-2440(03)80022-1.
- Albert, M. J. (2009). *La investigación educativa. Claves teóricas*. Madrid: McGraw-Hill.
- Álvarez, J., & Murillo, V. (2016). Evolución de la prevención de lesiones en el control del entrenamiento. *Archivos de Medicina del Deporte, 33*(1), 37-58.
- Amann, M., & Dempsey, J.A. (2008). Locomotor muscle fatigue modifies central motor drive in healthy humans and imposes a limitation to exercise performance. *J Physiol, 586*(1), 161–173. doi: 10.1113/jphysiol.2007.141838.
- American College of Sports Medicine (ACSM). (2008). *Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Arena, R., Myers, J., & Kaminsky, L.A. (2016). Revisiting age-predicted maximal heart rate: Can it be used as a valid measure of effort? *Am Heart J, 173*, 49–56. doi: 10.1016/j.ahj.2015.12.006.
- Arratibel, I., Calleja-González, J., Emparanza, J.I., Terrados, N., Mjaanes, J.M., & Ostojic, S.M. (2016). Lack of concordance amongst measurements of individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state on a cycle ergometer. *Phys Sportsmed, 44*(1), 34–45. doi: 10.1080/00913847.2016.1122501.
- Association of Surfing Professionals (ASP). (2013). *ASP rule book 2013*. Association of Surfing Professionals.

- Astrand, P.L., & Kaare, R. (1992). *Fisiología del trabajo físico* (3rd ed.). Madrid: Médica Panamericana.
- Atkinson, G., & Reilly, T. (1996). Circadian variation in sports performance. *Sports Med*, *21*(4), 292–312. doi: 10.2165/00007256-199621040-00005.
- Bagger, M., Petersen, P.H., & Pedersen, P.K. (2003). Biological Variation in Variables Associated with Exercise Training. *Int J Sports Med*, *24*(6), 433–440. doi: 10.1055/s-2003-41180.
- Balsom, P., Seger, J., Sjödín, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int J Sports Med*, *13*(7). doi: 528–533. 10.1055/s-2007-1021311.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, *24*(7), 665–674. doi: 10.1080/02640410500482529.
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*, *4*(6), 381–394. doi: 10.2165/00007256-198704060-00001.
- Barlow, M.J., Findlay, M., Gresty, K., & Cooke, C. (2014). Anthropometric variables and their relationship to performance and ability in male surfers. *Eur J Sport Sci*, *14*(suppl1), 1–7. doi: 10.1080/17461391.2012.666268.
- Barlow, M.J., & Gresty, K. (2015). Associations of Power at  $\dot{V}O_{2peak}$  and Anaerobic Threshold with Rank in British High Performance Junior Surfers. *Hum Mov Sci*, *16*(1), 28–32. doi: 10.1515/humo-2015-0023.
- Barlow, M.J., Gresty, K., Findlay, M., Cooke, C.B., & Davidson, M.A. (2014). The effect of wave conditions and surfer ability on performance and the physiological response of recreational surfers. *J Strength Cond Res*, *28*(10), 2946–2953. doi: 10.1519/JSC.0000000000000491.
- Bassett, D.R., & Howley, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(1), 70–84. doi: 10.1097/00005768-200001000-00012.

- Bellengiser, C.R., Fuller, J.T., Thomson, R.L., Davison, K., Robertson, E.Y., & Buckley, J.D. (2016). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analys. *Sports Med*, *46*(10), 1461–1486. doi: 10.1007/s40279-016-0484-2.
- Bentley, D.J., Mcnaughton, L.R., Thompson, D., Vleck, V.E., & Batterham, A.M. (2001). Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(12), 2077–2081. doi: 10.1097/00005768-200112000-00016.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Billat, V., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J.P., & Mercier, J. (2003). The Concept of Maximal Lactate Steady State: A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Med*, *33*(6), 407–426. doi: 10.2165/00007256-200333060-00003.
- Billaut, F., Basset, F.A., & Falgairette, G. (2005). Muscle coordination changes during intermittent cycling sprints. *Neurosci Lett*, *380*(3), 265–269. doi: 10.1016/j.neulet.2005.01.048.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *Eur J Appl Physiol*, *97*(4), 373–379. doi: 10.1007/s00421-006-0182-0.
- Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol*, *92*(4–5), 540–547. doi: 10.1007/s00421-004-1150-1.
- Bishop, D., & Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, *44*(1), 1–7.
- Bishop, P.A., Smith, J.F., Kime, J.C., Mayo, J.M., & Tin, Y.H. (1992). Comparison of a manual and an automated enzymatic technique for determining blood lactate concentrations. *Int J Sports Med*, *13*(1), 36–39. doi: 10.1055/s-2007-1021231.
- Bishop, P., & Martino, M. (1993). Blood lactate measurements in recovery as an adjunct to training. *Sports Med*, *16*(1), 5–13. doi: 10.2165/00007256-199316010-00002.

- Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med, 50*(8), 471-475. doi: 10.1136/bjsports-2015-095445.
- Blomqvist, C.G., & Saltin, B. (1983). Cardiovascular adaptations to physical training. *Annu Rev Physiol, 45*, 169–189. doi: 10.1146/annurev.ph.45.030183.001125.
- Bobbert, M.F., & Van Soest, A.J. (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc, 26*(8), 1012–1020.
- Borresen, J., & Lambert, M.I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol, 101*(4), 503–511. doi: 10.1007/s00421-007-0516-6.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med, 39*(9), 779-795. doi: 10.2165/11317780-000000000-00000.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: Aspectos metodológicos*. Barcelona: INDE.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M.C., Gabbett, T.J, Coutts, A.J, Burgess, D.J, Gregson, W & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform, 12*(s2), S2-161. doi: 10.1123/IJSP.2017-0208.
- Boyle, M. (2016). *New functional training for sport* (2nd ed.). U.S.A: Human Kinetics.
- Brewer, C. (2017). *Athletic Movement Skills: training for sports performance*. Human Kinetics.
- Brooks, G. (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc., 18*(3), 300–308. doi: 10.1249/00005768-198606000-00019.
- Brooks, G. A. (2018). The science and translation of lactate shuttle theory. *Cell Metab, 27*(4), 757-785. doi: 10.1016/j.cmet.2018.03.008.

- Brooks, G. A., & Gaesser, G. A. (1980). End points of lactate and glucose metabolism after exhausting exercise. *Journal of Applied Physiology*, *49*(6), 1057-1069. doi: 10.1152/jappl.1980.49.6.1057.
- Brooks, G.A., Brauner, K.E., & Cassens, R.G. (1973). Glycogen synthesis and metabolism of lactic acid after exercise. *Am J Physiol*, *224*(5), 1162–1166. doi: 10.1152/ajplegacy.1973.224.5.1162.
- Buchheit, M., Samozino, P., Glynn, J.A., Michael, B.S., Haddad, H.A., Méndez-Villanueva, A., & Morin, J.B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players sprinting speed in highly trained young soccer players. *J Sports Sci*, *32*(20), 1906-1913. doi: 10.1080/02640414.2014.965191.
- Buckley, R. (2019). Cognitive timescales in highly skilled physical actions learned through practice: A 20-year participant observation analysis of recreational surfing. *J. Outdoor Recreat. Tour.*, *27*, 100231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jort.2019.100231>.
- Burrow, T. (2003). *Taj Burrow's book of hot surfing*. Sydney: Rolling Youth Pr.
- Butt, T. (2004). *Surf Science-An Introduction to Waves for Surfing*. Honolulu: University of Hawaii Press.
- Cámara, J., Maldonado, S., Fernández, J.R., & González, M. (2011). Paddling performance and ranking position in junior surfers competing at the association of surfing professionals: a pilot. *E-Balonmano. Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, *3*(3), 147–156.
- Canda, A.S. (2012). *Variables antropométricas de la población deportista española*. Madrid: FSC.
- Carter, J.E.L., & Ackland, T.R. (1994). *Kinanthropometry in aquatic sports: a study of world class athletes*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N.B.B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *J Sports Sci*, *27*(2), 151–157. doi: 10.1080/02640410802448731.

- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A.C., Keizer, H.A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds. *Int J Sports Med*, *13*, 518–522. doi: 10.1055/s-2007-1021309.
- Chicharro, J.L., & Vaquero, A.F. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Médica Panamericana.
- Clausen, T., Nielsen, O.B., Harrison, A.P., Flatman, J.A., & Overgaard, K. (1998). The Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup> pump and muscle excitability. *Acta Physiol Scand*, *162*(3), 183–190. doi: 10.1046/j.1365-201X.1998.0295e.x.
- Cook, G. (2003). *Athletic Body in Balance: Optimal movement skills and conditioning for performance*. Champaign: Human kinetics.
- Cook, G. (2010). *Functional Movement Systems: Screening, Assessment and Corrective Strategies*. Santa Cruz: On Target Publications.
- Coppin, E., Heath, E.M., Bressel, E., & Wagner, D.R. (2012). Wingate Anaerobic Test Reference Values for Male Power Athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, *7*, 232–236. doi: 10.1123/ijsp.7.3.232.
- Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J.S., & Davies, B. (2009). An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using global positioning system tracking software. *J Sports Med Phys Fitness*, *23*(4), 1195–1203. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a3928b.
- Dally, W.R. (2001). The maximum speed of surfers. *J Coast Res*, (29), 33–40.
- Dantas, D. (2012). *Necesidades psicológicas de practicantes de Surf*. [tesis doctoral]. Vigo: Universidad de Vigo.
- De Rose, E.H., & Guimaraes, A.A. (1980). *A model for optimization of somatotype in young athletes*. Baltimore: University Park Press.
- Dotan, R., & Bar-Or, O. (1983). Load optimization for the Wingate Anaerobic Test. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *51*(3), 407–417. doi: 10.1007/bf00429077.
- Duffield, R., King, M., & Skein, M. (2009). Recovery of voluntary and evoked muscle performance following intermittent-sprint exercise in the heat. *Int J Sports Physiol Perform*, *4*(2), 254–268. doi: 10.1123/ijsp.4.2.254.

- Edwards, S. (1993). *The Heart Rate Monitor Book*. Sacramento: CA: Fleet Feet Press.
- Edwards R.H.T., Melcher A., Hesser C.M., Wigert, O. & Ekelun, L.G. (1972). Physiological correlates of perceived exertion in continuous and intermittent exercise with the same average power output. *Eur J Clin Invest*;2(2), 108–14. doi: 10.1111/j.1365-2362.1972.tb00578.x.
- Ekblom, B. (1969). Effect of physical training on oxygen transport in system in man. *Acta Physiol Scand*, 328, 1–45.
- Ekblom, B., Balsom, P.D., Gaitanos, G.C., & Söderlund, K. (1999). High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol Scand*, 165, 337–345. doi: 10.1046/j.1365-201x.1999.00517.x.
- Elia, M., Fuller, N.J.J., Hardingham, C.R.R., Graves, M., Screatton, N., Dixon, A.K K., & Ward, L.C.C. (2000). Modeling leg sections by bioelectrical impedance analysis, dual-energy X-ray absorptiometry, and anthropometry: assessing segmental muscle volume using magnetic resonance imaging as a reference. *Ann N Y Acad Sci*, 904, 298–305. doi: 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06471.x.
- Eurich, A.D. (2008). *The effects of sex and skill level on performance in the pop up phase of surfing*. [Tesis doctoral]. Fullerton: Faculty of California State University.
- Eurich, A.D., Brown, L.E., Coburn, J.W., Noffal, G., Nguyen, D., Khamoui, A.V., & Uribe, B.P. (2010). Performance differences between sexes in the pop-up phase of surfing. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2821–2825. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f0a77f.
- Everline, C. (2007). Shortboard Performance Surfing: A Qualitative Assessment of Maneuvers and a Sample Periodized Strength and Conditioning Program In and Out of the Water. *J Strength Cond Res*, 29(3), 32. doi: 10.1519/00126548-200706000-00004.
- Farley, O.R. (2011). *Competitive surfing: A physiological profile of athletes and determinants of performance*. [Tesis doctoral]. Auckland: University of Technology.
- Farley, O.R. (2012). Anaerobic and aerobic fitness profiling of competitive surfer. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2243–2248. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823a3c81.
- Farley, O.R., Coyne, J.O., Secomb, J.L., Lundgren, L.E., Tran, T.T., Sheppard, J.M., & Abbiss, C.R. (2013). Comparison of the 400 metre time endurance surf paddle between elite

competitive surfers, competitive surfers and recreational surfers. *J Aus Strength Cond*, 21(S2), 125–127.

Farley, O.R., Harris, N.K., & Kilding, A.E. (2012). Physiological Demands of Competitive Surfing. *J Strength Cond Res*, 26(7), 1887–1896. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182392c4b.

Farley, O.R., Secomb, J.L., Parsonage, J., Lundgren, L E., Abbiss, C.R., & Sheppard, J.M. (2016). Five Weeks Of Sprint And High Intensity Interval Training Improves Paddling Performance In Adolescent Surfers. *J Strength Cond Res*, 30(9), 2446–2452. doi: 10.1519/JSC.0000000000001364.

Farley, O.R., Secomb, J.L., Raymond, E.R., Lundgren, L.E., Ferrier, B.K., Abbiss, C.R., & Sheppard, J.M. (2018). Workloads of competitive surfing: Work-to-relief ratios, surf-break demands, and updated analysis. *J Strength Cond Res*, 32(10), 1–10. doi: 10.1519/JSC.0000000000002659.

Farley, O.R., Raymond, E.I, Secomb, J.L., Ferrier, B., Lundgren, L.E., Tran, T.T., Abbiss, C.R & Sheppard, J.M. (2015). Scoring analysis of the men's 2013 world championship tour of surfing. *IJARE*, 9(1), 38–48. doi: 10.25035/ijare.09.01.05.

Felder, J.M., Burke, L.M., Lowdon, B.J., Cameron-Smith, D., & Collier, G.R. (1998). Nutritional practices of elite female surfers during training and competition. *Int J Sport Nutr*, 8(1), 36–48. doi: 10.1123/ijasn.8.1.36.

Fernández-Gamboa, I., Yanci, J., Granados, C., & Cámara, J. (2017). Comparison Of Anthropometry And Lower Limb Power Qualities According To Different Levels And Ranking Position Of Competitive Surfers. *J Strength Cond Res*, 31(8), 2231–2237. doi: 10.1519/JSC.0000000000001565.

Fernández-Gamboa, I., Yanci, J., Granados, C., Freemyer, B., & Cámara, J. (2018). Competition Load Described By Objective And Subjective Methods During A Surfing Championship. *J Strength Cond Res*, 32(5), 1329-1335. doi: 10.1519/JSC.0000000000001973.

Fernández-López, J. R., Cámara, J., Maldonado, S., & Rosique-Gracia, J. (2012). The effect of morphological and functional variables on ranking position of professional junior Basque surfers. *Eur J Sport Sci*, 13(5), 1–7. doi: 10.1080/17461391.2012.749948.

- Fernández, J., Méndez-Villanueva, A., & Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *Br J Sports Med, 40*(5), 387–391. doi: 10.1136/bjsm.2005.023168.
- Ferreira da Silva, B.A., Clemente, F.M., & Lourenco Martins, F.M. (2018). Associations between Functional Movement Screen scores and performance variables in surf athletes. *J Sports Med Phys Fitness, 58*(5), 583-590. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07154-7.
- Finch, C.F., Orchard, J.W., Twomey, D.M., Saad Saleem, M., Ekegren, C.L., Lloyd, D.G. & Elliott, B.C. (2014). Coding OSICS sports injury diagnoses in epidemiological studies: does the background of the coder matter? *Br J Sports Med, 48*(7), 552-556. doi: 10.1136/bjsports-2012-091219.
- Fleck, S.J. (1983). Body composition of elite American athletes. *Am J Sports Med, 11*(6), 398–403. doi: 10.1177/036354658301100604.
- Forsyth, J.R., De La Harpe, R., Riddiford-Harland, D.L., Whitting, J.W., & Steele, J.R. (2017). Scoring Analysis of Manoeuvres Performed in Elite Male Professional Surfing Competitions. *Int J Sports Physiol Perform, 1*–20. doi: 10.1123/ijsp.2016-0561.
- Foxdal, P., Sjödin, B., Rudstam, H., Östman, C., Östman, B., & Hedenstierna, G.C. (1990). Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 61*(3–4), 218–222. doi: 10.1007/BF00357603.
- Frank, M., Zhou, S., Bezerra, P., & Crowley, Z. (2009). Effects of long-term recreational surfing on control of force and posture in older surfers: A preliminary investigation. *J Exerc Sci Fit, 7*(1), 31–38. doi: 10.1016/S1728-869X(09)60005-8.
- Fraser, S.F., Li, J.L., Carey, M.F., Wang, X.N., Sangkabutra, T., Sostaric, S., Selig, S.E, Kjeldsen, K & McKenna, M.J. (2002). Fatigue depresses maximal in vitro skeletal muscle Na(+)-K(+)-ATPase activity in untrained and trained individuals. *J Appl Physiol, 93*(5), 1650–1659. doi: 10.1152/jappphysiol.01247.2001.
- Frediani, P. (2001). *Surf Flex-Flexibility, Yoga*. Long Island: Hatherleigh.

- Fric, J.J., Fric, J., Boldt, F., Stoboy, H., Meller, W.F.F., & Drygas, W. (1988). Reproducibility of post-exercise lactate and anaerobic threshold. *Int J Sports Med*, *9*(5), 310–312. doi: 10.1055/s-2007-1025029.
- Furley, P., & Dörr, J. (2016). "Eddie would (n't) go!" perceptual-cognitive expertise in surfing. *Psychol Sport Exerc*, *22*, 66-71. doi: 10.1016/j.psychsport.2015.06.008.
- Furness, J., Hing, W., Walsh, J., Abbott, A., Sheppard, J. M., & Climstein, M. (2015). Acute injuries in recreational and competitive surfers: Incidence, severity, location, type, and mechanism. *Am J Sports Med*, *43*(5), 1246-1254. doi: 10.1177/0363546514567062.
- Furness, J., Hing, W., Newcomer, S., Schram, B., Sheppard, J.M., & Climstein, M. (2018). Physiological profile of male competitive and recreational surfers. *J Strength Cond Res*, *32*(2), 372–378. doi: 10.1519/JSC.0000000000001623.
- Gaesser, G.A., & Brooks, G.A. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc*, *16*(1), 29–43.
- Gaitanos, C., Williams, C., Boobis, L.H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, *75*(2), 712–719. doi: 10.1152/jappl.1993.75.2.712.
- Galindo-Domínguez, H. (2020). *Estadística para no estadísticos: una guía básica sobre la metodología cuantitativa de trabajos académicos*. 3Ciencias. Alicante. Editorial Área de innovación y desarrollo S.L.
- Gandarias, J.M. (1976). *Fisiología especial aplicada I* (6th ed.). Barcelona: Editorial Científico-Médica.
- Garrido, R.P. (1974). *Test de Wingate y de Bosco: Cómo evaluar la fuerza en nuestros deportistas*. Alicante: Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante. Consellería de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana.
- Gebel, A., Lesinski, M., Behm, D. G., & Granacher, U. (2018). Effects and dose–response relationship of balance training on balance performance in youth: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, *48*(9), 2067-2089. doi: 10.1007/s40279-018-0926-0.
- Gilman, M.B. (1996). The Use of Heart Rate to Monitor the Intensity of Endurance Training. *Sports Med*, *21*(2), 73–79. doi: 10.2165/00007256-199621020-00001.

- Gilman, M.B., & Wells, C.L. (1993). The Use of Heart Rates to Monitor Exercise Intensity in Relation to Metabolic Variables. *Int J Sports Med*, *14*(6), 339–344. doi: 10.1055/s-2007-1021189.
- Girard, O., Bishop, D., & Méndez-Villanueva, A. (2011a). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, *41*(8), 673–694. doi: 10.2165/11590550-000000000-00000.
- Girard, O., Bishop, D., & Méndez-Villanueva, A. (2011b). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, *41*(9), 741–756. doi: 10.2165/11590560-000000000-00000.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, *35*(9), 757–777. doi: 10.2165/00007256-200535090-00003.
- Green, S., & Dawson, B. (1993). Definitions, Limitations and Unsolved Problems. *Sports Med*, *15*(5), 312–327. doi: 10.2165/00007256-199315050-00003.
- Gobierno de España (2020). Puertos del estado. Recuperado de <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.
- Guerra, Z.F., Peçanha, T., Moreira, D.N., Silva, L.P., Laterza, M.C., Nakamura, F.Y., & Lima, J.R.P. (2014). Effects of load and type of physical training on resting and postexercise cardiac autonomic control. *Clin Physiol Funct Imaging*, *34*(2), 114–120. doi: 10.1111/cpf.12072.
- Gutiérrez, F., Canda, A., Heras, M.E., Boraiita, A., Rabadán, M., Lillo, P., González, M., López-Illescas, A., Pancorbo, A.E., Díaz, A.E., Palacios, N. & Montalvo, Z. (2010). *Análisis, valoración y monitorización del entrenamiento de alto rendimiento deportivo. Composición corporal y somatotípico como indicadores de pronóstico de rendimiento deportivo*. Madrid: CSD.
- Haff, G.G., & Dumke, C. (2019). *Laboratory Manual for Exercise Physiology* (2nd ed.). Champaign (IL): Human Kinetics.
- Hall, J.E. (2016). *Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica* (13th ed.). Amsterdam: Elsevier.

- Halson, S.L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Med*, 44(2), 139–147. doi: 10.1007/s40279-014-0253-z.
- Hautier, C.A., Arsac, L.M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J.R. (2000). Influence of fatigue on EMG / force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4), 839–843. doi: 10.1097/00005768-200004000-00017.
- Hopkins, W.G. (1991). Quantification of Training in Competitive Sports: Methods and Applications. *Sports Med*, 12(3), 161–183. doi: 10.2165/00007256-199112030-00003.
- Hughes, M. (2004). Performance analysis - a 2004. *Int J Perform Anal Sport*, 4, 103–109. doi: 10.1080/24748668.2004.11868296.
- Hutt, J.A., Black, K.P., & Mead, S.T. (2001). Classification of surf breaks in relation to surfing skill. *J Coast Res*, 29(Special issue), 66–81.
- Imai, K., Sato, H., Hori, M., Kusuoka, H., Ozaki, H., Yokoyama, H., Takeda, H. & Kamada, T. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*, 24(6), 1529–1535. doi: 10.1016/0735-1097(94)90150-3.
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Médica Panamericana.
- Izquierdo, M., Ibáñez, J., Häkkinen, K., Kraemer, W.J., Ruesta, M., & Gorostiaga, E.M. (2004). Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *J Sports Sci*, 22(5), 465–478. doi: 10.1080/02640410410001675342.
- Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z.M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18 – 88 yr Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18 – 88 yr. *J Appl Physiol*, 89, 81–88. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009520.
- Jayanthi, N. A., LaBella, C. R., Fischer, D., Pasulka, J., & Dugas, L. R. (2015). Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *The American journal of sports medicine*, 43(4), 794-801. doi: 10.1177/0363546514567298.

- Jeukendrup, A., & Van Diemen, A. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci*, *16*Suppl, S91-99. doi: 10.1080/026404198366722.
- Jones, R.M., Cook, C.C., Kilduff, L.P., Milanovi, Z., James, N., Sporiš, G., Fiorentini, B., Fiorentini, F., Turner, A. & Vuvkovic, G. (2013). Relationship between Repeated Sprint Ability and Aerobic Capacity in Professional Soccer Players. *Sci. World J*, *1*, 1–5. doi: 10.1155/2013/952350.
- Jubbal, K. T., Chen, C., Costantini, T., Herrera, F., Dobke, M., & Suliman, A. (2017). Analysis of surfing injuries presenting in the acute trauma setting. *Ann Plast Surg.*, *78*(5), S233-S237. doi: 10.1097/SAP.0000000000001026.
- Kampion, D., & Brown, B. (1997). *Stoked: A History of Surf Culture*. Los Angeles: General Publishing Group.
- Karatzaféri, C., de Haan, A., Van Mechelen, W., & Sargeant, A.J. (2001). Metabolism changes in single human fibres during brief maximal. *Exp Physiol*, *86*, 411–415. doi: 10.1113/eph8602223.
- Karvonen, M., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, *35*(3), 307–315.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart Rate and Exercise Intensity During Sports Activities: Practical Application. *Sports Med*, *5*(5), 303–311. doi: 10.2165/00007256-198805050-00002.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A.J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S.L., Hecksteden, A., Hedari, J., Kallus, K.W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, & Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*, *13*(2), 240–245. doi: 10.1123/ijsp.2017-0759.
- Khundaqji, H., Samain, E., Climstein, M., & Furness, J. (2018). A Comparison of Aerobic Fitness Testing on a Swim Bench and Treadmill in a Recreational Surfing Cohort: A Pilot Study spells. *Sports*, *6*(2), 1–11. doi: 10.3390/sports6020054.
- Kibler, W., & Safran, M. (2000). Musculoskeletal injuries in the young tennis player. *Clin Sports Med*, *19*(4), 781–792. doi: 10.1016/S0278-5919(05)70237-4.

- Kim, J., Wang, Z., Heymsfield, S.B., Baumgartner, R.N., & Gallagher, D. (2002). Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy. *Am J Clin Nutr*, *76*, 378–383. doi: 10.1093/ajcn/76.2.378.
- Kimura, Y., Yeater, R.A., & Martin, R. B. (1990). Simulated swimming: a useful tool for evaluation the VO<sub>2</sub> max of swimmers in the laboratory. *Br J Sports Med*, *24*(3), 201–206. doi: 10.1136/bjism.24.3.201.
- Konstantaki, M., & Swaine, I.L. (1999). Lactate and cardiopulmonary responses to simulated arm-pulling and leg-kicking in collegiate and recreational swimmers. *Int J Sports Med*, *20*(2), 118–121. doi: 10.1055/s-2007-971104.
- Koutedakis, Y., & Sharp, N.C. (1986). A modified Wingate test for measuring anaerobic work of the upper body in junior rowers. *Br J Sports Med*, *20*(4), 153–156. doi: 10.1136/bjism.20.4.153.
- LaLanne, C.L., Cannady, M.S., Moon, J.F., Taylor, D.L., Nessler, J.A., Crocker, G.H., & Newcomer, S.C. (2017). Characterization of Activity and Cardiovascular Responses During Surfing in Recreational Male Surfers Between the Ages of 18 and 75 Years Old. *J Aging Phys Act*, *25*(2), 182–182. doi: 10.1123/japa.2016-0041.
- Lambert, M., & Borresen, J. (2006). A theoretical basis of monitoring fatigue: a practical approach for coaches. *Int J Sports Med*, *1*(4), 371–388. doi: 10.1260/174795406779367684.
- Lambert, M.I., Mbambo, Z.H., & Gibson, A.S.C. (1998). Heart rate during training and competition for longdistance running Heart rate during training and competition for longdistance running. *J Sports Sci*, (16 Suppl), S37–41. doi: 10.1080/026404198366713.
- Landers, G.J., Blanksby, B.A., Ackland, T.R., & Smith, D. (2000). Morphology and performance of world championship triathletes. *Ann Hum Biol*, *27*(4), 387–400. doi: 10.1080/03014460050044865.
- Larsson, P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Med*, *33*(15), 1093–1101. doi: 10.2165/00007256-200333150-00002.

- Lauenroth, A., Ioannidis, A. E., & Teichmann, B. (2016). Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. *BMC Geriatr*, *16*(1), 1-14. doi: 10.1186/s12877-016-0315-1.
- Lohman, T.G., Roche, A.F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Loveless, D.J. (2009). *Paddling performance in recreational and competitive junior surfers*. [Tesis doctoral]. Australia: Griffith University.
- Loveless, D.J., & Minahan, C. (2010a). Peak aerobic power and paddling efficiency in recreational and competitive junior male surfers. *Eur J Sport Sci*, *10*(6), 407–415. doi: 10.1080/17461391003770483.
- Loveless, D.J., & Minahan, C. (2010b). Two reliable protocols for assessing maximal-paddling performance in surfboard riders. *J Sports Sci*, *28*(7), 797–803. doi: 10.1080/02640411003770220.
- Lowdon, B.J. (1980). The somatotype of international surfboard riders. *Aust J Sports Med*, *12*, 34–39.
- Lowdon, B.J. (1983). Fitness requirements for surfing. *Sports Coach*, *6*, 35–38.
- Lowdon, B.J. (1989). Specificity of aerobic fitness testing of surfers. *Aust J Sci Med Sport*, *7*–10.
- Lukaski, H.C., Bolonchuk, W.W., Hall, C.B., & Siders, W.A. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* (1985), *60*(4), 1327–1332. doi: 10.1152/jappl.1986.60.4.1327.
- Lundgren, L.E., Newton, R.U., Tran, T. ., Dunn, M., Nimphius, S., & Sheppard, J.M. (2014). Analysis of Manoeuvres and Scoring in Competitive Surfing. *Int J Sports Sci Coach*, *9*(4), 663–669. doi: 10.1260/1747-9541.9.4.663.
- Lundgren, L.E., Tran, T.T., Nimphius, S., Raymond, E., Secomb, J.L., Farley, O.R., ... Sheppard, J.M. (2016). Comparison of impact forces, accelerations and ankle range of motion in surfing-related landing tasks. *J Sports Sci*, *34*(11), 1051–1057. doi: 10.1080/02640414.2015.1088164.

- Lythe, J. (2008). *The physical demands of elite men's field hockey and the effects of differing substitution methods on the physical and technical outputs of strikers during match play*. [Tesis doctoral]. Auckland: Auckland University of Technology.
- Manzi, V., Bovenzi, A., Impellizzeri, M. F., Carminati, I., & Castagna, C. (2013). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season. *J. Strength Cond. Res*, *27*(3), 631-636. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825dbd81.
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, L. (2001). *International standards for anthropometric assessment*. ISAK. Holbrooks: National Library of Australia.
- Matsuura, R., Arimitsu, T., Kimura, T., Yunoki, T., & Yano, T. (2007). Effect of oral administration of sodium bicarbonate on surface EMG activity during repeated cycling sprints. *Eur J Appl Physiol*, *101*(4), 409–417. doi: 10.1007/s00421-007-0512-x.
- Matthie, J.R. (2008). Bioimpedance measurements of human body composition: critical analysis and outlook. *Expert Rev Med Devices*, *5*(2), 239–261. doi: 10.1586/17434440.5.2.239.
- Mcardle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.I. (1990). *Fundamentos de fisiología del ejercicio* (2nd ed.). Madrid: Mc Graw Hill.
- Mcardle, W.D., Katch, V.I., & Katch, F.I. (2011). *Essentials of Exercise Physiology* (4th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- McGawley, K., & Bishop, D. (2008). Anaerobic and aerobic contribution to two, 5 x 6-s repeated-sprint bouts. *Coach Sport Sci J*, *3*, 52.
- Medbo, J.I., & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, *22*(4), 501–507.
- Medbo, J.I., Mohn, A.C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O.M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *J Appl Physiol*, *64*(1), 50–60. doi: 10.1152/jappl.1988.64.1.50.
- Meir, R.A., Lowdon, B.J., & Davie, A.J. (1991). Heart Rates an Estimated Energy Expenditure During Recreational Surfing. *Aust J Sci Med Sport*, *23*, 70–74.

- Méndez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2005). Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Med*, *35*(1), 55–70. doi: 10.2165/00007256-200535010-00005.
- Méndez-Villanueva, A., Bishop, D., & Barbero, C.J. (2006a). La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: Aspectos fisiológicos (I). *AMD*, *XXIII*(114), 299–303.
- Méndez-Villanueva, A., Bishop, D., & Barbero, C.J. (2006b). La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: Aspectos fisiológicos (II). *AMD*, *XXIII*(115), 379–389.
- Méndez-Villanueva, A., Bishop, D., & Hamer, P. (2006). Activity profile of world-class professional surfers during competition: a case study. *J Strength Cond Res*, *20*(3), 477–482. doi: 10.1519/16574.1.
- Méndez-Villanueva, A., Bishop, D., Pérez-Landaluce, J., Fernández-García, B., & Terrados, N. (2010). Inaccuracy of the HR reserve vs. V O<sub>2</sub> reserve relationship during prone arm-paddling exercise in surfboard riders. *J Physiol Anthropol*, *29*(6), 189–195. doi: 10.2114/jpa2.29.189.
- Méndez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, *103*(4), 411–419. doi: 10.1007/s00421-008-0723-9.
- Méndez-Villanueva, A., Mujika, I., & Bishop, D. (2010). Variability of competitive performance assessment of elite surfboard riders. *J Strength Cond Res*, *24*(1), 135–139. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a61a3a.
- Méndez-Villanueva, A., Pérez-Landaluce, J., Bishop, D., Fernández-García, B., Ortolano, R., Leibar, X., & Terrados, N. (2005). Upper body aerobic fitness comparison between two groups of competitive surfboard riders. *J Sci Med Sport*, *8*(1), 31–39. doi: 10.1016/s1440-2440(05)80023-4.
- Metaxas, T., Mandroukas, A., Vamvakoudis, E., Kotoglou, K., Ekblom, B., & Mandroukas, K. (2014). Muscle Fiber Characteristics, Satellite Cells and Soccer Performance in Young Athletes. *J Sports Sci Med*, *13*(3), 493–501.

- Mier, C.M., Turner, M.J., Ehsani, A.A. & Spina, R.J. (1997). Cardiovascular adaptations to 10 days of cycle exercise. *J Appl Physiol*, *83*, 1900–1906. doi: 10.1152/jappl.1997.83.6.1900.
- Minahan, C., Chia, M., & Inbar, O. (2007). Does power indicate capacity? 30-s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit.. *Int J Sports Med*, *28*(10), 836–843. doi: 10.1055/s-2007-964976.
- Minahan, C., Pirera, D.J., Sheehan, B., MacDonald, L., & Bellinger, P.M. (2016). Anaerobic energy production during sprint paddling in junior competitive and recreational surfers. *Int J Sports Physiol Perform*, *11*(6), 810–815. doi: 10.1123/ijsp.2015-0558.
- Minghelli, B., Graca, S., Paulino, S., & Sousa, I. (2017). Time-Motion Analysis of Young Competitive Surfers: Southern Portugal. *J Sports Med Dopng Stud*, *07*(03). doi: 10.4172/2161-0673.1000194.
- Minghelli, B., Nunes, C., & Oliveira, R. (2018). Injuries in recreational and competitive surfers: A nationwide study in Portugal. *J Sports Med Phys Fitness*, *58*(12), 1831–1838. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07773-8.
- Missenard, O., Mottet, D., & Perrey, S. (2009). Factors responsible for force steadiness impairment with fatigue. *Muscle Nerve*, *40*(6), 1019–1032. doi: 10.1002/mus.21331.
- Morton, D.P., & Gatin, P.B. (1997). Effect of high intensity board training on upper body anaerobic capacity and short-lasting exercise performance. *Aust J Sci Med Sport*, *29*, 17–21.
- Morton, R.H., Fitz-Clarke, J.R., & Banister, E.W. (1990). Modeling human performance in running. *J Appl Physiol*, *69*(3), 1171–1177. doi: 10.1152/jappl.1990.69.3.1171.
- Mujika, I. (2017). Quantification of training and competition loads in endurance sports: methods and applications. *Int J Sports Physiol Perform*, *12*(s2), S2-9. doi: 10.1123/ijsp.2016-0403.
- Murgatroyd, T.L. (2009). *A retrospective cohort analysis of the injury profile of internationally competitive* [Tesis de máster]. Durban: Chiropractic at Durban University of Technology.

- Nuzzo, J.L., McBride, J.M., Cormie, P., & McCaulley, G.O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *J Sports Med Phys Fitness*, *22*(3), 699–707. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816d5eda.
- Ostojic, S.M., Markovic, G., Calleja-González, J., Jakovljevic, D.G., Vucetic, V., & Stojanovic, M.D. (2010). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *Eur J Appl Physiol*, *108*(5), 1055–1059. doi: 10.1007/s00421-009-1313-1.
- Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., Saito, Y., Tanimura, Y., Sugawara, J., Ajisaka, R. & Miyauchi, T. (2007). Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(2), 365–370. doi: 10.1249/01.mss.0000241647.13220.4c.
- Paillard, T., Margnes, E., Portet, M., & Breucq, A. (2011). Postural ability reflects the athletic skill level of surfers. *Eur J Appl Physiol*, *111*(8), 1619–1623. doi: 10.1007/s00421-010-1782-2.
- Parolin, M.L., Chesley, A., Matsos, M.P., Spriet, L.L., Jones, N.L. & Heigenhauser, G.J.F. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *Am J Physiol*, *5*, 890–900. doi: 10.1152/ajpendo.1999.277.5.E890.
- Perini, R., Tironi, A., Causero, M., Di Nino, A., Tam, E., & Capelli, C. (2006). Seasonal training and heart rate and blood pressure variabilities in young swimmers. *Eur J Appl Physiol*, *97*(4), 395–403. doi: 10.1007/s00421-006-0174-0.
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. *BMC Geriatr*, *11*(1), 1-19. doi: 10.1186/1471-2318-11-29.
- Pietrobelli, A., Rubiano, F., St-Onge, M.P., & Heymsfield, S.B. (2004). New bioimpedance analysis system: Improved phenotyping with whole-body analysis. *Eur J Clin Nutr*, *58*(11), 1479–1484. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601993.
- Peçanha, T., de Brito, L. C., Fecchio, R. Y., de Sousa, P. N., Silva, N. D., Couto, P. G., Pio de Abreu, A., Vieira da Silva, G., Mion, D., Low, D.A. & de Moraes Forjaz, C. L. (2020).

Activation of Mechanoreflex, but not Central Command, Delays Heart Rate Recovery after Exercise in Healthy Men. *Int J Sports Med*. doi: 10.1055/a-1297-4475.

Price, M.J., & Campbell, I.G. (1997). Determination of peak oxygen uptake during upper body exercise. *Ergonomics*, *40*(4), 491–499. doi: 10.1080/001401397188116.

Racinais, B., Bishop, D., & Denis, R. (2007). Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. *Med Sci Sports Exerc*, *39*, 268–274. doi: 10.1249/01.mss.0000251775.46460.cb.

Rampinini, E., Sassi, A, Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M. & Coutts, A.J (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, *34*, 1048–1054. doi: 10.1139/H09-111.

Ratel, S., Kluka, V., Vicencio, S.G., Jegu, A.G., Cardenoux, C., Morio, C., Coudeyre, E. & Martin, V. (2015). Insights into the mechanisms of neuromuscular fatigue in boys and men. *Med Sci Sports Exerc*, *47*(11), 2319-2328. doi: 10.1249/MSS.0000000000000697.

Redd, M.J., & Fukuda, D.H. (2016). Utilization of Time Motion Analysis in the Development of Training Programs for Surfing Athletes. *Strength Cond J*, *38*(4), 1–8. doi: 10.1519/SSC.0000000000000243.

Rivas, L.G., Mielgo-Ayuso, J., Norte-Navarro, A., Cejuela, R., Cabañas, M.D., & Martínez-Sanz, J.M. (2015). Composición corporal y somatotipo en triatletas universitarios. *Nutr Hosp*, *32*(2), 799–807. doi: 10.3305/nh.2015.32.2.9142.

Robergs, R.A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 502–516. doi: 10.1152/ajpregu.00114.2004.

Robinson, D.M., Robinson, S.M., Hume, P.A., & Hopkins, W.G. (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc*. doi: 10.1249/00005768-199109000-00013.

Rodacki, A.L.F., Fowler, N.E., & Bennett, S.J. (2002). Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(1), 105–116. doi: 10.1097/00005768-200201000-00017.

- Rodwell, V. W., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., & Weil, P. A. (2018). *Bioquímica Ilustrada de Harper*. McGraw Hill Méjico.
- Rodríguez, J.J. (2015). Características antropométricas y músculo-tendinosas relacionadas con el perfil mecánico fuerza-velocidad en acciones balísticas. [Tesis doctoral]. Universidad Católica de Murcia, Murcia.
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2011). Neural influences on sprint running, training adaptations and acute responses. *Sports Med.* 2001, 31(6), 409–425. doi: 10.2165/00007256-200131060-00002.
- Saltin, B., & Calbet, J.A. (2006). Point : Counterpoint VO 2 max is limited primarily Point : In health and in a normoxic environment, V by cardiac output and locomotor muscle blood flow O 2 max is not limited Counterpoint : In health and in a normoxic environment, V primarily by card. *J Appl Physiol*, 100(20), 744–748. doi: 10.1152/ajpregu.00332.2005.
- Saltin, B., & Gollnick, P.D. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In L.D. Peachy (ed.). *Handbook of physiology* (pp. 555–631). Baltimore: Williams & Wilkings. doi: 10.1002/cphy.cp100119.
- Samozino, P. (2009). *Capacités mécaniques des membres inférieurs et mouvements explosifs. Approches théoriques intégratives appliquées au saut vertical*. [tesis doctoral. Francia: Université Jean Monnet].
- Schroeter, N. (2008). *A physiological profile of recreational surfers and the effect of surfing experience on selected variables*. Fullerton: California State University.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Human kinetics.
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 46(11), 1689-1697. doi: 10.1007/s40279-016-0543-8.
- Schwellnus, M.P. (2008). *The olympic textbook of medicine in sport*. Oxford: Blackwell Publissehed Ltd.
- Secomb, J.L., Farley, O.R., Lundgren, L.E., Tran, T.T., King, A., Nimphius, S., & Sheppard, J.M. (2015). Associations Between the Performance of Scoring Manoeuvres and Lower-

- Body Strength and Power in Elite Surfers. *Int J Sports Sci Coach*, 10(5), 911–918. doi: 10.1260/1747-9541.10.5.911.
- Secomb, J.L., Farley, O.R., Lundgren, L., Tran, T.T., Nimphius, S., & Sheppard, J.M. (2013). Comparison of the sprint paddling performance between competitive male and female surfers. *J Aus Strength Cond*, 21(S2), 118–120.
- Secomb, J.L., Sheppard, J.M., & Dascombe, B.J. (2015a). Reductions in sprint paddling ability and countermovement jump performance after surfing training. *J Strength Cond Res*, 29(7), 1937–1942. doi: 10.1519/JSC.0000000000000843.
- Secomb, J.L., Sheppard, J.M., & Dascombe, B.J. (2015b). Time – Motion Analysis of a 2-Hour Surfing Training Session. *Int J Sports Physiol Perform*, 10, 17–22. doi: 10.1123/ijsp.2014-0002.
- Selley, E.A., Kolbe, T., Van Zyl, C.G., Noakes, T.D., & Lambert, M. . (1995). Running intensity as determined by heart rate is the same in fast and slow runners in both the 10- and 21-km races. *J Sports Sci*, 13(5), 405–410. doi: 10.1080/02640419508732256.
- Sheppard, J.M., & Chapman, D.W. (2012). Anthropometric characteristics, upper body strength, and sprint paddling in competitive surfers. *J Aus Strength Cond*, 20(1), 5–10.
- Sheppard, J.M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., & Chapman, D.W. (2012). Association Between Anthropometry and Upper-Body Strength Qualities With Sprint Paddling Performance in Competitive Wave Surfers. *J Strength Cond Res*, 26(12), 3345–3348. doi: 10.1519/JSC.0b013e31824b4d78.
- Sheppard, J.M., Nimphius, S., Haff, G.G., Tran, T.T., Spiteri, T., Brooks, H., Slater, G., & Newton, R.U. (2013). Development of a comprehensive performance-testing protocol for competitive surfers. *Int J Sports Med*, 8(5), 490–495. doi: 10.1123/ijsp.8.5.490.
- Sheppard, J.M., Osborne, M., Chapman, D., Andrews, M., & McNamara, P. (2013). Technique adjustments influence the performance of sprint paddling in competitive male surfers. *Int J Sports Sci Coach*, 8(1), 43–51. doi: 10.1260/1747-9541.8.1.43.
- Siders, W.A., Lukaski, H.C., & Bolonchuk, W.W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 33(2), 166–171.

- Sillanpää, E., Cheng, S., Häkkinen, K., Finni, T., Walker, S., Pesola, A., Ahtiainen, J., Stenroth, L., Selänne, H. & Sipilä, S. (2014). Body composition in 18- to 88-year-old adults - Comparison of multifrequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry. *Obesity (Silver Spring)*, *22*(1), 101–109. doi: 10.1002/oby.20583.
- Sjodin, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med*, *2*(1), 23–26. doi: 10.1055/s-2008-1034579.
- Snyder, R. (2003). *Fit to Surf-The Surfer's*. New York: McGraw-Hill.
- Soderlund, K., & Hultman, E. (1991). ATP and phosphocreatine changes in single human muscle fibers after intense electrical stimulation. *Am J Physiol*, *261*(6), 737–741. doi: 10.1152/ajpendo.1991.261.6.E737.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Med*, *35*(12), 1025–1044. doi: 10.2165/00007256-200535120-00003.
- Spent, L.F., Martin, A.D., & Drinkwater, D.T. (1993). Muscle mass of competitive male athletes. *J Sports Sci*, *11*(1), 3–8. doi: 10.1080/02640419308729956.
- Spriet, L.L., Lindinger, M.I., McKelvie, R.S., Heigenhauser, G.J., & Jones, N.L. (1989). Muscle glycogenolysis and H<sup>+</sup> concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol*, *66*(1), 8–13. doi: 10.1152/jappl.1989.66.1.8.
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, *25*(6), 629-634. doi: 10.1080/02640410600811817.
- Stenberg, J., Astrand, P.O., Ekblom, B., Royce, J., & Saltin, B. (1967). Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J Appl Physiol*, *22*(1), 61–70.
- Struyf, F., Tate, A., Kuppens, K., Feijen, S., & Michener, L. A. (2017). Musculoskeletal dysfunctions associated with swimmers' shoulder. *Br J Sports Med*, *51*(10), 775-780. doi: 10.1136/bjsports-2016-096847.
- Suzic Lazic, J., Dekleva, M., Soldatovic, I., Leischik, R., Suzic, S., Radovanovic, D., Djuric, B., Nestic, D., Lazic, M. & Mazic, S. (2017). Heart rate recovery in elite athletes: the

- impact of age and exercise capacity. *Clin Physiol Funct Imaging*, 37(2), 117–123. doi: 10.1111/cpf.12271.
- Swaine, I.L. (1997). Cardiopulmonary responses to exercise in swimmer using a swim bench and a leg-kicking ergometer. *Int J Sports Med*, 18(5), 359–362. doi: 10.1055/s-2007-972646.
- Swaine, I.L. (2000). Arm and leg power output in swimmers during simulated swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 32(7), 1288–1292. doi: 10.1097/00005768-200007000-00016.
- Swaine, I.L., & Winter, E.M. (1999). Comparison of cardiopulmonary responses to two types of dry-land upper-body exercise testing modes in competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80(6), 588–590. doi: 10.1007/s004210050638.
- Tanaka, H., Monahan, K.D., & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, 37(1), 153–156. doi: 10.1016/S0735-1097(00)01054-8.
- Tanner, J.M. (1965). *The physique of the Olympic athlete*. Londres: George Allen & Unwin Ltd,.
- Tran, T., Lundgren, L., Secomb, J.L., Farley, O.R., Haff, G.G., Seitz, L.B., Newton, R.U., Nimphius, & Sheppard, J.M. (2015). Comparison of physical capacities between nonselected and selected elite male competitive surfers for the national junior team. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(2), 178–182. doi: 10.1123/ijsp.2014-0222.
- Tran, T., Nimphius, S., Lundgren, L., Secomb, J.L., Farley, O.R., Haff, G.G., Newton, R.U., Brown, L.E. & Sheppard, J.M. (2015). Effects of Unstable and Stable Resistance Training on Strength , Power , and Sensorimotor Abilities in Adolescent Surfers. *Int J Sports Sci Coach*, 10(5), 899–910. doi: 10.1260/1747-9541.10.5.899.
- Tran, T. T., Newton, R. U., Lundgren, L. E., Secomb, J. L., Farley, O. R., Haff, G. G., Newton, R.U., Nimphius, S & Sheppard, J. M. (2015). Development and evaluation of a drop-and-stick method to assess landing skills in various levels of competitive surfers Various Levels of Competitive Surfers. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(3), 396-400. doi: 10.1123/ijsp.2014-0375.
- Verhoshansky, Y., & Siff, M.C. (2004). *Super entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.

- Vøllestad, N. (1997). Measurement of human muscle fatigue. *J Neurosci Methods*, *74*(2), 219–227. doi. 10.1016/s0165-0270(97)02251-6.
- Warburton, D., Haykowsky, M.J., Quinney, H.A., Blackmore, D., Taylor, D.A., McGavock, J., Humen, D.P. (2004). Blood volume expansion and cardiorespiratory function: effects of training modality. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(6), 991–1000. doi: 10.1249/01.mss.0000128163.88298.cb.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- Willer, C.J., Speliotes, E.K., Loos, R.J.F., Li, S., Lindgren, C.M., Heid, I.M., Berndt, S.I., Elliott, A.L., Jackson, A.U., Lamina, C., Lettre, G., Lim, N., Lyon, H.N., McCarroll, S.A., Papadakis, K., Qi, L., Randall, J.C., Roccascacca, R.A., Sanna, S, ... Hirschhorn, J.N. (2009). Six new loci associated with body mass index highlight a neuronal influence on body weight regulation. *Nat. Genet*, *41*(1), 25–34. doi: 10.1038/ng.287.
- Wilmore, J.H., & Costill, D.L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (5th ed.). Barcelona: Paidotribo.
- World Surf League (WSL). (2019). *Book Rule, WLS*. World Surf League.



## PARTE V. ANEXO



