

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA.

ESTUDIO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DEL FUTBOLISTA
PROFESIONAL EN COMPETICIÓN: UN MODELO EXPLICATIVO
A PARTIR DEL CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DE JUEGO.

D. Oscar García García

A Coruña, Septiembre 2005

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA.

**ESTUDIO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DEL FUTBOLISTA
PROFESIONAL EN COMPETICIÓN: UN MODELO EXPLICATIVO
A PARTIR DEL CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DE JUEGO.**

TESIS DOCTORAL

AUTOR:

Oscar García García

DIRECTORES:

Prof. Dr. Antonio Ardá Suárez

Prof. Dr. Antonio Rial Boubeta

A Coruña, Septiembre 2005



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
FÍSICA E DEPORTIVA

Avda. Ernesto Ché Guevara, 121 Pazos - Lians
15179 Oleiros, A Coruña
Teléfono. 981 16 70 00
Fax. 981 16 70 48

D. Antonio Ardá Suárez, profesor titular del Dpto. de Educación Física y Deportiva de la Universidad de A Coruña, y D. Antonio Rial Boubeta, profesor titular del Área de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Universidad de Santiago de Compostela

CERTIFICAN

Que la presente tesis doctoral titulada: **“Estudio de la frecuencia cardiaca del futbolista profesional en competición: un modelo explicativo a partir del contexto de la situación de juego”**, elaborada por **D. Oscar García García**, bajo la dirección de éstos, reúne los requisitos científicos y académicos necesarios para ser presentada y defendida.

Vº Bº Prof. Dr. Antonio Ardá Suárez

Vº Bº Prof. Dr. Antonio Rial Boubeta

A Coruña, 20 de Septiembre de 2005

Lo peor que puede hacerse es cruzar un precipicio en dos saltos
(David Lloyd George)

AGRADECIMIENTOS

A la hora de la verdad, y aunque a veces resulta una fórmula hecha, la realidad es que un trabajo de estas características no se puede llevar a cabo sin la inestimable colaboración, ayuda, o apoyo que, en diferentes ámbitos, nos pueden ofrecer otras personas. En este caso concreto, estas personas han aportado desde conocimientos, opiniones fundamentadas, trabajo de campo, etc. hasta paciencia, respeto, apoyo moral, etc.

Han sido muchas las personas que de un modo u otro han aportado su granito de arena a que este trabajo llegara a su fin, a todas ellas me gustaría agradecerlo de una manera absolutamente sincera, sin embargo, me gustaría resaltar a aquellos que han tenido los peores “tragos” dentro de este trabajo:

Toni Ardá, aparte de su labor de dirección, ha sido todo un apoyo personal desde una perspectiva optimista, paciente, y de completa colaboración mucho más allá de la pura dirección de este trabajo.

Antonio Rial, codirector caracterizado por su incansable labor, búsqueda de soluciones, compromiso desinteresado...y sobre todo buen rollo desde el principio.

Marcos Fernández Carreiras, amigo y colega de profesión, has sido mi compañero en las labores más ingratas y de menos presupuesto de este trabajo, a las que de alguna manera ya hasta nos hemos acostumbrado ¿no? Espero ansiosamente poder disfrutar de tu tesis.

Roberto Longa otro de los grandes compañeros de viaje, que no sólo facilitó los estudios previos de este trabajo sino que ha aportado su experiencia como preparador físico en el fútbol y su paciencia y comprensión como amigo de muchos, muchos años.

Carlos Agrasar, has tenido la paciencia de aguantar la lectura y revisiones de capítulos enteros de este trabajo de forma estoica, aportando una opinión valiosísima, una mirada crítica, y a veces una visión ácida y cañera como más nos gusta.

Eduardo Domínguez, espero que tu actual etapa en el R.C.D. Español sea todo lo fructífera que tú te mereces, has colaborado de manera crucial en la obtención de los datos, y en aportar una visión llena de practicidad sacando mucho más jugo a todo este estudio.

María Teresa Anguera y Antonio Hernández Mendo que me han abierto de par en par las puertas de la metodología observacional, y todo ello de una manera amena y sencilla, además de darme su autorizada opinión en toda clase de detalles de este trabajo.

A Gaby Schürerer, César Martín, Mauro Scaloni, y Gerardo Seoane, tengo que agradecerles el inestimable valor de aportarme el punto de vista del jugador profesional acerca de los aspectos que se relatan en este trabajo, pero sobre todo tengo que agradecerles un constante apoyo y disposición absoluta hacia mí y hacia este trabajo.

Tampoco quiero olvidarme de los jugadores, cuerpo técnico y directivos del R.C. Celta de Vigo en la pretemporada del 2003 que se brindaron de forma desinteresada a la realización de este estudio. Colaboraciones y ejemplos como este deberían ser seguidos por otros clubes para poder seguir adquiriendo mayor conocimiento acerca del fútbol. Ni por supuesto de Claudio Casal y David Monzo que formaron parte del equipo de análisis de datos más paciente, concentrado y dispuesto a reanalizar una y otra vez todas las situaciones de juego, ni de Benjamín y David y sus compañeros de la biblioteca y de audiovisuales del INEF Galicia que han mantenido en todo momento una actitud de colaboración total, ni de Manuel Fernández Pombo que también se ha “tragado” varios capítulos para poder ofrecerme su autorizada opinión, ni de Paula, Loli, José Manuel, Miguel, y Susy que siempre han estado para echar una mano moral o en las misiones que requerían más “tecnología”.

Por último, también quiero agradecer a mis dos hermanos Miguel Angel y Juan Pablo, a Susana, y a quién más me soporta, mi niña sureña Virginia, su paciencia, interés, y apoyo en todos los frentes en los que se han librado batallas para la consecución de este trabajo, ellos también han estado donde más los necesitaba y cuando más los necesitaba.

Y como no a mis dos ejemplos de actitud ante la vida, de espejo en el cual poder reflejarme de la manera más orgullosa, y de camino a seguir para ser ante todo persona: mis Padres.

A vosotros sólo espero que os guste...

CODIFICACIÓN DE ABREVIATURAS

ACTH: hormona adrenocorticotrópica.

ADP: adenosin difosfato.

AG: ácidos grasos.

AGL: ácidos grasos libres.

AMP: adenosin monofosfato.

ATP: adenosin trifosfato.

CK: creatin kinasa.

C.M.: Copa del Mundo.

CMJ: counter movement jump.

¹³C-MRS: resonancia magnética espectroscópica.

CO₂: dióxido de carbono.

ECG: electrocardiograma.

FC: frecuencia cardíaca.

FCM: frecuencia cardíaca máxima.

FCR: frecuencia cardíaca de reserva.

F.I.F.A: federación internacional de fútbol.

FT: fast twitch fibres.

h: hora.

HC: Hidratos de carbono.

IMP: inosina monofosfato.

JCB: jugador con balón.

JDC: juegos deportivos colectivos.

JSB: jugador sin balón.

K2: sistema de telemetría para valorar de forma directa el consumo de oxígeno de una actividad.

Kcal: kilocaloría.

Kg: kilos.

KJ: kilojulio.

Km: kilómetros.

L: litro.

Lat: latido.

m: metro.

min: minuto.

ml: mililitro.

mMol: milimol.

mmHg: milímetros de mercurio.

MRC: monitor de ritmo cardiaco.

N₂: nitrógeno.

ng: nanogramos.

NH₃: amoníaco.

O₂: oxígeno.

PC: fosfocreatina.

PG: peso graso.

Pi: fosfato inorgánico.

PM: peso muscular.

PMA: potencia máxima aeróbica.

³¹P-MRS: resonancia magnética espectroscópica.

r =: coeficiente de Pearson.

S: segundo.

SJ: squat jump.

ST: slow twitch fibres.

SNPa: sistema nervioso parasimpático.

SNS: sistema nervioso simpático.

TG: triglicéridos.

VO₂: consumo de oxígeno.

VO₂máx: consumo máximo de oxígeno.

W: watio.

μm²: micrómetro al cuadrado.

INDICE

PRESENTACIÓN

PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO

1. Introducción.....	21
1.1. Sobre la naturaleza del juego del fútbol.....	23
1.2. Sobre los factores del rendimiento en el fútbol.....	26
1.3. Sobre la investigación de los factores de rendimiento en el fútbol	28
1.3.1. Las investigaciones en la dimensión técnico-coordinativa	29
1.3.2. Las investigaciones en la dimensión estratégico-táctica.....	30
1.3.3. Las investigaciones en la dimensión energético-funcional	31
1.3.4. Las investigaciones en la dimensión psicológica.....	33
2. La cuantificación del esfuerzo físico de la competición en el fútbol	35
2.1. Introducción	37
2.2. Métodos utilizados para la cuantificación del esfuerzo físico de la competición	39
2.2.1. Métodos para determinar la distancia recorrida.....	39
2.2.2. Métodos para determinar la intensidad del esfuerzo.....	42
2.3. Resultados de las investigaciones.....	46
2.3.1. Volumen total de metros recorridos por un jugador en competición	46
2.3.2. Volumen total de metros recorridos por un jugador en competición, en función del puesto específico	50
2.3.3. Volumen de acciones de interacción del jugador con el balón	51
2.3.4. Distribución del volumen de metros recorridos en función de la intensidad a la que se realizan	53
2.3.5. Tiempo de duración de los distintos tipos de esfuerzo	55
2.3.6. Duración, distancia y frecuencia de los esfuerzos realizados a máxima intensidad	58
3. Indicadores fisiológicos que caracterizan el perfil fisiológico del jugador y los requerimientos fisiológicos de la competición de fútbol	63
3.1. Introducción	65
3.2. Sobre la descripción fisiológica del jugador de fútbol	65
3.2.1. La composición corporal	66
3.2.2. La composición de las fibras musculares	69
3.2.3. La concentración de fosfatos y glucógeno en el músculo	72
3.2.4. La potencia anaeróbica máxima	73
3.2.5. El consumo máximo de O ₂	75
3.2.6. Los mecanismos fisiológicos de la percepción	80
3.3. Sobre los requerimientos fisiológicos de la competición en el fútbol	82
3.3.1. El consumo de oxígeno durante el encuentro	83
3.3.2. El comportamiento de la frecuencia cardiaca	85
3.3.3. La concentración de ácido láctico y otras alteraciones bioquímicas	87
3.3.4. El gasto energético y el metabolismo muscular	92
3.3.5. La temperatura y pérdida de peso corporal.....	96
4. Análisis de la problemática que plantean los estudios que utilizan la FC como indicador de carga fisiológica: caso específico del fútbol	99
4.1. Generalidades sobre el sistema cardiovascular y sus adaptaciones en el ámbito deportivo	101
4.1.1. El corazón	101
4.1.2. La presión sanguínea	102
4.1.3. El volumen sistólico	103

4.1.4. La actividad cardíaca	103
4.1.5. La regulación de los ajustes cardiovasculares durante el ejercicio	104
4.2. Métodos utilizados para realizar mediciones del sistema cardiovascular en deportistas	105
4.2.1. Volumen e hipertrofia del corazón	105
4.2.2. Presión sanguínea	108
4.2.3. Eficiencia circulatoria.....	108
4.2.4. Frecuencia cardíaca	108
4.2.4.1. Frecuencia cardíaca de base	111
4.2.4.2. Frecuencia cardíaca máxima	111
4.3. La utilización de la frecuencia cardíaca como indicador de la carga fisiológica que soporta el jugador en el entrenamiento y en la competición	113
4.3.1. La FC como indicador de carga fisiológica	113
4.3.2. Estudios psicofisiológicos.....	115
4.3.2.1. La interpretación motivacional.....	116
4.3.2.2. La interpretación cognitiva	116
4.3.2.3. Consideraciones actuales	116
4.3.3. Factores que pueden influir en los valores de frecuencia cardíaca medidos en el entrenamiento y en la competición	118
4.3.3.1. Consideraciones iniciales	118
4.3.3.2. Factores que pueden influir en los valores de frecuencia cardíaca máxima	119
4.3.3.3. Factores que pueden influir en los valores de frecuencia cardíaca de base	120
4.3.3.4. Factores que pueden influir en los valores de frecuencia cardíaca medidos en el entrenamiento	121
4.3.3.5. Factores que pueden influir en los valores de frecuencia cardíaca medidos en la competición.....	122
4.3.4. Las experiencias de utilización de la frecuencia cardíaca, como indicador de la carga fisiológica del deportista, dentro del contexto de la competición y del entrenamiento deportivo	125
4.3.4.1. Las experiencias en el entrenamiento y en la competición de los juegos deportivos colectivos	126
4.3.4.2. Las experiencias en el entrenamiento y en la competición en otros deportes	128
4.3.4.3. Las experiencias en el entrenamiento y en la competición en el fútbol	130
4.4. La relación entre los valores de frecuencia cardíaca y las acciones técnicas y situaciones de juego expresadas en el entrenamiento y la competición deportiva	135

SEGUNDA PARTE: ESTUDIO EMPÍRICO

1. Planteamiento del problema	141
2. Objetivos	149
3. Metodología	153
3.1. Diseño	155
3.2. Sujetos	155
3.3. Instrumentos	156
3.3.1. Instrumento de selección	156
3.3.1.1. Intervalos de incremento acusado de la FC	157
3.3.1.2. Intervalos de disminución de la FC	158
3.3.2. Instrumentos de observación.....	159
3.3.2.1. Formatos de campo.....	159
3.3.2.2. Sistema de categorías	160

3.3.2.3. Formatos de campo y sistemas de categorías. Uso complementario	161
3.3.2.4. Variables extrañas	174
3.3.3. Instrumentos de registro	176
3.3.3.1. De lápiz y papel	176
3.3.3.2. Electrónicos	177
3.3.3.3. Programas informáticos	177
3.4. Procedimiento	178
3.5. Control de calidad del dato.....	180
3.6. Análisis de datos	181
4. Resultados	183
4.1. Aproximación descriptiva	185
4.1.1. Comportamiento de la FC de los futbolistas en la competición	185
4.1.2. Claves que caracterizan el contexto de la situación de juego.....	207
4.2. Aproximación bivariada.....	210
4.3. Hacia un modelo integrador	220
5. Discusión	227
6. Conclusiones	237
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	241
ANEXOS	265

PRESENTACIÓN

Haciendo un poco de historia podemos llegar a vislumbrar que las raíces del fútbol se pierden en la Antigüedad, en la época clásica, donde una modalidad deportiva muy similar fue denominada por los griegos como “Sphaira” ó “Episcyros” y más tarde por los romanos como “Ollis” o “Harpastum”. Incluso, durante la Edad Media, el fútbol llegó a caracterizar el carnaval inglés y durante el renacimiento se jugó una versión más elaborada llamada “Calcio”. No obstante, el fútbol tal y como se conoce hoy en día fue inventado a mediados del siglo XIX en los patios de las Public Schools Inglesas. El primer club de fútbol de la historia fue el Sheffield Football Club, creado en 1858, y la primera asociación oficial de fútbol se creó en 1863 (Football Association), organizando en 1871 la primera competición oficial: La Copa de Inglaterra, y en 1884 la Liga Inglesa.

El fútbol fue deporte de exhibición en los Juegos Olímpicos de 1900 y 1904 y reconocido oficialmente como prueba olímpica en 1908. La FIFA (Federación Internacional de Fútbol) fue fundada en 1904.

Con el transcurrir de estos acontecimientos el fútbol ha ido adquiriendo una dimensión universal, que hoy en día cuenta con 203 países miembros de la FIFA y una cobertura mediática superior a la de cualquier otro deporte, como demuestran los 1.700 millones de espectadores que siguieron la final de la Copa del Mundo de 1998 entre Francia y Brasil, cifra superada por la final de la Copa del Mundo del 2002 entre Brasil y Alemania, o los 40.000 millones de espectadores que siguieron el Mundial de Francia 1998 (Añó, 2003). Estos hechos hacen que el fútbol sea considerado como la modalidad deportiva más popular en el mundo (Apor, 1988), siendo considerado además de un juego deportivo colectivo o un espectáculo deportivo, un medio de educación física y deportiva, un campo de aplicación de la ciencia y una disciplina de enseñanza (Garganta, 1997). Sin embargo, es importante destacar que en el ámbito de la literatura y de los estudios de investigación, esta modalidad no ocupa un lugar destacado dentro del contexto deportivo mundial proporcional a la popularidad de que disfruta (Arda, 1998b).

En la actualidad, el fenómeno deportivo fútbol se ha expandido en diferentes dimensiones perfectamente definidas y que hacen referencia a:

- ✓ La práctica del fútbol tanto amateur como profesional.
- ✓ La comercialización en forma de espectáculo deportivo, merchandising, etc.
- ✓ La didáctica como disciplina de enseñanza en enseñanzas medias, en escuelas deportivas, de entrenadores, facultades de CC de la Actividad Física y del Deporte, etc.
- ✓ Los estudios científicos como generadores de conocimiento específico sobre el objeto de estudio.

Dentro de este marco, nos proponemos llegar a resaltar la importancia de la actividad investigadora, dentro de los Juegos Deportivos Colectivos (en adelante JDC) en general y del fútbol en particular, como el medio más adecuado para aumentar el conocimiento sobre el rendimiento competitivo de estas modalidades deportivas. Para ello, es necesario llegar a cuestionar las investigaciones dentro de la dimensión energético-funcional y de los aspectos condicionales por la perspectiva unidimensional y no contextualizada que ofrecen de la realidad del fútbol.

Resulta necesario, por tanto, llegar a ofrecer una visión más cercana a la realidad del fútbol, justificando el desarrollo de nuevos modelos de análisis que aborden el estudio de la competición en el fútbol desde una perspectiva multidimensional y contextualizada. En este sentido, pretendemos desarrollar un modelo de análisis de la competición, dentro de la dimensión energético-funcional y de las demandas condicionales, definiendo el contexto de la situación de juego colectiva en el que el jugador profesional se desenvuelve cuando la carga fisiológica valorada a través de la frecuencia cardiaca (en adelante FC) experimenta un aumento rápido e importante o una disminución en sus valores, estableciendo, por tanto, una relación entre el contexto de la situación de juego y un indicador de carga fisiológica (la FC) en la competición, de tal forma que podamos contribuir a establecer nuevas perspectivas de trabajo sobre la dimensión energético-funcional y de las demandas condicionales de la competición, sobre las que asentar nuevas propuestas de entrenamiento condicional.

Esta propuesta actual y novedosa que realizamos, para abordar el conocimiento sobre el juego del fútbol, y poder llegar a analizar y comprender una parte de su proceso de competición, se sitúa dentro de la línea de los que hacen referencia a aspectos energéticos, funcionales y de la condición física que son considerados esenciales para la comprensión de la prestación de los jugadores (Garganta, 1997).

Además, aunque se han publicado diversos estudios en el fútbol en los últimos años, muy pocos han sido enfocados a realizar mediciones en los jugadores profesionales (Casajús, 2001) lo que acentúa el interés de este trabajo en cuanto a que sí está enfocado hacia el registro y análisis de datos provenientes de jugadores profesionales.

Por otro lado, es necesario resaltar el interés que puede generar el poder definir posibles pautas, para el diseño de tareas de entrenamiento, que se desprendan realmente del contexto de la situación de juego de la competición en la que el jugador soporta una elevada carga fisiológica, medida a través de la frecuencia cardiaca.

Para llegar a desarrollar este trabajo, hemos dividido su estructura en dos partes de modo que no pretendemos que resulten compartimentos estancos entre ellas, pero sí que cada una de las partes tenga sentido por sí sola, y además consiga dotar de mayor significado y trascendencia al todo de este trabajo en conjunto.

En la primera parte hacemos referencia a todos aquellos aspectos que pensamos que son importantes a la hora de plantear el estado de la cuestión y que nos van a servir de apoyo en nuestra investigación empírica, por un lado, comentamos aquellos aspectos que son consubstanciales al fútbol, tales como, la naturaleza de este deporte como Juego Deportivo Colectivo, los factores que influyen en el rendimiento, y el estado de la cuestión investigadora acerca de estos factores. Por otro lado, presentamos tres capítulos dentro del marco teórico, los dos primeros los hemos presentado de forma bien diferenciada en clara alusión a como se han tratado tradicionalmente en la literatura, ya que, han sido estudiados bajo una perspectiva analítica y quizá un tanto reduccionista. Estos dos capítulos hacen referencia tanto a como se ha cuantificado el esfuerzo físico del jugador (análisis del movimiento del jugador), y a como se han definido y determinado las demandas fisiológicas que tienen lugar en la competición y el perfil fisiológico que presenta el jugador de fútbol. En el tercer capítulo, hemos tratado de indagar en la problemática que plantea utilizar la FC como un indicador de la carga o estrés fisiológico que sufre el jugador en la competición, no sólo en el fútbol sino incluso también en diferentes deportes. A este respecto, hemos observado desde los primeros estudios psicofisiológicos, hasta como se han planteado, de forma concreta, dicho problema los autores en sus diferentes disciplinas deportivas.

En la segunda parte hemos definido el estudio empírico que hemos llevado a cabo, planteando el problema de forma concreta, y presentando los objetivos, la metodología, los resultados, la discusión, y por último las conclusiones a las que hemos llegado.

Finalmente, hemos presentado las referencias bibliográficas en las que hemos apoyado nuestro discurso, junto a la bibliografía que hemos consultado y utilizado para desarrollar el conjunto de este trabajo, así como los anexos que también sirven de apoyo de este estudio.

Esperamos sencillamente haber podido llevar a cabo un trabajo en donde los diferentes lectores puedan extraer datos de interés para poder aplicar en el diseño de sus métodos de trabajo con el fin de poder mejorar el rendimiento de sus jugadores, y poder llegar a ofrecerles un entrenamiento que cumpla cada vez en mayor medida las exigencias a las que son sometidos en la competición.

PRIMERA PARTE:
MARCO TEÓRICO ▶

1. INTRODUCCIÓN ▶

1.1. SOBRE LA NATURALEZA DEL JUEGO DEL FÚTBOL

El fútbol es una modalidad deportiva que se encuentra ubicada dentro del grupo de los Juegos Deportivos Colectivos (JDC).

De forma esquemática se puede afirmar que el análisis de los deportes de equipo presenta una gran complejidad derivada de: el alto número de jugadores implicados en el desarrollo del juego; del carácter interactivo de las conductas de los jugadores; del grado de evolución y la lógica interna de cada uno de los deportes enmarcados dentro de los juegos deportivos colectivos; del gran número de factores directos e indirectos de rendimiento; y de la dimensión derivada de la propia competición (González Badillo y cols, 1995).

Para Castelo (1994) el contenido del juego del fútbol puede compararse con un sistema abierto, puesto que es constituido por un conjunto de elementos en interacción dinámica organizados en función de un objetivo preestablecido. Dentro de esta dinámica son tres las vertientes fundamentales que determinan la naturaleza del juego en el fútbol:

La variabilidad de las situaciones de juego, que evidencia grandes exigencias de los mecanismos perceptivos, obligando a una concentración constante en el juego para poder realizar una correcta interpretación del mismo, y decidir una respuesta motora adecuada.

La constante modificación-transitoriedad, que determina un aumento de la complejidad de todos los componentes de la estructura de la situación, obligando al jugador a cumplir funciones de mayor amplitud dentro de la organización de su equipo, lo que deriva en un mayor número de opciones técnico-tácticas a tomar. Es decir, las situaciones de juego están caracterizadas por la inestabilidad del medio que las rodea, el cual se encuentra en constante mutación.

La capacidad de decisión de los jugadores, entendida como la secuencia del juego basada en actitudes y comportamientos técnico-tácticos hasta cierto punto imprevisibles. De esta manera, el juego se transforma en una rápida sucesión de acontecimientos caracterizados por la incertidumbre, siendo consustanciada por las acciones y reacciones de los otros jugadores que intentan resolver de manera eficaz la situación de juego.

La incertidumbre deriva de la gran cantidad de informaciones en las que el jugador deberá, en el reducido tiempo de que dispone, encontrar los índices pertinentes fundamentales sobre las condiciones que la situación de juego refleja y decidir que

comportamientos adopta. Esta incertidumbre se muestra de manera constante en cada uno de los mecanismos o niveles de actuación (percepción, decisión y ejecución) que generan la respuesta motora, ya que, no cesan de aparecer escenarios motores inestables (Lasierra y Lavega, 1993), teniendo gran importancia una adaptación rápida a las situaciones cambiantes en el campo de juego (Hollmann, 1980). Por lo tanto, las situaciones que ocurren en el contexto de los JDC deben ser entendidas como unidades de acción que poseen una naturaleza compleja, dependiente, no sólo del número de variables del juego, sino también de la imprevisibilidad y aleatoriedad de las situaciones que se presentan ante el jugador y el equipo (Garganta, 1997).

Por esta naturaleza que presenta el fútbol, de gran complejidad y diversidad de los factores que confluyen en el rendimiento, se presenta como aquel JDC que comporta mayor grado de indeterminación (Dufour, 1993). En este sentido, en los JDC se dan fundamentalmente habilidades complejas, de regulación externa o abiertas, con un alto componente perceptivo-cognoscitivo y con posibilidades de retroalimentación continua, enmarcadas, debido a la gran cantidad de elementos de interacción constante, dentro de la relevancia que presenta la toma de decisión, precedida por la observación y el análisis de la situación (González Badillo y cols, 1995).

Dentro de este contexto de elevada variabilidad, imprevisibilidad y aleatoriedad, es en el que los equipos en confrontación, disputan objetivos comunes, luchan por conseguir en provecho propio, el tiempo, el espacio, realizando en cada momento acciones reversibles de signo contrario (ataque-defensa) convertidas en relaciones de oposición-colaboración (Garganta, 1997). Es decir, el objetivo central de los JDC es atacar la portería del adversario, este objetivo central envuelve un conjunto de acciones intermedias y no menos importantes, tales como defender la propia portería, parar el contraataque adversario, coordinar las acciones en el sentido de recuperar la posesión del balón, conservar la posesión del balón y hacerlo progresar en el sentido de la concretización del objetivo principal, el gol (Ferreira, 2002).

Para finalizar podemos observar que el fútbol ha sido clasificado y considerado bajo muchas perspectivas diferentes, fruto quizá de esa naturaleza de variabilidad, de modificación, de imprevisibilidad, de aleatoriedad, de indeterminación, de constantes tomas de decisión, etc. (Figura 1).

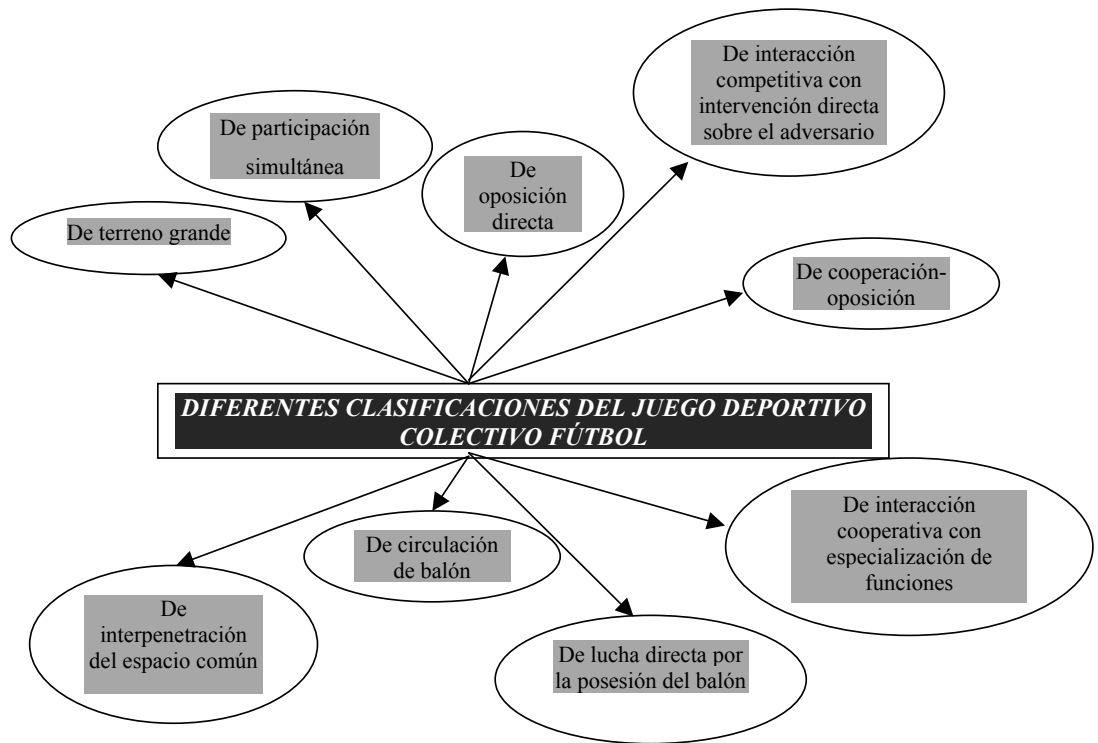


Figura 1. Clasificación del JDC Fútbol. Fuente: Modificado de Garganta (1997)

Incluso en una nueva clasificación de los deportes, ha sido agrupado como de ejercicio altamente dinámico y poco estático con peligro de colisión corporal (Sözen y cols, 2000).

Como podemos observar todas estas clasificaciones no son, sino adjetivos que identifican una parte de la naturaleza del juego del fútbol, que sin embargo, resulta mucho más imprecisa debido a las características y complejidad que la rodean.

1.2. SOBRE LOS FACTORES DEL RENDIMIENTO EN EL FÚTBOL

Para definir que es el rendimiento y cuales son los factores que lo caracterizan debemos comenzar de forma básica por diferenciar, sobre todo por parte de los especialistas, tal y como lo describen Bauer y Ueberle (1988), entre factores reales del rendimiento y fenómenos que influyen en el resultado del partido sin que tengan relación con el rendimiento. Siguiendo a estos autores, la interpretación del concepto de rendimiento varía mucho según los diferentes campos deportivos, de tal forma que si nos referimos a los deportes de equipo será necesario conocer todos los posibles factores de rendimiento, analizarlos exactamente, y valorar sólo en casos estudiados que sean generalizables y evidentes.

En este sentido, los deportes de equipo han sido analizados históricamente desde diferentes perspectivas, sobre la base de diferentes modelos de análisis, para llegar a conocer cuáles son y que características presentan los factores del rendimiento de cada modalidad deportiva de los JDC:

MODELOS DE ANÁLISIS	ANALÍTICO	Aspectos físicos condicionales. Técnica. Táctica. Estrategia. Aspectos psicológicos y sociales.
	ESTRUCTURAL	Móvil. Terreno. Porterías. Reglas. Compañeros. Adversarios.
	FUNCIONAL	Ataque. Defensa.
	ERGOGÉNICO	Aporte energético. Capacidad motora.
	PRAXIOLÓGICO	Modelos de ejecución. Reglamento de juego. Espacio de juego y su uso. Tiempo de juego y su empleo. Comunicación Motriz. Estrategia motriz.
	BASADO EN EL RENDIMIENTO EN LA COMPETICIÓN	Unidad de competición.

Cuadro 1. Modelos de análisis de los JDC y sus denominadores.

Fuente: Modificado de González Badillo y cols (1995)

A tenor de los análisis realizados bajo estas diferentes perspectivas, el rendimiento en los juegos deportivos colectivos en general y en el fútbol en particular es multidimensional, es decir, depende de varios factores que se conjugan de forma aleatoria dependiendo de los jugadores, del equipo, de la competición, etc. En este sentido, se podría decir que en el fútbol existe una multiestructura del rendimiento, entendida como la estructura real de la realización de un rendimiento, que resulta de los distintos parámetros que determinan el rendimiento, o de sus rasgos característicos y sus relaciones de intercambio (Konzag, Döbler y Herzog, 1995).

En un primer plano explicativo, el rendimiento supone el comportamiento desarrollado en la competición por cada equipo y sus jugadores, adoptando como único indicador de medida de su prestación la eficacia en el juego (Hohmann y Brack, 1983).

Los parámetros o factores del rendimiento en los deportes de equipo distinguen dos dimensiones básicas, según Lago (2000), una individual caracterizada por los valores del rendimiento individual en la acción colectiva, y otra colectiva compuesta por la prestación global de un equipo en la competición como resultado de la suma de los rendimientos complejos individuales de los jugadores. Dentro de estos últimos es posible distinguir a su vez categorías de rendimiento parcialmente colectivas, “acciones de grupo”, y totalmente colectivas, “acciones de equipo”, englobando a estas categorías del rendimiento la lógica interna de los JDC y de la competición. De esta forma, el rendimiento estará determinado no sólo por las condiciones individuales técnico-tácticas y de la condición física y psíquica de los jugadores, sino, por el estado de desarrollo de las relaciones sociales y cooperativas dentro del colectivo (Konzag, Döbler y Herzog, 1995), de tal forma que se implica en el rendimiento tanto el potencial individual de cada uno de los jugadores como el potencial colectivo del equipo, no entendido como la suma de todos los potenciales individuales, sino como el marco de expresión óptimo de todos ellos.

Esta multiestructura del rendimiento se ha definido como un fenómeno muy complejo donde existen factores internos y factores externos que deben ser analizados desde una perspectiva interdisciplinar (Brettschneider, 1990).

Para un análisis minucioso, la multiestructura del rendimiento puede ser desglosada en cuatro grandes bloques, que hacen referencia tanto al jugador como al colectivo, bajo cuyas perspectivas ha sido analizada: la dimensión táctico-estratégica, la dimensión técnico-coordinativa, la dimensión energético-funcional, y la dimensión psicológica. Todas ellas han

sido abordadas a través de estudios de carácter científico, sin embargo, parece ser que en este dominio científico los estudios realizados a nivel de la dimensión energético-funcional han sido mucho más numerosos y profusos que los realizados, por ejemplo, en el ámbito táctico o psicológico (Garganta, 1997).

Para centrar la cuestión principal es preciso afirmar que el fútbol al tratarse de una disciplina deportiva cuyos factores de rendimiento son multidimensionales, como hemos descrito anteriormente, resulta imposible tratar de explicar la realidad del fútbol bajo la perspectiva de una única dimensión. No obstante, resulta imposible, también, abordar el estudio de esta modalidad deportiva en su total expresión (Garganta, 1997). Es por ello que se hace necesario enfocar el análisis de la competición en el fútbol de una manera amplia, aunque no total, atendiendo a más de una dimensión y al propio contexto de juego.

Como podemos comprobar, el fútbol, tanto por su naturaleza como por el carácter multidimensional del rendimiento que presenta, ofrece grandes dificultades a la hora de tratar de estudiar el rendimiento tanto de un jugador como de un equipo en la competición.

1.3. SOBRE LA INVESTIGACIÓN DE LOS FACTORES DEL RENDIMIENTO EN EL FÚTBOL

En estos últimos años, el estudio y valoración del deportista en competición está pasando a ser el punto de referencia de cara a la selección y estructuración de los medios de entrenamiento específicos (Barbero, 1998). De hecho, el proceso de recogida, almacenamiento y tratamiento de los datos obtenidos a partir de la observación del juego, es cada vez más determinante en la optimización del rendimiento de los jugadores y del equipo (Ferreira, 2002). En este sentido, el investigador del fenómeno deportivo colectivo fútbol deberá adoptar una actitud científica determinada que deberá estar fundamentada, en un primer momento, en la selección de un posicionamiento teórico que posibilite un análisis de los fenómenos consustanciales al mismo con el rigor y pertinencia deseado. Y, en un segundo momento, habrá que optar por una metodología de trabajo, que además de facilitar la obtención de datos objetivos y fiables sobre la realidad estudiada, respete las particularidades y complejidad que caracteriza dicha realidad (Vales, 1998).

En los JDC la identificación de los factores que están asociados a la eficiencia y a la eficacia de los jugadores y de los equipos, bien en contextos de entrenamiento o bien de

competición, han constituido tareas prioritarias de la investigación. Una de las grandes ambiciones de los investigadores de los JDC es percibir cual es la influencia relativa de los diferentes factores en el rendimiento de los jugadores y detectar las características de los equipos exitosos (Garganta, 1997).

1.3.1. LAS INVESTIGACIONES EN LA DIMENSIÓN TÉCNICO-COORDINATIVA

Los estudios de investigación en los cuales la actividad del futbolista ha sido analizada, durante el partido de fútbol, bajo la perspectiva de aspectos relacionados con la técnica y/o técnico-tácticos han sido elaborados a partir de indicadores cuantitativos y cualitativos.

<i>Indicadores Cuantitativos.</i>	<i>Indicadores Cualitativos.</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de ataques finalizados ▪ Número de jugadores directamente relacionados en cada ataque. ▪ Número de pases realizados en cada ataque. ▪ Número de contactos realizados con el balón. ▪ Número de intercepciones realizadas. ▪ Número de remates por partido. ▪ Número y tiempo de posesión de balón. ▪ Número de recepciones. ▪ Número de driblings. ▪ Número de duelos. ▪ Número de paradas del portero. ▪ Duración del ataque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de intercepción realizada. ▪ Tipo y efectividad del pase. ▪ Tipo de finalización. ▪ Zonas y causas de recuperación de la posesión del balón. ▪ Método de juego ofensivo. ▪ Zona por donde se marcan los goles. ▪ Zonas de intervención de los jugadores sobre el balón. ▪ Zonas de origen y finalización de los ataques. ▪ Ángulos de procedencia de los goles. ▪ Zona de acción preferencial del marcador de goles. ▪ Velocidad del jugador en posesión del balón. ▪ Superficie de contacto y preferencia lateral en el remate. ▪ Relación numérica generada por la oposición directa.

Cuadro 2. Indicadores cuantitativos y cualitativos de la dimensión técnico-coordinativa. Fuente: Modificado de Garganta (1997)

A este respecto, parece que los estudios e investigaciones realizadas a partir de indicadores cuantitativos se han referido, de forma principal, a observar el número de las diferentes acciones técnicas que realiza el jugador de manera descontextualizada, lo que provoca una pérdida importantísima de información, si con estos estudios pretendemos obtener orientaciones de cara al entrenamiento de nuestros jugadores. De igual forma, en parte de los estudios e investigaciones realizadas a partir de indicadores cualitativos, también aparecen los resultados presentados como un conjunto de datos poco o nada contextualizados.

Por otro lado, el análisis de la técnica parece constituir una vía de investigación importante de la biomecánica aplicada al fútbol. Si entendemos la biomecánica como el análisis del movimiento desde el punto de vista mecánico y técnico, Barbero (1998) manifiesta que el análisis biomecánico de los gestos en los JDC debe orientarse básicamente a comprender sus causas físicas y a desarrollar teorías del movimiento que permitan al entrenador establecer las estrategias de aprendizaje y/o condición física adecuadas. Este tipo de investigaciones, se ha circunscrito, de forma principal, a las siguientes líneas de análisis (García y Ardá, 2004):

1. Análisis de la ejecución técnica de acciones con el balón, principalmente del golpeo de balón.
2. Análisis de la actividad muscular y articular del jugador, sobre todo en lo que se refiere al golpeo de balón.
3. Análisis del comportamiento del balón en el golpeo.
4. Análisis de los factores que condicionan la eficacia en el golpeo del balón.

1.3.2. LAS INVESTIGACIONES EN LA DIMENSIÓN ESTRATÉGICO-TÁCTICA

Parece existir una tendencia creciente en la realización de estudios sobre el jugador y el juego desde una perspectiva estratégica y/o táctica, tal y como lo demuestra el hecho de que en cada una de las reuniones técnico-científicas que periódicamente tienen lugar, designadas como Congresos Mundiales de Ciencia y Fútbol, sean cada vez más los trabajos que se centran en aspectos tácticos. De esta forma, en el primero de estos Congresos que tuvo lugar en Liverpool en 1987 tan sólo el 9% eran trabajos referidos al análisis de la dimensión táctica del juego, sin embargo, este porcentaje aumento al 12% en el II Congreso celebrado en Eindhoven en 1991 y a un 17% en el III Congreso celebrado en Cardiff en 1995 (Garganta, 1997). Dentro de esta línea de análisis y basándonos en el trabajo de Garganta (1997) el estudio de la dimensión táctica del juego ha sido y es llevada a cabo a través de:

- ✓ El estudio de las relaciones de oposición y colaboración que los jugadores establecen.
- ✓ El estudio del comportamiento táctico de los jugadores en diferentes Juegos Deportivos Colectivos.

- ✓ El estudio de la configuración de la estructura y funcionalidad de los Juegos Deportivos Colectivos, elaborando y proponiendo formas mínimas como punto esencial del estudio y enseñanza de los JDC (2x2 como estructura base y 3x3 como garantía de la esencia de los JDC).
- ✓ El estudio de las bases racionales del juego del fútbol, considerando que cada equipo presenta un sistema de fuerzas ilustrado por una estructura geométrica variable.
- ✓ El estudio de las relaciones recíprocas de cooperación y oposición entre compañeros y adversarios.
- ✓ El análisis de la estructura funcional de los JDC a través de diferentes indicadores: espacio-tiempo; relaciones entre compañeros y adversarios; el balón; las reglas del juego; sistema de puntuación; sistema de resultado final, técnica; comunicación, etc.
- ✓ Estudios que contemplan los factores cognitivos como inductores de eficacia del rendimiento deportivo: acciones de los jugadores en la resolución de problemas de juego y estrategias cognitivas que guían la toma de decisión.

En resumen, y siguiendo a Ferreira (2002) la mayoría de los estudios en la dimensión táctica se centran fundamentalmente sobre: análisis del jugador, análisis de las acciones ofensivas, y análisis del juego.

1.3.3. LAS INVESTIGACIONES EN LA DIMENSIÓN ENERGÉTICO-FUNCIONAL

Las investigaciones y estudios realizados sobre esta dimensión resultan ser las más numerosas. Este hecho puede ser debido, según Castellano (2000), gracias a una cultura científica arraigada en el sentido de orientar los diferentes estudios hacia la descripción y/o explicación de aspectos físicos y/o fisiológicos. No cabe duda, tal y como señalan Barbero, Granda y Soto (2004), que la elaboración de un modelo de entrenamiento específico en los deportes de equipo, requiere el análisis de las exigencias físicas, fisiológicas y energéticas impuestas por la competición. Partiendo de su conocimiento, se pueden establecer programas adecuados dirigidos hacia las cualidades condicionales específicas, proponiendo un proceso de entrenamiento riguroso, científico y adaptado a las necesidades propias del deporte. Por tanto, los aspectos energéticos son considerados esenciales para la comprensión de la prestación de los jugadores (Garganta, 1997). No obstante, resulta muy difícil delimitar el estándar de condición física que un futbolista debe tener, ya que, las

destrezas físicas fisiológicas, técnicas y tácticas se encuentran interrelacionadas en un complejo patrón (Rohde y Espersen, 1988).

Dentro de esta dimensión se ha estudiado, por un lado, el movimiento, la capacidad motora del jugador en competición, o si lo preferimos el esfuerzo físico que realiza el jugador en competición. Este análisis del movimiento del jugador ha sido llevado a cabo a través de la medición de distintos parámetros en situaciones de competición (García, Dopico e Iglesias, 2000b):

1. Volumen total de metros recorridos en el partido.
2. Volumen total de metros recorridos en el partido en función del puesto específico.
3. Volumen de acciones en presencia de balón.
4. Distribución del volumen de metros recorridos en función de la intensidad a la que se realizan.
5. Tiempo de duración de los distintos tipos de esfuerzo.
6. Duración, distancia y frecuencia de los esfuerzos realizados a máxima intensidad.

Por otro lado, han sido estudiados los requerimientos fisiológicos de la competición a través de la medición de los siguientes parámetros durante la competición (García, Dopico e Iglesias, 2000a):

1. Consumo de oxígeno.
2. Comportamiento de la FC.
3. Concentración de ácido láctico y otras alteraciones bioquímicas.
4. Coste energético y metabolismo muscular.
5. Temperatura y pérdida de peso corporal.

Por último, también ha sido estudiado y referenciado en la literatura, por parte de numerosos autores, la descripción fisiológica del jugador de fútbol. Estas investigaciones se han realizado, mayormente, en laboratorios, obteniendo los resultados a través de la realización de diferentes tests, de forma más o menos específica. Los tests realizados por los jugadores han ido encaminados a determinar (García, Dopico e Iglesias, 2000a):

1. La composición corporal.
2. La composición de las fibras musculares.
3. La potencia anaeróbica máxima.

4. El consumo máximo de oxígeno.
5. Los mecanismos fisiológicos de percepción.

Sin embargo, este mayor aporte cuantitativo a la literatura especializada no implica un mayor aporte cualitativo, ya que, la mayor parte de los estudios e investigaciones realizadas analizan la realidad del fútbol desde un punto de vista energético-funcional pero de forma aislada y descontextualizada, lo que nos lleva, tal y como sugiere Castellano (2000), a pensar que estas investigaciones toman el fútbol como objeto de estudio, pero no estudian el fútbol en si mismo. Las aportaciones de estas investigaciones las realizan desde otros marcos, que aunque aportan para el entrenamiento en fútbol cosas muy interesantes desde el punto de vista teórico-práctico, no responden al estudio de esta práctica deportiva desde la propia práctica, dando información del mismo juego, describiendo o evaluando dónde, cómo, cuándo, por qué, y para qué, realizan los jugadores lo que hacen o qué probabilidades tienen de hacerlas en función de los contextos situacionales donde se producen (Castellano, 2000).

No obstante, es necesario reconocer la labor de estos investigadores que han colocado las primeras piedras sobre las que ahora pretendemos seguir construyendo, en la medida de nuestras posibilidades, el conocimiento sobre la realidad del fútbol.

1.3.4. LAS INVESTIGACIONES EN LA DIMENSIÓN PSICOLÓGICA

El estudio de la dimensión psicológica del rendimiento en el fútbol se ha basado de forma principal en analizar las variables de orden psicológico que parecen tener una mayor influencia en el modelo de rendimiento en el fútbol (García, Lago, Longa y Rodríguez, 1997):

1. La ansiedad y el estrés.
2. La motivación
3. La cohesión de equipo.
4. La concentración y atención.
5. La autoconfianza.
6. La personalidad.

Sin embargo, existen pocos trabajos de investigación que aborden el estudio de estas variables de forma directamente relacionada con la realidad del fútbol. Este hecho

indica que la mayor parte de estudios tratan estas variables de forma genérica en el deporte, lo que implica una descontextualización insalvable cuando se trata de aplicar los resultados y conclusiones de estas investigaciones a la realidad del fútbol.

Por otro lado, también parece adquirir especial relevancia dentro del marco del deporte de competición del fútbol, en relación con la psicología, la figura del entrenador. En este sentido, se han presentado los aspectos relacionados con la preparación psicológica antes de los partidos y la intervención psicológica del entrenador en los periodos de participación activa y pausa durante el partido, así como su intervención psicológica después del partido y su relación con el grupo (Buceta, 1999).

2. LA CUANTIFICACIÓN DEL ESFUERZO FÍSICO DE LA COMPETICIÓN EN EL FÚTBOL ▶

2.1. INTRODUCCIÓN

El estudio descriptivo de lo que sucede en un partido de fútbol se suele abordar de dos modos diferentes, uno consiste en estudiar el coste energético mediante la medida de distintas variables biológicas o indicadores internos: FC, concentración de ácido láctico sanguíneo, utilización de sustratos energéticos, etc. La segunda consiste en medir variables mecánicas o indicadores externos: distancias recorridas, tipo e intensidad de los desplazamientos, etc. (Gorostiaga Ayestarán, 1993) y es en esta segunda cuestión donde se va a centrar este capítulo.

El fútbol se caracteriza como un deporte que requiere la ejecución de carreras intermitentes y destrezas técnicas con el balón las cuales ocurren al azar y determinadas por la dirección del ataque y la posición táctica de los jugadores (Rico-Sanz, 1997a). También se ha descrito al fútbol como un deporte que se caracteriza por acciones cortas de alta intensidad, con pausas de duración variable entre ellas (Casajús, 2001).

La característica de la aleatoriedad es consecuente al fútbol en cuanto a las fases de esfuerzo y reposo y en cuanto a la forma como estas se desenvuelven en términos de intensidad. Sin embargo, la necesidad de caracterizar la actividad externa visible que el futbolista realiza en competición, surge debido a la importancia que tiene que los contenidos de entrenamiento respeten las características del esfuerzo revelado en el fútbol (Rebelo, 1993a), para que los jugadores de fútbol se adapten a las exigencias del juego de cara a competir en el mayor nivel de juego, aún más, la capacidad física de los jugadores de elite podría incluso ofrecer una indicación de las demandas fisiológicas del fútbol (Strudwick, Reilly & Doran, 2002). De hecho, el presupuesto de que sólo se mejora aquello que se entrena, asociado a la necesidad de racionalización del tiempo y de los medios de entrenamiento, nos obliga a observar e identificar las características de la competición (Rebelo, 1993b).

Para determinar la carga externa o física, es decir, para analizar objetivamente las diferentes actividades de los futbolistas, se necesitará conocer que tipo de actividades realizan los deportistas durante el encuentro, que destrezas podemos observar en el juego, incluyendo las aceleraciones y deceleraciones, las carreras angulares, los cambios de dirección, los saltos para disputar la posesión del balón, las cargas, y otros múltiples aspectos, así como su intensidad, duración y frecuencia en la competición. Esta evaluación de las exigencias físicas del fútbol, se puede llevar a cabo a través del análisis de los

modelos de movimiento de los jugadores mientras se juega un partido, sin embargo, debido a las variaciones en las actividades de un jugador de un partido a otro y a los diferentes estilos individuales de juego, deben efectuarse muchas observaciones sobre el mismo jugador y sobre diferentes tipos de jugadores a fin de obtener datos a partir del análisis tiempo-movimiento para que sean representativos de las actividades del fútbol (Bangsbo, 1998).

El propósito principal de este tipo de análisis es dar un conocimiento de los resultados tanto al entrenador como al jugador para de esta manera no solamente evaluar objetivamente su rendimiento en el partido disputado sino además para influenciar psicológicamente el rendimiento del partido siguiente (Rico-Sanz, 1997a).

No obstante, los resultados de estos estudios se van a ver influenciados por diversos factores, tal y como ponen de manifiesto Bangsbo, Nørregard & Thorsø (1991), el rendimiento físico durante un partido es afectado por factores como el grado de motivación, la calidad del oponente, la importancia del partido, las condiciones ambientales, la altitud y las altas temperaturas, y las limitaciones tácticas. En esta línea, el estilo de juego adoptado por el equipo puede determinar el rango de trabajo de los diferentes jugadores. Por ejemplo, el estilo directo de juego, hará que los defensas laterales y los delanteros mantengan un alto rango de trabajo cuando no están interviniendo directamente en el juego, en consonancia con sus oponentes, estarán creando espacios, cubriendo a sus compañeros, etc. (Drust, Reilly & Rienzi, 1998). También debemos tener en cuenta la complejidad que rodea este tipo de valoración, en relación directa con todos los factores anteriormente mencionados.

Por todo ello no debe sorprendernos el encontrar cierta variabilidad en los datos que a continuación se van a exponer. La individualidad de los jugadores, sus características y el entorno en que se encuentran a la hora de realizar dichos estudios resultan determinantes en los resultados de los diferentes estudios.

2.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL ESFUERZO FÍSICO DE LA COMPETICIÓN

2.2.1. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DISTANCIA RECORRIDA

Han sido muchos los estudios que han analizado la distancia cubierta por el jugador de fútbol. Sin embargo, pocos de ellos han utilizado una técnica de análisis objetiva, lo que podría ofrecer una acertada información para entrenadores y managers, a través de la utilización del video y de la computadora (Ali & Farralli, 1991a).

Los primeros estudios, centrados en las décadas de los 50 y los 60, probablemente utilizaron como método la contabilización del número de zancadas que daba un jugador a lo largo de un partido (Garganta, 1988), aunque en muchos de ellos no aparece reflejada la metodología empleada. Este método era llevado a cabo a través de la observación de los partidos en directo, lo que permitía un margen de error muy alto.

Posteriormente, se recurrió a las anotaciones manuales, empleando un campo de fútbol a escala 1:400, y anotando, durante ciertos periodos de tiempo del partido, los movimientos del jugador, estimando al final del partido de forma subjetiva la distancia recorrida por el jugador mediante dicha observación directa (Ekblom, 1986), y también a la anotación manual en campograma milimetrado (Álvarez del Villar, 1985). Además de la anotación manual, Reilly & Thomas (1976), también utilizaron audio grabadora donde registraron el comentario codificado de cada una de las actividades del jugador observado. La observación se realizaba desde la zona de tribuna, facilitando la estimación de la distancia una serie de líneas marcadas en el campo. Por último, fueron utilizadas cintas cinematográficas que permitían filmar durante unos minutos a diferentes jugadores y analizar los datos posteriormente tantas veces como fuese necesario (Saltin, 1973). También fueron utilizados sofisticados análisis cinematográficos (Winkler, 1983), y la filmación en película de cine de 16 mm (Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988). Dicha filmación se realizó desde una perspectiva cenital, es decir, desde una altura de 57 metros para poder dominar el campo, y se procedió al análisis de la película proyectada en base a un sistema de coordenadas X e Y, pudiendo calcularse, de esta manera, con mucha precisión mediante una sistema de digitalización, las distancias, aceleraciones y velocidades (el sistema de digitalización media con una precisión de 0.1 mm.).

En la década de los 80 tuvieron lugar los primeros estudios que utilizaban video grabadora (Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly, 1982). Dunkov (en Godik y Popov, 1998) determinaba visualmente, en la grabación, la longitud de cada una de las diferentes carreras, contando el número de pasos y el resultado lo multiplicaba por una cifra entre 1.6 y 1.9, obteniendo así la longitud media de un paso en metros, y de esta forma, podía llegar a contabilizar los desplazamientos motores del futbolista.

Las video grabaciones fueron combinadas por Ohashi, Togari, Isokawa & Suzuki (1988), por D'Ottavio y Tranquilli (1992), y posteriormente por Hernández Moreno (1998) con métodos trigonométricos a través de la filmación de un sólo jugador con dos cámaras. En el caso de Ohashi, Togari, Isokawa & Suzuki (1988) cada cámara estaba conectada a un potenciómetro y de este modo proporcionaba los datos angulares que más tarde podían codificarse en una grabadora a intervalos de 0.5 segundos. En el caso de D'Ottavio y Tranquilli (1992) las cámaras eran modificadas de tal forma que ofrecían la posición angular del sujeto en el terreno de juego así como sus variaciones de posición de forma instantánea. Estos datos una vez filmados eran tratados a través de un software específico. Hernández Moreno (1998) utilizó un sistema similar denominado "play controller".

En la década de los 90, el método más utilizado fue el de filmar con videograbadora a cada uno de los jugadores en competición, posteriormente visionar en un monitor de TV la grabación y codificar las diferentes actividades observadas. De la suma de ellas resultaban las distancias recorridas (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Bangsbo & Lindquist, 1992; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Rebelo, 1993b). Además también se han utilizado las grabaciones de entrenamientos de los jugadores que luego iban a ser analizados en competición, con el fin de poder medir con precisión la longitud del paso o de zancada en cada uno de los desplazamientos utilizados en ella. Posteriormente, sin ser informados, eran grabados en competición, utilizando una cámara de video con un cronómetro incrustado en la imagen de forma permanente (Cazorla et Farhi, 1998).

No obstante, a través de la filmación cerrada en todo el campo de un solo jugador se podrán identificar los patrones de movimiento específicos pero serán numerosos los problemas de interpretación de los movimientos porque el contexto de juego no está en la cámara (Ali & Farrally, 1991a), y si se pretende analizar el juego deportivo y la prestación de los jugadores debería hacerse a través del análisis del contexto en el cual tienen lugar las acciones, no debiendo limitarse a ofrecer datos aislados (Brettschneider, 1990).

Si analizamos los métodos empleados en los estudios más actuales (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000; Valente y Santos, 2002), observamos una cierta similitud, ya que, en ambos estudios utilizaron la filmación, de forma individual, de cada uno de los jugadores que analizaron, visionaron cada una de las grabaciones en un monitor de TV, y las analizaron usando un PC. No obstante, en el caso del estudio de Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin (2000) la distancia total cubierta era estimada mediante el trazado de los patrones de movimiento en el terreno de juego de cada una de las actividades categorizadas, es decir, se realizaba un trazado desde la posición de comienzo hasta la de finalización de cada acción visualizada dentro del terreno de juego y luego se calculaba la distancia cubierta basándose en las dimensiones del campo específicas de cada terreno de competición. Mientras que en el estudio de Valente y Santos (2002) se utilizó la anotación en campograma, a escala 1:500, del trayecto realizado por los jugadores y la determinación de la distancia recorrida por medio de una mesa de digitalización acoplada al ordenador. En ambos casos parece que la metodología es la adecuada para conseguir datos objetivos sobre la distancia total recorrida por el jugador de fútbol.

En este momento, es necesario precisar que con estas metodologías, parece que los cambios en la velocidad y en las habilidades técnicas en un partido no son tomados en cuenta a la hora de calcular las distancias recorridas en el mismo, por lo que los resultados de este tipo de análisis tienden a subestimar la distancia recorrida en el partido (Reilly, 2000). Sin embargo, en algunos estudios (Ali & Farrally, 1991a), aunque tomando los datos sobre una base temporal, los golpes de balón, regates, pases, saltos, etc. han sido contabilizados en función del movimiento previo descrito, es decir, si inmediatamente antes de un regate el jugador se encontraba en una situación de trote, el tiempo gastado en el regate ha sido contabilizado en el trote.

En cuanto a la muestra utilizada se ha cuantificado la distancia recorrida por los mejores jugadores de la época de los 60 (Álvarez del Villar, 1985), por jugadores profesionales de la Premier League (Reilly & Thomas, 1976; Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000), por jugadores profesionales de la Liga Española (Álvarez del Villar, 1985; Hernández Moreno, 1998; Martínez, Pérez y Perarnau, 2004), por jugadores de los mejores equipos Australianos (Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly, 1982), por los mejores jugadores de la Bundesliga Alemana de los 80 (Winkler, 1983), por jugadores de diferente nivel Suecos (Ekblom, 1986) por jugadores universitarios Belgas (Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988), por jugadores amateurs Alemanes (Gerish, Rutemöller & Weber, 1988), por jugadores de elite Japoneses (Ohashi, Togari, Isokawa & Suzuki, 1988), por jugadores

profesionales Daneses (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Bangsbo & Lindquist, 1992), por jugadores profesionales y amateurs Belgas (Pirnay, Geurde y Marechal, 1993), por jugadores en diferentes Campeonatos del Mundo (Moreno Serrano, 1993), por los mejores jugadores de la Copa del Mundo de 1982 (Dunkov, en Godik y Popov, 1998), por jugadores profesionales Franceses en Copa de Europa y Liga (Cazorla et Farhi, 1998), por jugadores internacionales Sudamericanos (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000), y por jugadores profesionales Portugueses (Rebelo, 1993b; Valente y Santos, 2002), entre otros.

2.2.2. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD DEL ESFUERZO

La carrera, desplazamiento fundamental del deporte que nos ocupa se compone de diferentes formas motoras: trote, aceleraciones, marcha, sprint, etc., que se han cuantificado de forma más o menos precisa y clara. Estas diferentes formas motoras es lo que se ha denominado intensidad.

La evolución en el análisis del juego refleja, según Bezerra (1997), por un lado un mejor material logístico utilizado en la recogida de datos, y por otro lado la creciente importancia del factor velocidad en el fútbol, no importando sólo la cantidad recorrida sino también la calidad. Además, se ha constatado que las razones de expresión de estos movimientos de locomoción se fundamentan en una intencionalidad guiada sobre todo por imperativos tácticos, ya que, el jugador está parado o se desplaza hacia algún lugar, con mayor o menor intensidad, en uno o en otro momento, en función del movimiento de los jugadores (compañeros y adversarios), de la posición del balón, etc. esto es, en función de la configuración del juego (Garganta, 1997).

La intensidad de los desplazamientos ha sido determinada de manera subjetiva a través de los indicadores de esfuerzo aparente realizado por el jugador, observados en directo (Reilly & Thomas, 1976; Ekblom, 1986; O'Donoghue, Boyd, Lawlor & Bleakley, 2001). También se ha determinado la intensidad de los desplazamientos tomando como referencia la zancada del jugador, bien en función de la frecuencia de zancadas del jugador en competición (Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly, 1982; Álvarez del Villar, 1985); en función de la frecuencia de zancadas por segundo en competición, estimadas a través de la observación de las grabaciones de entrenamientos (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000); bien en función de la longitud del paso o de la zancada, previamente medida con precisión en las grabaciones de entrenamientos y en ejercicios específicos, de los jugadores

que luego iban a ser analizados en competición (Cazorla et Farhi, 1998); o bien en función de la frecuencia y la amplitud de la zancada (Duque, 1997). Incluso se ha determinado la intensidad en base a varios indicadores subjetivos observados en las grabaciones: frecuencia gestual, (nº de movimientos/unidad de tiempo), imagen de esfuerzo presentada por el jugador (proximidad del adversario, del balón, proximidad de las porterías), y acciones de juego (entrada, salto, aceleración, desaceleración, cambio de dirección brusco, 1x1 ofensivo y defensivo, lucha por el balón, etc.) (Rebelo, 1993b).

Otros métodos han consistido en cuantificar la intensidad de los diferentes tipos de esfuerzo en función de la velocidad de los desplazamientos, siendo registrada de diferentes formas:

- En base a la proyección de la filmación en un sistema de coordenadas X e Y, y a un sistema de digitalización que calculaba aceleraciones y velocidades (Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988).
- A través de la combinación de la video grabación con métodos trigonométricos (Ohashi, Togari, Isokawa & Suzuki, 1988; D'Ottavio y Tranquilli, 1992; Hernández Moreno, 1998).
- Por medio de la utilización de un cronometro y el registro con video-casette en diferido (Pirnay, Geurde y Marechal, 1993).
- A partir de las velocidades de los movimientos registrados en las grabaciones de video de actividades específicas en entrenamientos que iban desde caminar a sprintar (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Bangsbo & Lindquist, 1992).

En los últimos años se han creado sistemas informáticos, como por ejemplo el AMISCO System, que permiten realizar un registro digital de los partidos de competición. Este sistema, permite medir con un alto grado de fiabilidad la actividad física y táctica que desarrollan todos los jugadores que participan en el partido de fútbol, sin manipular las características de la competición (Martínez, Pérez y Perarnau, 2004). El sistema AMISCO se basa en la filmación de los encuentros por medio de seis cámaras que colocadas estratégicamente en el campo llegan a cubrir todo el terreno de juego. A través de tarjetas captadoras de vídeo, las imágenes filmadas son introducidas en el ordenador, que construye una representación digital tridimensional de la evolución de los jugadores en el campo y del desplazamiento del balón, pudiendo ofrecer una gran cantidad de datos, tales como la distancia recorrida en cada desplazamiento por cada jugador, su velocidad, el tiempo de duración, las áreas de ocupación del campo, las zonas más frecuentes de circulación de balón, el número de veces que cada jugador entra en contacto con el balón, la distribución de los jugadores sobre el campo (propios y rivales), la densidad de jugadores

según las zonas, identificación de sistemas de juego de los equipos rivales, reconstrucción tridimensional del juego para poder observarlo desde cualquier perspectiva, con lo que permitiría, entre otros aspectos, un estudio exhaustivo de los diferentes tipos de esfuerzo de cada jugador en el transcurso de la competición.

Este sistema fue probado y utilizado en los partidos de preparación del Mundial de Fútbol de Francia 1998 por la selección anfitriona (Penel y Traversian, 1998), y en la Liga Española durante la temporada 2002-2003 por dieciocho equipos profesionales (Martínez, Pérez y Perarnau, 2004).

Estos métodos que relacionan velocidad con intensidad, podrían presentar como error la correlación de la velocidad de desplazamiento con la intensidad del esfuerzo realizado en ese desplazamiento, ya que, un jugador puede realizar un esfuerzo máximo sin que tenga que desplazarse a una velocidad individual máxima (Rebelo 1993a). Además, los estudios que han cuantificado la intensidad de los esfuerzos que realiza el jugador de fútbol en competición, en función de la velocidad de los desplazamientos, han creado diferentes clasificaciones sobre la intensidad, que incluso cuando estas clasificaciones eran similares, han sido categorizadas de manera diferente (tabla 1), lo que complica enormemente el proceso comparativo entre dichos estudios.

Tabla 1. Cuadro resumen de la clasificación y categorización de la intensidad de los distintos tipos de esfuerzo

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Clasificación y Categorización.</i>
Van Gool y cols	1988	<ol style="list-style-type: none"> 1. Andar (entre 1.3 y 2.04 m/s) 2. Jogging (entre 2.04 y 4.89 m/s) 3. Carrera intensiva (entre 4.89 y 6.93 m/s) 4. Sprint (entre 6.93 y 8.15 m/s)
Ohashi y cols	1988	<ol style="list-style-type: none"> 1. Por encima de 7 m/s. 2. Entre 5 y 7 m/s. 3. Por debajo de 4 m/s.
Bangsbo y cols	1991	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parado. 2. Caminando (6km/h) 3. Jogging (8 km/h) 4. Carrera a baja velocidad (12 km/h) 5. Carrera hacia atrás (12 km/h) 6. Carrera a velocidad moderada (15 km/h) 7. Carrera a alta velocidad (18 km/h) 8. Sprint (30 km/h).
D'Ottavio y Tranquilli	1992	<ol style="list-style-type: none"> 1. Andar (5 km/h) 2. Carrera lenta (11 km/h) 3. Carrera media (15 km/h) 4. Carrera rápida (18 km/h) 5. Carrera en velocidad (21 km/h) 6. Sprint (24 km/h) 7. Sprint máximo (27 km/h) 8. Carrera hacia atrás (3-21 km/h) 9. Carrera lateral (0-21 km/h)
Pirnay y cols	1993	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carrera a baja velocidad (9 km/h) 2. Carrera a alta velocidad (18 km/h) 3. Sprint (25 km/h) 4. Desplazamientos lentos en forma de marcha, y pausas de juego.
Gorostiaga Ayestarán	1993	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parados o caminando. 2. Corriendo a ritmo moderado (menos de 15km/h) 3. Velocidad submáxima (15-25 km/h) 4. Máxima velocidad (+ 25 km/h)
Castellano y cols	1996	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estático-andando (0-1 m/s) 2. Carrera a velocidad moderada (1-3 m/s) 3. Sprint (5-7 m/s)
Godik y Popov	1998	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carrera lenta (10 km/h) 2. Carrera submáxima (23 km/h) 3. Carrera a velocidad máxima (30 km/h).
Hernández Moreno	1998	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caminar (0-1 m/s) 2. Trote (1-3 m/s) 3. Carrera a velocidad media (3-5 m/s) 4. Carrera rápida (5-7 m/s) 5. Sprint (+ 7 m/s)
Martínez y cols	2004	<ol style="list-style-type: none"> 1. Marcha (menos de 14 km/h) 2. Carrera (entre 24 y 21 km/h) 5. Sprint (más de 21 km/h)

Por otro lado, cuando los diferentes estudios se refieren a los esfuerzos máximos, se han orientado principalmente al estudio exclusivo de los sprints olvidando otras acciones de carácter acíclico que también deben ser tenidas en cuenta como son los saltos, golpes de balón, arrancadas, cargas, dribling a máxima velocidad, 1x1 defensivo y ofensivo, etc. que también implican esfuerzo máximo, y si han sido advertidas en diversos estudios (Yamanaka y cols, 1988; De Mata, 1992; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Rebelo, 1993a; Reilly, 1994a; Konzag, Döbler y Herzog, 1995; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Godik y Popov, 1998; Cazorla et Farhi, 1998; y Mombaerts, 2000).

2.3. RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

2.3.1. VOLUMEN TOTAL DE METROS RECORRIDOS POR UN JUGADOR EN COMPETICIÓN

A modo de síntesis y para poder observar de forma gráfica la evolución de los resultados de los diferentes estudios sobre la distancia recorrida por los jugadores de fútbol presentamos la tabla 2:

Tabla 2. Cuadro resumen de las distancias recorridas. Modificado de García, Dopico e Iglesias (2000b)

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Competición/ Muestra</i>	<i>Distancia Media (m.)</i>	<i>Rango (m.)</i>
Jakoblev	1950	ex-URSS	----	5.000/10.000
Krestownikow	1950	ex-URSS	----	14.500/17.000
Tchaidze	1955	ex-URSS	----	4.500/9.000
Winterbotton	1959	Inglaterra	3.360	----
Wade	1962	Inglaterra	----	1.600/5.500
Palfai	1960/62	22 futbolistas de la liga Húngara en 52 partidos	2.460	----
Palfai	1960/62	Los mejores jugadores de la época: del sol, zagallo, Sívori, Di stefano, Garrincha, etc.	----	3.832/6.056
Christians	1966	Bélgica	4.936	----
Zelenka y col	1967	Checoslovaquia	11.000	----
Wade	1967	Inglaterra	----	5.000/7.000
Choutke	1969	Checoslovaquia	----	5.000/6.000
Luckscinov y Palfai	1969	Hungria	----	4.000/17.000
Palfai	1970/79	Hungria	3.455	----
Agnevik	1970	Profesionales Suecos	10.200	
Saltin.	1973	Suecia	12.000	10.000/14.000
Viannai	1973	ExURSS	17.000	----
Alvarez del Villar	1973	Checoslovaquia	12.390	----
Knowles & Brooke	1974	Premier League: Manchester City.	4.834	3.722/6.428
Stanescu	1975	Rumania	----	3.000/10.000
Whitehead	1975	Profesionales Ingleses	10.112	
Reilly & Thomas	1976	44 partidos de la Premier League	8.680±1.011	7.324/10.023
Reilly & Thomas	1979	Inglaterra		7.000/11.000
Smaros	1980	Hungria	8.100	----
Lacour	1980	Francia	----	4.000/8.000
Losada	1980	Chile	----	5.000/10.000
Dufour y Callaert	1982	Bélgica	----	4.400/6.750
Withers	1982	Los principales equipos Australianos	11.527	----
Lacour y Chatard	1982	Francia	----	10.000 /12.000
Winkler	1983	Jugadores de elite de la Bundesliga: Breitner, Pezzey, Briegel, Rummenige, etc.	9.790.	----
Talaga	1983	Hungria	----	6000/8000
Dunkov	1983	Los mejores delanteros de la Copa del Mundo de 1982	----	3.755/4.485
Van Meebeek et al.	1983	Bélgica	10.332	----
Anzil	1984	Italia	----	7.000/11.000
Van Cauter y Vrijens	1984	Bélgica	10.631	----
Lacour y Chatard	1985	Francia	----	7.000/12.000
Talaga	1985	Hungria	10.000	----
Eklblom	1986	Jugadores profesionales Suecos	10.000	----
Dufour	1986	Bélgica	10.000	
Sledzieweski	1987	Polonia	----	7.500/9.800
Van Gool y cols	1988	7 jugadores universitarios Bélgica	10.225±580	----
Gerish y cols	1988	Jugadores amateurs Alemanes	9.050±969	----
Ohashi y cols	1988	2 jugadores de elite Japoneses	9.845	9.303/10.387
Goubert et Cazorla	1989	----	7.553	----
Bangsbo y cols	1991	14 jugadores de la Danish National League	10.800	
Bangsbo & Lindquist	1992	20 jugadores de la Danish National League, en 2 partidos de competición	10.980	8.990/12.650
Pirnav y cols	1993	15 jugadores profesionales y 14 amateurs Bélgica	10.000	7.000/14.000
Rebelo	1993b	24 jugadores profesionales Portugueses	9.594 ± 985	7.866/11.496
D.Ottavio y Tranquilly	1992	1 jugador en partido de competición de la Selección Italiana sub21	12.060	----
Luhtanen	1994	Finlandia	----	10.000/12.000
Godik y Popov	1998	Los mejores jugadores del Mundo de los 80	----	6.010/8.727
Hernández Moreno	1998	2 jugadores profesionales en la Liga Española	8.465	----
Rienzi y cols	2000	6 jugadores de la Premier League	10.104±703	----
Rienzi y cols	2000	17 jugadores Internacionales Sudamericanos	8.638±1.158	----
Valente y Santos	2002	9 jugadores profesionales Portugueses	11.190±890	----
Martínez y cols	2004	18 equipos profesionales Españoles	11.200	----

La distancia media recorrida por los jugadores en un partido de competición ha ido en aumento, si tomamos como muestra los Campeonatos del Mundo desde 1954, donde se recorría una distancia media de ± 4500 m, hasta 1990, donde la distancia media se incrementó hasta los ± 10000 m. (Moreno Serrano, 1993). Además, los resultados derivados de estudios de los años 50, 60, 70 e incluso 80 presentan quizá una caracterización, del esfuerzo físico del fútbol, distinta a la actual debido, aparte de los problemas metodológicos en la obtención de los datos, a la evolución lógica del fútbol en cuanto a los sistemas tácticos empleados, la aparición del pressing, el rigor de los marcajes, etc.

Si tenemos en cuenta los resultados que se desprenden de los estudios más recientes podemos intuir que la distancia media que recorre un jugador de fútbol en la actualidad puede situarse alrededor de los 10000 metros, aunque con un rango de valores grande. Esta variabilidad puede achacarse, según Bangsbo (1998), a varios factores, tales como el equipo contrario, la importancia del partido, la motivación y las tácticas del equipo. No obstante, parece que la distancia total cubierta por la mayoría de jugadores varía menos de 1 km. (0.92 km. / 8.5%) de un partido a otro, siendo la mayor variación de 1.7 km. (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991). Además no se han encontrado diferencias significativas en la distancia recorrida por los jugadores en partidos fuera de casa y en casa (Reilly & Thomas, 1976).

También se ha señalado que en la primera parte los jugadores recorren más distancia que en la segunda (Saltin, 1973; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993), y se ha constatado una ligera disminución progresiva de todas las intervenciones, con un aumento de los periodos inactivos en el segundo tiempo (Pirnay, Geurde y Marechal, 1993). Esta diferencia, entre los dos tiempos de un partido, tuvo lugar en 32 de los 44 partidos, de la Premier League, analizados por Reilly & Thomas (1976) y ha sido cifrada en 444 m. por Van Gool, Van Gerven & Boutmans (1988), en un 5% de la distancia total recorrida por Bangsbo, Nørregard & Thorsø (1991), y en un 6% por Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin,(2000). Sin embargo, esta reducción no se hace a expensas de ninguna actividad específica sino que refleja el comienzo de la fatiga en el partido (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

Por otro lado, parece que la distancia media cubierta resulta similar para jugadores de primera y de segunda división (Bangsbo, 1998) y para profesionales y amateurs (Pirnay Geurde y Marechal, 1993). No obstante, si se han encontrado diferencias significativas en la carga de trabajo entre jugadores profesionales en la Premier League y jugadores

profesionales sudamericanos en partidos internacionales de selecciones, lo que puede ser una consecuencia directa de las restricciones tácticas en los jugadores como resultado de los dos diferentes tipos de competición (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

Además, se ha estimado que la distancia que recorre un jugador con balón (salvo el portero) se sitúa entre los 158 metros registrados por Reilly & Thomas (1976) y los 218 metros obtenidos por Whitters, Maricic, Wasilewski & Kelly (1982). Este rango de valores resulta consecuente con el porcentaje que sugiere Reilly (1994a) cuando afirma que menos del 2% de la distancia total recorrida por los jugadores es con balón, con el que estima Bangsbo (1998) que cifra este aspecto entre el 0.5 y el 3% de la distancia total recorrida, y por último, con los que estiman Mombaerts (2000) en torno al 3% y Hernández Moreno (1998) con un 3.37%. Sin embargo, Dunkov (en Godik y Popov, 1998) encuentra un porcentaje muy superior (entre el 7.2 y el 11%) en una muestra de los mejores jugadores del Mundial de 1982: Maradona, Boniek, Sócrates, Demianenko, y Rossi, lo que indica las sensibles diferencias que se pueden observar entre distintos jugadores.

Por último, presentamos los datos sobre distancias recorridas, procedentes del sistema informático AMISCO utilizado por Francia en la Copa del Mundo de 1998 en partido amistoso contra Noruega (Penel y Traversian, 1998)

Tabla 3. Distancias recorridas. Fuente: Modificado de Penel y Traversian (1998)

<i>Jugador</i>	<i>Puesto específico</i>	<i>Kms totales</i>	<i>Kms en 1ª parte</i>	<i>Kms en 2ª parte</i>	<i>Minutos jugados</i>
Barthez	Portero	4.4	2.3	2.1	92
Thuram	Defensa	10	5.2	4.8	92
Boghossian	Centrocampista	9.9	5.1	4.8	92
Desailly	Defensa	8.6	4.4	4.2	92
Blanc	Defensa	8.7	4.5	4.2	92
Makelele	Defensa	3.8	----	3.8	30
Deschamps	Centrocampista	10.2	5.2	5	92
Zidane	Centrocampista	6.5	4.9	1.6	62
Pires	Centrocampista	11.1	5.6	5.5	92
Guivarc'h	Delantero	6	4.4	1.6	62
Djorkaeff	Delantero	9.2	4.7	4.5	92
Dioméde	Delantero	10	5.2	4.8	92
Trézéguet	Delantero	3.2	----	3.2	30

2.3.2. VOLUMEN TOTAL DE METROS RECORRIDOS POR UN JUGADOR EN COMPETICIÓN, EN FUNCIÓN DEL PUESTO ESPECÍFICO

Si observamos los resultados, presentados en la tabla 4, obtenidos en distintas investigaciones con jugadores profesionales en diferentes tipos de competición, podemos ver claramente que los centrocampistas recorren más distancia que el resto de puestos específicos. Esta distancia ha sido valorada entre 500 y 1000 metros más por partido (Gorostiaga Ayestarán, 1993).

Tabla 4. Comparación de las distancias recorridas por puestos específicos. Cuando no se especifica entre defensas laterales y centrales se contabilizan todos como centrales. Modificado de García, Dopico e Iglesias (2000b)

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Defensas centrales</i>	<i>Defensas laterales</i>	<i>Medios</i>	<i>Delanteros</i>
Palfai	1962	2.140 m.	----	2.880 m.	2.360 m.
Christians	1966	3.400 m	5.100 m	7.344 m	5.654 m
Reilly & Thomas	1976	7.759±621 m	8.245±816 m	9.805±787 m.	8.397±710 m.
Gallego	1976	----	----	8.163 m.	----
Talaga	1979	4.100 m	----	4.700 m	4.100 m
Dragun	1979	4.200/4.500 m	----	6.000/8.000 m	5.000/5.500 m
Winkler	1983	9.260 m	----	11.138 m	9.044 m
Ekblom	1986	9.600 m.	----	10.600 m.	10.100 m
Sledzieweski	1987	----	----	5.632/8.128 m	4.720/6.064 m
Goubert et Cazorla	1989	7.621 m	8.006 m	7.484 m	7.104 m
Dufour	1990	4.500 m	4.398 m	6.568 m	3.916 m
Bangsbo y cols	1991	10.100 m.	----	11.400 m.	10.500 m.
Rebelo	1993	----	9.109 ± 877 m	10.078 ± 864	----
Konzag	1995	4.870 m	4.480 m	6.150 m	6.000 m
Cazorla et Farhi	1998	7.690±492 m	8.125±389 m	8.951±521 m	7.750±658 m
Rienzi y cols	2000	8.696±976 m	----	9.826±1031 m	7.736±929m

Este hecho podría deberse a que su posición requiera cubrir más distancia o que los jugadores seleccionados para jugar en la mitad de campo tengan un nivel más alto de condición física que los demás (Bangsbo, 1998). Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin (2000) atribuyen esta mayor distancia al rol desempeñado por los centrocampistas en el partido como enlaces entre la defensa y la delantera. De esta forma, un medio tiene una actividad global más importante con carreras más largas, mientras que los delanteros y defensas se caracterizan por las alternancias de reposo relativo y de numerosas acciones explosivas y de sprints cortos (Pirnay, Geurde y Marechal, 1993). También se ha determinado que el centrocampista es el puesto específico que más metros recorre con balón (Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly, 1982): el libero recorre 209 m. con balón, el defensa central 192 m., los medios 286 m., y por último los delanteros 186 m. No obstante, en contraposición, Reilly &

Thomas (1976) especificaban que son los delanteros los que recorren más distancia en posesión del balón ($1.99\% \pm 1.0$) que el resto de jugadores.

Por otro lado, se ha establecido que son los defensas, el puesto específico que cubre una mayor proporción de su distancia corriendo hacia atrás o de lado (Ekblom, 1986; Rienzi Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000), como resultado de sus requerimientos específicos (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Sin embargo, son pocos los trabajos que han estudiado por separado los puestos específicos de defensa central y lateral a pesar del distinto rol desempeñado por ambos.

2.3.3. VOLUMEN DE ACCIONES DE INTERACCIÓN DEL JUGADOR CON EL BALÓN

Dentro de la cuantificación de las acciones en presencia de balón, sólo se ha hecho referencia a aspectos relacionados con el volumen, sin tener en cuenta el grado de intensidad, ya que, no ha sido determinado para este tipo de acciones, quizás porque sean de una intensidad variable, es decir, una intensidad determinada por el contexto de juego en el que tiene lugar la acción y no por el hecho de la acción en sí.

El volumen de acciones que pueda realizar un jugador en presencia del balón dependerá, entre otros factores, del tiempo medio de posesión y de contacto de balón que tenga el jugador en cada partido. En este sentido, Winterbotton (1959) refleja que el jugador tiene contacto con el balón aproximadamente unos 5 minutos. Ahora bien, Bangsbo (1998) determina, en sus estudios sobre la selección danesa en la Eurocopa de 1992, que los jugadores estuvieron en posesión de balón un tiempo medio de 1.3 minutos, oscilando de 0.3 a 3.1 minutos, es decir, la mitad del tiempo que entran en contacto con el balón. Resultados similares determina Hernández Moreno (1998) en jugadores de primera división española con un tiempo medio de 1min y 29 seg, es decir, el 1.54% del tiempo total. Estos datos son corroborados por Reilly & Thomas (1976) y por Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly (1982) que estimaron que el 98.2 % del tiempo los jugadores no tienen el balón en los pies, y también por Liukshinov (en Godik y Popov 1998) que determinó que el jugador está en posesión del balón entre 22 segundos y 2 minutos 45 segundos, lo que indicaría que, teniendo en cuenta que la duración media real de un partido es de 60 minutos y 57 segundos, el futbolista se desplaza sin balón entre 58 y 60 minutos.

Dentro de las diferentes acciones que puede realizar el jugador, en este tiempo que esta en posesión o en contacto con el balón, ha sido determinado el número de contactos

que establece con el balón por partido. Este parámetro ha resultado ser un valor muy variable. Si atendemos a los estudios más actuales, este valor ha sido cifrado entre los 50 y los 55 contactos en partidos de Liga y Copa de Europa de la temporada 96-97 (Cazorla et Farhi, 1998), entre 60 y 120 en una muestra de 152 partidos de alta competición de la Copa del Mundo de 1990, de la Eurocopa de Naciones de 1988, de la Copa de Europa de Clubes 89-90, y de la Primera División Francesa e Italiana de esa misma temporada (Mombaerts, 2000), y en 60.63 ± 12.6 en jugadores del Deportivo Alavés (Castellano, Masach y Zubillaga, 1996). Sin embargo, el número de veces que el jugador entra en posesión del balón parece ser menor, situándose entre 32 y 64 posesiones, en el análisis de la Selección Portuguesa sub-20, ganadora de la fase final del Campeonato del Mundo de Lisboa 1991 (Bezerra, 1997).

Atendiendo a los puestos específicos, de forma lógica es el de centrocampista el que mayor número de contactos tiene con el balón en el encuentro (Winterbotton, 1959; Talaga, 1979; Winkler, 1983; y Masach, 1992a)

También se ha cuantificado durante el partido el número de saltos. Reilly & Thomas (1976) especificaron el mayor número de saltos que realizaban los defensas centrales y delanteros de la Premier League por partido (20.4 ± 6.4 y 19.6 ± 9.8 respectivamente) con respecto a los defensas laterales y medios (11.2 ± 4.2 y 10.3 ± 4.5 respectivamente). También han obtenido la misma conclusión Withers, Maricic, Wasilewski & Nelly (1982) en futbolistas Australianos, y Bangsbo, Nørregard & Thorsø (1991) en jugadores de elite de la Liga Danesa, aunque este último especificaba el mayor número de golpeos de cabeza que realizaban los delanteros (11.2 ± 3.6) con respecto a los centrocampistas (8.4 ± 1.8) y a los defensas (6.3 ± 2.0). No obstante, Castellano, Masach y Zubillaga (1996) no observaron diferencias entre los puestos específicos, con una media de 8.5 ± 3.82 saltos, en jugadores del Deportivo Alavés.

Otras acciones que también se han cuantificado han sido las entradas, siendo mayor el número de entradas realizadas por los defensas (13.1 ± 2.3), seguidos de los centrocampistas (10.5 ± 2.3) y de los delanteros (9.9 ± 1.8), aunque no existían diferencias significativas entre ellos (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991). Los regates, las interceptaciones y el tiro a gol, se han cuantificado con unos valores medios de 30, 15, y 1.1 respectivamente, para jugadores de elite Daneses (Bangsbo, 1998).

2.3.4. DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DE METROS RECORRIDOS EN FUNCIÓN DE LA INTENSIDAD A LA QUE SE REALIZAN

Atendiendo a que la velocidad del movimiento es una característica esencial para el rendimiento exitoso en el fútbol profesional contemporáneo (Strudwick, Reilly & Doran, 2002), y a que es la calidad (intensidad) de la carrera de los jugadores y no la cantidad lo que varía en función de las divisiones y por tanto determina los niveles competitivos (Mombaerts, 2000), podemos justificar la importancia de establecer un nivel de análisis sobre la intensidad de los desplazamientos que realizan los jugadores en competición.

En un intento de realizar un análisis global sobre la distribución de los metros recorridos por el jugador en función de la intensidad, presentamos la tabla 5. No obstante, como ya señalamos en el punto 2.2.2., la distinta clasificación y/o categorización de la intensidad con la que cada autor ha cuantificado estos datos, permite solamente la posibilidad de que este análisis global se pueda realizar de forma puramente orientativa.

Tabla 5. Revisión de la distribución de los metros recorridos en función de la intensidad a la que se realizan. Modificado de García, Dopico e Iglesias (2000b)

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Andar/Marc ha (Int baja)</i>	<i>Carrera (Int Media)</i>	<i>Carrera (Int Submax)</i>	<i>Sprint (Int Max)</i>
Winterbotton	1961	13%	61%	----	26%
Saltin	1973	27 %	50 %	24%	
Brooke & Knowles	1974	33.3%	55.5%	----	11,1%
Whitehead	1975	67.7%		17.3%	14.9%
Reilly & Thomas	1976	22.8%	37.5%	20.6%	10.7%
Withers y cols	1982	26%	44.5%	13%	5.7%
Winkler	1983	29.9%	56.6%	----	12.5%
Dunkov	1983	46 – 64%		22 – 28%	5 – 17%
Lacour y Chatard	1985	7.6 – 15%	30.7 – 61%	19.2 – 23%	
Eklblom	1986	50 – 70%		20% - 30%	8% - 18%
Sledziewski	1987	73.4 – 84.3%		15.6 – 26.5%	
Van Gool y cols	1988	42.9 %	42.6 %	7.5 %	
Ohashi y cols	1988	74.6 %	12.6 %	10.5 %	2.3 %
Goubert et Cazorla	1989	31.5%	39%	19.7%	10%
D'Ottavio y Tranquilli	1992	43.5%	21%	24%	4.3%
Bangsbo & Lindquist	1992	81%		19%	
Pirnay y cols	1993	29.6%	38.9%	12.3%	19%
Rebelo	1993	27.2%	37.6%	15.4%	12.4%
Godik y Popov	1998	74%		7%	19%
Hernández Moreno	1998	54.57%	26.58%	8.17%	2.17%
Cazorla et Farhi	1998	31.2%	38.7%	20%	10%
Campeéis y De Oliveira	2000	22-33%	36-56%	21-30%	
Mombaerts	2000	72%		18%	7%
Rienzi y cols	2000	38%	47%	11%	4%
Valente y Santos	2002	----	----	----	10%
Martínez y cols	2004	74%	19%		6%

Los resultados de los diferentes estudios expuestos en la tabla 5, parecen indicar que los jugadores cubren un porcentaje de metros mucho mayor a intensidades bajas y medias que a intensidades máximas y submáximas. También parece que cubren un porcentaje de metros mayor a intensidad submáxima que máxima. No obstante, es importante señalar que lo que más transcendencia tiene en el organismo de los futbolistas es la carrera a velocidad máxima y submáxima o sea arrancadas y aceleraciones (Godik y Popov, 1998), lo que nos indica la importancia de este tipo de desplazamientos.

También se ha tenido en cuenta la cuantificación del porcentaje de metros que recorre un jugador de fútbol corriendo hacia atrás o de lado (Whitehead, 1975; Reilly & Thomas, 1976; Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly, 1982; D'Ottavio y Tranquilly, 1992; Hernández Moreno, 1998; y Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Los resultados de estos estudios indican que el jugador recorre entre un 5.5 y un 8.4% de la distancia hacia atrás, y entre un 1.8 y un 3% de lado. Además, Rienzi Drust, Reilly, Carter & Martin (2000) concretaban la intensidad de estos desplazamientos: el 2% de la distancia total recorrida se realizaba trotando hacia atrás, el 3% trotando de lado y el 6% caminando hacia atrás.

Por otro lado, se han tenido en cuenta los diferentes puestos específicos a la hora de expresar los resultados de las investigaciones (Reilly & Thomas, 1976; Winkler, 1983; Sledziewski, 1987; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Goubert et Cazorla, 1989; Cazorla et Farhi, 1998; Campeiz y De Oliveira, 2000; y Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Dichos resultados muestran algunas diferencias importantes, entre los puestos específicos, como son que los delanteros cubren un mayor porcentaje de metros a intensidades máximas (Reilly & Thomas, 1976; Winkler, 1983; Sledziewski, 1987; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Goubert et Cazorla, 1989; Cazorla et Farhi, 1998; Campeiz y De Oliveira, 2000; y Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Los centrocampistas son los que más distancia cubren a intensidades medias (Winkler, 1983; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988), y los defensas son los que recorren mayor porcentaje de metros a intensidades bajas (Winkler, 1983; Goubert et Cazorla, 1989; Cazorla et Farhi, 1998) y menor porcentaje a intensidades máximas (Reilly & Thomas, 1976; Cazorla et Farhi, 1998). En base a todos estos datos, se ha sugerido que la preparación física de los jugadores debería ser específica al nivel y a la posición ocupada en el campo (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

Además, Williams, Lee & Reilly (1999) evidenciaron un incremento en la intensidad de trabajo, desde una perspectiva de análisis cuantitativo, entre los partidos jugados en la temporada 91-92 y los jugados en la temporada 97-98 de la Premier League, ya que los partidos más contemporáneos incluían más pases, carreras con el balón, regates, etc., lo que sugiere un significativo incremento en el ritmo del partido.

2.3.5. TIEMPO DE DURACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ESFUERZO

El volumen de tiempo real de juego está tendiendo a disminuir, según Pinto (1991), en la Copa del Mundo (C.M.) de México 70 era de 65 minutos de media, en la C.M. de 1974 en Alemania era de 60 minutos, y en 1990 en la C.M. de Italia ya descendió a 56 minutos, y según Bangsbo (1998) en la Eurocopa de 1992 era de 57 minutos. Valores semejantes se barajan en la actualidad, donde el balón esta en juego aproximadamente 58 minutos (Castellano, Masach y Zubillaga, 1996), e incluso menos tiempo, 48 min y 31 seg de media, en una muestra de dieciocho equipos profesionales de la Liga Española durante la temporada 2002-03 (Martínez, Pérez y Perarnau, 2004).

Como en el apartado anterior, hemos tratado de realizar un análisis global sobre la duración de los distintos tipos de esfuerzo, y como en el mismo, la distinta clasificación y/o categorización de la intensidad con la que cada autor ha cuantificado estos datos, permite solamente la posibilidad de que este análisis global se pueda realizar de forma puramente orientativa.

En la tabla 6 (página siguiente) presentamos un compendio de los resultados que obtienen diferentes estudios.

Tabla 6. Revisión de la duración de los diferentes tipos de esfuerzo. Modificado de García, Dopico e Iglesias (2000b)

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Andar/Marcha (Int Baja)</i>	<i>Carrera (Int Media)</i>	<i>Carrera (Int Submax)</i>	<i>Sprint (Int Max)</i>	
Liukshinov	1975	50-63%	27-39%	2-5.5%	1-3'	1-3.3%
Alvarez del Villar	1985	33%	33%	27%	6'	6.6%
Lacour y Chatard	1985	33-38%	44-55%	5-10'	5.5-11%	
Mayhew & Wenger	1985	----	38%	11.3%		
Yamanaka y cols	1988	55.3 %	32.7%	5.7 %	----	1.9 %
Ohashi y cols	1988	90.6%		9%	----	0.4%
Goubert y cols	1989	56%	32%	8.7%	1'59"	2.1%
Bangsbo y cols	1991	40.4%	35.1%	7.4%	30"	0.7%
Ali & Farralli	1991	56%	30%	4%	4'	3%
D'Ottavio y Tranquilli	1992	58.7%	12.4%	10.2%	----	1.2%
Gorostiaga Ayestarán	1993	55-60%	35- 40%	3-6%	22-170"	0.4-2%
Pirnay y cols	1993	34.5%	27 – 28%	4.6%	4'27"	5%
Rebelo	1993	39%	24.3%	6.8%	4.3%	
Castellano y cols	1996	57.08±6.92%	39.5±6.27%	(3'12"±89)		3.41±1.71%
Duque	1997	58.9%	26.1%	13.36%	1.33%	
Godik y popov	1998	----	31%	1.2%	2'24"	2.7%
Hernández Moreno	1998	60.97%	10.36%	2.18%	25"	0.43%
Cazorla et Farhi	1998	70.8%		14.3%	----	14.9%
Rienzi y cols	2000	50%	30%	4%	----	1%

A tenor de los datos presentados, parece que los jugadores emplean mucho menos tiempo en esfuerzos de intensidad máxima y submáxima, que en esfuerzos de intensidad baja y media. Sin embargo, esta composición sobre la actividad competitiva podría resultar engañosa si pretendemos crear un modelo de entrenamiento basado en esta perspectiva, ya que, la pequeña porción de tiempo que el jugador realiza esfuerzos de intensidad máxima y submáxima son los que definen la calidad y el nivel de juego, consecuentemente el sprint y la carrera submáxima son muy importantes. Esta importancia ha ido en aumento en los últimos tiempos debido a que la velocidad-potencia-explosividad en las acciones en particular y en el juego en general parece ser cada vez mayor y más determinante. A este respecto, Reilly (2000) evidencia que ha habido un incremento significativo en el ritmo de juego entre los equipos más destacados de la Premier League Inglesa en los últimos tiempos, aunque el incremento no se hizo pronunciado hasta 1990. Este hecho coincide con el éxito de equipos europeos como el AC Milán, cuyos jugadores tendían a jugar a un alto ritmo.

En esta línea, Yamanaka y cols (1988) estudiaron una muestra de 49 jugadores de equipos de diferente rendimiento: Copa de Europa, Copa Libertadores, Copa Emperador Japonés y Campeonato Universitario Japonés. Los resultados de este estudio constatan que

con mayores niveles de rendimiento se consume menos tiempo en permanecer parado, andando y trotando. Además, los equipos profesionales tenían tendencia a reducir los cambios en la intensidad de la actividad. No obstante, Pirnay, Geurde y Marechal (1993) encontraron unos porcentajes de tiempo empleado en los diferentes tipos de esfuerzo muy similares en profesionales y amateurs, aunque los profesionales gastaban algo más de tiempo en realizar esfuerzos de máxima intensidad (4' 27") que los amateurs (4'08"). También, O'Donoghue, Boyd, Lawlor & Bleakley (2001) determinaron que el nivel de competición no influenciaba, de forma significativa, en la proporción del tiempo que se empleaba en esfuerzos de alta intensidad, aunque esta era mayor en los jugadores de elite (Premier League $12.4 \pm 2.5\%$), que en los semiprofesionales (Primera División Irlandesa, $10.4 \pm 3.5\%$), y amateurs (equipos B de Irlanda, $11.7 \pm 4.3\%$).

Por otro lado, se ha constatado que en el segundo periodo de juego baja el número de repeticiones de esfuerzos realizados a alta intensidad, así como el volumen total de tiempo dedicado a este tipo de esfuerzos en todos los niveles competitivos (Yamanaka y cols, 1988; Ali & Farrally, 1991a; O'Donoghue, Boyd, Lawlor & Bleakley, 2001).

Dentro de los esfuerzos de intensidad máxima y submáxima, podría llamar la atención que en el estudio de Cazorla et Farhi (1998) se halla obtenido un porcentaje tan alto de tiempo dedicado a estos esfuerzos con relación al resto de autores, pero la explicación no es otra sino que se hallan cuantificado dentro de este tipo de esfuerzos no sólo los sprints, sino también todas las acciones intensas y cortas determinantes en el partido.

La duración de los distintos tipos de esfuerzo, también se ha analizado en función de los diferentes puestos específicos (Yamanaka y cols, 1988; Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Ali & Farrally, 1991a; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Bezerra, 1997). Los resultados de estos estudios indican que los centrocampistas emplean más tiempo corriendo a intensidad media (Yamanaka y cols, 1988; Ali & Farrally, 1991a; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996) y menos en estar andando y parados que los delanteros y defensas (Yamanaka y cols, 1988; Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996). Además, los delanteros son los que más tiempo emplean en esfuerzos de máxima intensidad (Ali & Farrally, 1991a; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996), y los defensas los que menos (Bezerra, 1997).

Por último, cabe destacar que el 2% del tiempo los jugadores lo emplean en esfuerzos que exigen correr hacia atrás o de lado (Mayhew & Wenger, 1985).

2.3.6. DURACIÓN, DISTANCIA Y FRECUENCIA DE LOS ESFUERZOS REALIZADOS A MÁXIMA INTENSIDAD

El análisis de los esfuerzos realizados a máxima intensidad, es el que posiblemente defina mejor las acciones más determinantes desde el punto de vista cualitativo en el fútbol, ya que, tal y como describe Garganta (1997) las fases menos intensas y más numerosas funcionarían como plano de fondo, en cuanto que las fases cortas e intensas, aunque menos numerosas, constituirían en el plano cualitativo las fases críticas del juego. Además, aunque los perfiles de la actividad en el fútbol son acíclicos, de forma que las acciones discretas raramente siguen un modelo en particular, la observación más constante tiene lugar en las actividades de alta intensidad, las cuales difieren muy poco entre los diferentes partidos (Reilly, 2000). Por tanto, se ha llegado a la conclusión de que se obtiene más información válida estudiando el tiempo empleado en realizar esfuerzos a máxima velocidad durante un partido que estudiando por ejemplo la distancia total recorrida por un jugador durante un partido (Gorostiaga Ayestarán, 1993). Y es que, a pesar de la pequeña porción de tiempo que los jugadores emplean en realizar esfuerzos de naturaleza rápida, estos ocurren durante las fases más determinantes del partido, y directamente relacionadas con el juego como son la recepción de balón, el disparo, el 1x1 con balón y sin balón, la lucha por el balón, etc. (Yamanaka y cols, 1988; Weineck, 1994; Cazorla et Farhi, 1998). La habilidad del jugador durante estas fases estará directamente conectada con el potencial de rendimiento de su equipo y podría ser un factor decisivo en el partido (Yamanaka y cols, 1988).

En relación a este tipo de esfuerzos, se ha considerado al sprint como el elemento más importante del juego, ya que, aunque con este tipo de desplazamientos sea con el que menos metros se recorren, estos se llevan a cabo siempre en los alrededores del balón y suelen terminar por regla general con una acción técnica de juego como puede ser una recepción, una interceptación, un pase, o un tiro (Vogelaere, Balagué y Martínez, 1985). Sin embargo, aunque tradicionalmente se han asociado a los esfuerzos de máxima intensidad con los sprints realizados a máxima velocidad, De Mata (1992) entiende que son esfuerzos de alta intensidad aquellos que se realizan cerca del máximo de las posibilidades individuales o en condiciones difíciles y adversas para el jugador, sin que estas tengan que ser necesariamente en carrera, como los saltos, caídas y levantarse rápidamente, carreras con cambios bruscos de ritmo o de dirección, entradas al contrario, cargas, faltas, etc. Será necesario por tanto, cuantificar también dentro de este tipo de análisis a aquellas acciones que implican una potencia máxima pero que, sin embargo, su velocidad no se corresponde

con la máxima: por ejemplo las arrancadas de 5 a 10 metros donde la velocidad no supera los 4 ó 5 m/seg pero la potencia es máxima (Godik y Popov, 1998), y otras acciones de carácter explosivo que no sólo conciernen a desplazamientos, sino, también saltos, golpeo de balón, (Pirnay, Geurde y Marechal, 1993), al enfrentamiento directo (Konzag, Döbler y Herzog, 1995; Cazorla et Farhi, 1998), y a la lucha por el balón (Cazorla et Farhi, 1998).

Este tipo de esfuerzos podría servir incluso para establecer comparaciones en el fútbol (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991) y como elemento discriminativo del mayor o menor nivel competitivo de los jugadores y de los equipos debido a que cuanto mayor es el nivel de juego de los equipos, mayor es el porcentaje de tiempo de juego dedicado a esfuerzos de intensidad máxima (Lacour y Chatard, 1985; Ekblom, 1986), mayor es también la frecuencia con que se ejecutan carreras de alta intensidad (23 sprints y 66 carreras de alta velocidad por partido vs. 11 sprints y 42 carreras de alta velocidad por partido), y menor el tiempo que se corre a baja intensidad en los jugadores de Primera División con respecto a los de Segunda División (Bangsbo, 1998). También podría servir de elemento discriminativo entre diferentes competiciones, cuando se ha concluido que los equipos ingleses parecen realizar más periodos de intensidad elevada que los equipos suecos (Ekblom, 1986).

A continuación presentamos a modo sinóptico la tabla 7, donde caracterizamos este tipo de esfuerzos en función de la duración media de cada esfuerzo de intensidad máxima medida en segundos, de la distancia medida en metros y referida a la distancia cubierta que más tiene lugar en cada esfuerzo de intensidad máxima, y por último de la frecuencia con que tienen lugar los sprints en particular y todas las acciones de carácter máximo en general que un jugador realiza a lo largo de un partido de competición.

Tabla 7. Duración, distancia y frecuencia de los esfuerzos de intensidad máxima. Modificado de García, Dopico e Iglesias (2000b)

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Duración (seg)</i>	<i>Distancia (m)</i>	<i>Frecuencia de sprints</i>	<i>Frecuencia de todas las acciones de intensidad máxima</i>
Christians	1966	3 – 10	----	100	----
Zelenka	1967	----	5 – 10	----	----
Saltin	1973	----	10.4	----	----
Brooke & Knowles	1974	----	10.4	52	----
Reilly & Thomas	1976	----	15	± 60	----
Tálaga	1979	----	10 – 15	30 – 60	----
Whiters y cols	1982	3 – 6	22.4	----	96
Winkler	1985	----	5 – 16	----	60 – 175
Mayhew & Wenger	1985	4.4	----	----	----
Lacour y Chatard	1985	3 – 6	----	100	----
Alvarez del Villar	1985	----	5 – 15	----	----
Sledziewski	1987	2 – 8	10 – 35	----	----
Yamanaka y cols	1988	3 – 4	----	----	----
Bisanz & Gerish	1988	----	0 – 5	----	----
Goubert et Cazorla	1989	1 – 10	5 – 57	15-47	----
Dufour	1990	2 – 3	10 – 15	185	----
De Mata	1992	2 – 6	----	----	175 – 185
Gorostiaga Ayst	1993	----	2 – 30	130	----
Balsom	1993	4 – 6	----	----	----
Pirnay y cols	1993	2 – 3	10 – 20	97 – 102	200
Rebelo	1993a	2-4	7 – 20	50 – 70	150-190
Rebelo	1993b	3.0 ± 1.8	14.3 ± 10.9	82.7 ± 16.6	----
Weineck	1994	----	25	40 – 100	----
Castellano y cols	1996	----	----	89.5 ± 19	214.5±37.83
Bezerra	1997	----	----	140	----
Cazorla et Farhi	1998	----	17.2 ± 0.85	----	107 - 139
Bangsbo	1998	1.8	----	89	----
Godik y Popov	1998	----	----	----	+ 100
Valente y Santos	2002	----	5-20	92±17	----
Martínez y cols	2004	2-3	----	40	----

Como podemos observar la frecuencia con que tienen lugar los sprints en un partido es una parte de la frecuencia con que tienen lugar todas las acciones de máxima intensidad, por tanto sería un error asociar los esfuerzos de alta intensidad sólo con el concepto de sprint o de desplazamiento. Este hecho debe ser tenido en cuenta si queremos que los contenidos del entrenamiento de intensidad máxima respeten las exigencias de la competición.

Refiriéndonos en particular al sprint, en la actualidad, a tenor de los resultados presentados en la tabla 7, este tendría una duración corta de entre 1 y 10 segundos, aunque la mayoría de estos esfuerzos se centrarían en una duración de entre 2 y 4 segundos. A este respecto, existen diferencias en el tiempo medio de los sprints entre jugadores de

Primera División, 1.8 seg, y de Segunda División, 2.2 seg, (Bangsbo, 1998). La distancia que se recorre durante el sprint varía principalmente entre 5 y 20 metros y la frecuencia con que ocurre en el partido se podría situar en torno a las 90 repeticiones, sin embargo, el total de acciones de máxima intensidad se podría situar en el doble.

Por otro lado, también se ha tenido en cuenta, el ratio entre este tipo de esfuerzos y los de baja intensidad (Reilly & Thomas, 1976; Withers, Maricic, Wasilewski & Kelly, 1982; Mayhew & Wenger, 1985; Balsom; 1993; Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Los resultados de estos estudios indican que el ratio se podría situar en la actualidad entre 1:10 y 1:16, es decir, un esfuerzo de alta intensidad por cada 10 ó 16 de baja intensidad. No se han encontrado diferencias significativas entre partidos internacionales sudamericanos y de la Premier League (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

Este tipo de esfuerzos han sido estudiados en función de los puestos específicos (Goubert et Cazorla, 1989; De Mata, 1992; Reilly, 1994a; Konzag, Döbler y Herzog, 1995; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Bangsbo, 1998; Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Los resultados parecen indicar que son los defensas laterales y centrales los que menor número de sprints realizan (Reilly, 1994a; Konzag, Döbler y Herzog, 1995; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996), no obstante, no hay acuerdo sobre si son los delanteros los que más sprints realizan (Goubert et Cazorla, 1989; Bangsbo, 1998), o si son los centrocampistas (Konzag, Döbler y Herzog, 1995; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996). Además, parece que la duración de los sprints de los delanteros es menor que la de los centrocampistas y defensas laterales y centrales (Goubert et Cazorla, 1989). En cuanto a la totalidad de esfuerzos de máxima intensidad, cuando han sido analizados en función del puesto específico (Castellano, Masach y Zubillaga, 1996) se ha encontrado que los centrocampistas son los que mayor número de acciones de este tipo realizan por partido (249.33 ± 25.42), por encima de los delanteros (195 ± 6.08) y de los defensas (191.5 ± 53.03).

Por otra parte, también, se han analizado la duración de todos los esfuerzos de alta intensidad en función del diferente nivel de competición (O'Donoghue, Boyd, Lawlor & Bleakley, 2001), encontrando diferencias significativas entre jugadores de elite (Premier League $2.6 \pm 0.4s$), semiprofesionales (Primera División Irlandesa, $2.5 \pm 0.3s$), y amateurs (equipos B de Irlanda, $3.3 \pm 0.9s$), en cuanto a que la duración de los esfuerzos de alta intensidad es significativamente mayor en la categoría amateur que en los semiprofesionales y profesionales. En contraposición, también ha resultado obvio que la

diferencia entre equipos de diferente nivel competitivo es la intensidad del partido, ya que, los equipos de mayor nivel competitivo tienen más frecuentemente y más extensos periodos de esfuerzo a máxima intensidad (Ekblom, 1986).

**3. INDICADORES FISIOLÓGICOS QUE CARACTERIZAN
EL PERFIL FISIOLÓGICO DEL JUGADOR Y LOS
REQUERIMIENTOS FISIOLÓGICOS DE LA
COMPETICIÓN DE FÚTBOL ▶**

3.1. INTRODUCCIÓN

El fútbol demanda capacidades físicas y fisiológicas a los jugadores, siendo más acentuadas cuanto más elevado es el nivel de competición. Las demandas físicas se relacionan a la vez con los aspectos técnicos del juego y con sus elementos de contacto físico. Las demandas fisiológicas se relacionan principalmente con la intensidad a la cual se juega (Reilly, 1994b).

La aplicación de los análisis de tiempo y movimiento al fútbol proporciona unos medios de registrar objetivamente los acontecimientos en el juego y su interpretación posterior. Sin embargo, este tipo de análisis mejorará de forma sustancial cuando los datos del movimiento van acompañados de las evaluaciones fisiológicas de los acontecimientos. De este modo, una aproximación ergonómica al análisis del movimiento aplicado a los deportes de equipo, como es el caso del fútbol, debe establecer los datos del rendimiento en un contexto fisiológico, de tal modo que podrían determinarse las implicaciones para la valoración del entrenamiento y de las capacidades condicionales (Reilly, 1994a).

Es probable que los principales factores que deciden los ritmos (tiempo) de los movimientos, apoyados por un buen desarrollo de la fuerza muscular, la coordinación motora y los mecanismos de transporte de oxígeno, unidos a la toma de decisión, sean las claves del éxito en el fútbol (Reilly, 1994b).

3.2. SOBRE LA DESCRIPCIÓN FISIOLÓGICA DEL JUGADOR DE FÚTBOL

Todavía no se encuentra determinado el perfil óptimo del jugador de fútbol debido a una serie de factores condicionantes como son: la variedad de tests utilizados, las inherentes dificultades en la comparación de los resultados, y los problemas metodológicos que se afrontan cuando se pretende estudiar una modalidad tan compleja (Tumilty, 1993).

3.2.1. LA COMPOSICIÓN CORPORAL

El estudio de la composición corporal es importante dentro de la condición física de los futbolistas, ya que, en este deporte, el peso corporal debe ser movido repetidamente contra la gravedad en la carrera o en el salto durante el partido (Reilly, 1994b; Casajús, 2001; Strudwick, Reilly & Doran, 2002). Además, se ha sugerido que el porcentaje de grasa corporal, puede influenciar la carga que un jugador debe soportar durante un partido, por tanto un porcentaje bajo creará menor demanda fisiológica (Rico-Sanz, 1997b). No obstante, Kirkendall (1985) defiende que ni la estatura ni una disposición antropométrica especial es un prerrequisito para poder rendir en el fútbol. En este sentido, Ekblom (1986) afirma que las características de peso, talla y porcentaje graso no son determinantes en el futbolista, ya que, el amplio rango que se ofrecen en los datos aportados, hace suponer que no existen unas características cineantropométricas específicas del futbolista. Por tanto, parece que el perfil antropométrico no es un factor primario de selección en el fútbol o un determinante importante en el perfil de la carga de trabajo de los jugadores de fútbol (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

Para analizar la composición corporal se han usado mediciones antropométricas sobre pliegues cutáneos, diámetros óseos, perímetros musculares, peso corporal, y talla (Casajús y Aragonés, 1991; Tokmakidis, Tsopanakis, Tsarouchas, Kioussis & Hadjikonstantinou, 1992; Brewer & Davis, 1992; Davis, Brewer & Atkin, 1992; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Rodríguez, Iglesias y Tapiolas, 1996; Tíryakí y cols, 1997; Casajús y Aragonés, 1997; Dunbar & Power, 1997; Mercer, Gleeson & Mitchell, 1997; García, Villa y Moreno, 1999; Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000; Casajús, 2001; Filaire, Bernain, Sagnol & Lac, 2001b; Strudwick, Reilly & Doran, 2002; Santos, Costa y Appell, 2002).

A partir de los datos proporcionados por estas mediciones, se han aplicado diferentes fórmulas para estimar el porcentaje de peso graso: se ha utilizado la ecuación de Carter (Casajús y Aragonés, 1997; Casajús, 2001), la fórmula de Faulkner (Casajús y Aragonés, 1991), la fórmula de Yuhasz (Rodríguez, Iglesias y Tapiolas, 1996; García, Villa y Moreno, 1999), la ecuación de Green (Tíryakí y cols, 1997), la fórmula de Durnin y Womersley (Brewer & Davis, 1992; Davis, Brewer & Atkin, 1992; Dunbar & Power, 1997; Mercer, Gleeson & Mitchell, 1997; Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000; Filaire, Bernain, Sagnol & Lac, 2001b; Strudwick, Reilly & Doran, 2002), la fórmula de Siri (Santos, Costa y Appell, 2002), y la fórmula de Sloan y Weir (Tokmakidis, Tsopanakis, Tsarouchas,

Kioussis & Hadjikonstantinou, 1992). El razonamiento de las medidas del pánículo adiposo está basado en el hecho de que existe una relación entre la grasa localizada en los depósitos que están directamente por debajo de la piel y la grasa interna y la densidad del cuerpo (McArdle, Katch & Katch, 1990).

Para estimar el porcentaje de peso muscular se ha usado la ecuación de Matiegka (García, Villa y Moreno, 1999), y el método de Martín y cols (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000; Strudwick, Reilly & Doran, 2002).

La muestra que han escogido los diferentes estudios esta compuesta por jugadores profesionales de la Liga Española (Casajús y Aragonés, 1991; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Rodríguez, Iglesias y Tapiolas, 1996; Casajús y Aragonés, 1997; García, Villa y Moreno, 1999; Casajús, 2001), Griegos (Tokmakidis, Tsopanakis, Tsarouchas, Kioussis & Hadjikonstantinou, 1992), Turcos (Tíryakí y cols, 1997), Franceses (Filaire, Bernain, Sagnol & Lac, 2001b), de la Premier League (Brewer & Davis, 1992; Dunbar & Power, 1997; Mercer, Gleeson & Mitchell, 1997; Strudwick, Reilly & Doran, 2002), de la First y Segunda División Inglesa (Davis, Brewer & Atkin, 1992), de Sudamérica (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000), y de los principales campeonatos Portugueses (Santos, Costa y Appell, 2002).

La gran variabilidad encontrada en los resultados de los porcentajes de peso grasa y muscular podría ser debida a los diferentes métodos y fórmulas utilizadas para su cálculo (Gorostiaga Ayestarán, 1993). Este hecho se demuestra en el estudio sobre la Selección Española de la Copa del Mundo de 1990 de Casajús y Aragonés (1991) donde registraron un porcentaje de grasa del $11.16 \pm 1.58\%$ obtenido a través de la fórmula de Faulkner, y del $7.9 \pm 1.3\%$ si se utilizaba la fórmula de Yuhasz. Los porcentajes de grasa medios de jugadores profesionales resultan mucho más bajos si se han estimado usando las fórmulas de Carter, Green, y Yuhasz, en comparación con los obtenidos a través de las fórmulas de Faulkner, de Durnin y Womersley, y de Siri (ver tabla 8).

Tabla 8. Porcentaje de grasa y muscular en jugadores profesionales según distintas fórmulas

<i>Autor</i>	<i>Fórmula PG</i>	<i>Porcentaje PG</i>	<i>Fórmula PM</i>	<i>Porcentaje PM</i>
Casajús y Aragonés, 1991	Faulkner	11.16 ± 1.58%	----	----
Tokmakidis y cols, 1992	Sloan y Weir	9.2 ± 1.6%	----	----
Brewer & Davis, 1992	Durnin y Womersley	11.0 ± 3.1%	----	----
Davis y cols, 1992	Durnin y Womersley	10.5 ± 1.8%	----	----
Rodríguez y cols, 1996	Yuhasz	7.38 ± 1.13%	----	----
Tiryakí y cols, 1997	Green	7.6 ± 0.7%	----	----
Casajús y Aragonés, 1997	Carter	7.9 ± 1.30%	----	----
Dunbar & Power, 1997	Durnin y Womersley	12.6 ± 2.9%	----	----
Mercer y cols, 1997	Durnin y Womersley	16.2 ± 3.4%	----	----
García y cols, 1999	Yuhasz	7.2 ± 0.2%	Matiegka	52.2 ± 0.2%
Rienzi y cols, 2000	Durnin y Womersley	11.6 ± 3.3%	Martín y cols	63 ± 4.0%
Casajús, 2001	Carter	8.2 ± 0.91%	----	----
Filaire y cols, 2001	Durnin y Womersley	11.1 ± 0.3	----	----
Strudwick y cols, 2002	Durnin y Womersley	11.2 ± 1.8%	Martín y cols	62.4 ± 3.3%
Santos y cols, 2002	Siri	11.4 ± 2.6%	----	----

Existen resultados contradictorios sobre si existen diferencias significativas en el porcentaje de peso graso entre jugadores de distinto nivel competitivo, ya que, los estudios de Tiryakí y cols (1997) con jugadores de Primera, Segunda, y Tercera División Turca, de Casajús y Aragonés (1997) con la Selección Española, jugadores de Primera, Segunda, y Segunda División B, y de Santos, Costa y Appell (2002) con jugadores de Primera, Segunda, Tercera y Cuarta División Portuguesa, no las han encontrado. Sin embargo, García, Villa y Moreno (1999) determinan un menor porcentaje graso en los jugadores profesionales (7.2 ± 0.2%) con respecto a los amateurs (8.2 ± 0.2%), debido fundamentalmente a un menor acumulo de grasa en las extremidades, al igual que Dunbar & Power (1997) entre jugadores profesionales y de Tercera División o jugadores de categoría júnior, y Brewer & Davis (1992) entre jugadores profesionales (11.0 ± 3.1%) y jugadores semi-profesionales (15.2 ± 3.7%) de la Liga Inglesa.

Por otro lado, Gorostiaga Ayestarán (1993) considera que la gran amplitud de rango que se ofrece en los resultados puede ser debida a que las solicitudes exigidas en el fútbol son distintas según la posición de campo ocupada. No obstante, no se han encontrado diferencias significativas entre los distintos puestos específicos exceptuando a los porteros (Davis, Brewer & Atkin, 1992; Casajús y Aragonés, 1997; García, Villa y Moreno, 1999; Santos, Costa y Appell, 2002). Además, se ha constatado un descenso importante del porcentaje de tejido adiposo entre el comienzo de la pretemporada y su finalización con unos valores medios del 17.3 ± 3.7% y del 16.2 ± 3.4% respectivamente (Mercer, Gleeson & Mitchell, 1997), y entre el comienzo de la temporada y el comienzo de la

segunda parte de la temporada con unos porcentajes medios del $8.6 \pm 0.91\%$ en el primer test y del $8.2 \pm 0.91\%$ en el segundo test (Casajús, 2001).

Con respecto al peso muscular, se ha observado un patrón antropométrico de mayor desarrollo muscular cuanto mayor es el nivel deportivo, ya que, se han determinado diferencias significativas entre los jugadores de 1ª División y de la Selección Española con respecto a los jugadores de 2ª División y 2ª División B (Casajús y Aragonés, 1997). También se han mostrado porcentajes medios de masa muscular más altos en jugadores profesionales ($52.2 \pm 0.2\%$) que en amateurs ($51.5 \pm 0.3\%$) y en los defensas centrales y delanteros, respecto del resto de jugadores (García, Villa y Moreno, 1999).

Por último, se encontró una correlación significativa entre el peso corporal y la masa muscular y la totalidad de la distancia recorrida. Este hecho implicaría que los jugadores con mayor masa muscular pueden mantener un mayor ritmo de trabajo a lo largo de todo el partido, reduciendo los periodos donde esta parado y los de recuperación a baja intensidad (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

3.2.2. LA COMPOSICIÓN DE LAS FIBRAS MUSCULARES

Otro de los indicadores fisiológicos que puede caracterizar al rendimiento en el futbolista es la composición de sus fibras musculares. Estos estudios, aunque son difíciles de realizar, cada vez son tenidos en más consideración para definir de forma más exacta el biotipo del futbolista.

De forma general, y siguiendo a González Badillo y Gorostiaga Ayestarán (1995), podemos decir que la clasificación de las fibras musculares dependerá del tipo de miosina (isoforma) que tengan sus sarcómeros, es decir, la miosina que es capaz de hidrolizar rápidamente el ATP (unas 600 veces por segundo) se denominará miosina rápida, y la miosina que sólo puede hidrolizar ATP unas 300 veces por segundo se denominará miosina lenta. Además, existe un tercer tipo de miosina que puede hidrolizar el ATP a una velocidad intermedia entre la miosina rápida y la lenta. Según Pette (2002), el gran potencial de adaptación de las fibras musculares esqueléticas resulta de la posibilidad que tienen las fibras musculares de ajustar sus propiedades moleculares, funcionales y metabólicas a las demandas a las que son sometidas. Dependiendo de la cantidad, intensidad, y duración de los esfuerzos demandados, las fibras podrían ir en la dirección funcional de lentas a rápidas,

tan bien como en una transición metabólica en dirección de aeróbicas oxidativas a glucolíticas. El máximo rango de transición posible en cada una de las direcciones dependerá del genotipo de la fibra y de como esté determinada en la localización inicial en el espectro fibrilar.

Las características morfológicas de los músculos más requeridos en el fútbol han sido determinadas por análisis histoquímicos de tejido muscular obtenidos por la técnica de biopsia muscular (Smaros, 1980; Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson & Houghton, 1982; Bangsbo & Mizuno, 1988; Apor, 1988; Kuzon y cols, 1990; Bangsbo & Lindquist, 1992; Montanari, 1992), y también han sido estimadas por métodos indirectos, a través del test de Bosco (Bosco, 1991; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996). A priori, se espera una combinación equilibrada de los distintos tipos de fibra muscular en los jugadores de máximo nivel, ya que, el perfil de la actividad en el fútbol es compatible tanto con las características musculares de las fibras lentas (ST) como de las fibras rápidas (FT) (Reilly, 1994b). No obstante, los resultados de los diferentes estudios (tablas 9 y 10) muestran de forma clara que los jugadores presentan un mayor porcentaje de fibras rápidas (FT) en el vasto lateral, y una tendencia hacia un mayor porcentaje de fibras lentas (ST) en el gastrocnemio. Estos resultados confirman el hecho de que la distribución de los tipos de fibras musculares varía en función del músculo esquelético tomado como muestra (Reilly, 1994b), es decir, la composición de las fibras musculares varía, en un mismo sujeto, en relación al músculo que analicemos y la función que éste tenga asignada (García Manso, Navarro Valdivielso y Ruiz Caballero, 1996). Además, se ha encontrado en los futbolistas una discreta presencia de fibras tipo IIc (6.7% del total de fibras de tipo II), estas fibras de tipo embrionario y totipotenciales, son normalmente un hallazgo de tipo ocasional y testimonian la presencia de una gran actividad regenerativa a nivel muscular (Montanari, 1992).

Tabla 9. Distribución de los diferentes tipos de fibra de los músculos Vasto Lateral y Gastrocnemio en jugadores de elite

<i>Autor</i>	<i>Muestra</i>	<i>ST</i>	<i>FT IIa</i>	<i>FT IIb</i>
Smaros, 1980	Vasto lateral	47%	53%	
Jacobs y cols, 1982	Vasto lateral	40.2%	59.8 ± 10.6%	
Apor, 1988	Vasto lateral	48.6 ± 3.3%	----	----
Kuzon y cols, 1990	Vasto lateral	48.4 ± 17.1%	32.2 ± 15%	19.4 ± 11.9%.
Montanari, 1992	Vasto lateral	34.5%	39.8%	21.4%
Apor, 1988	Gastrocnemio	55.8 ± 4.44%	----	----
Bangsbo & Mizuno, 1988	Gastrocnemio	55.9%	39.8%	4.4%
Bangsbo & Lindquist, 1992	Gastrocnemio	48.5 (34.6-61.0)%	44.1 (32.0-65.4)%	7.4 (0.3-18.7)%

Por otro lado, al comparar estos resultados con los de la población sedentaria no se encontraron diferencias significativas en cuanto al porcentaje del tipo de fibras ni en cuanto al diámetro de las mismas. Sin embargo, todos los valores obtenidos tendían a ser mayores en los jugadores que en la población sedentaria (Kuzon y cols, 1990).

Tabla 10. Áreas ocupadas por los diferentes tipos de fibra de los músculos Vasto Lateral y Gastrocnemio en jugadores de elite

<i>Autor</i>	<i>Muestra</i>	<i>ST</i> (μm^2)	<i>FT IIa</i> (μm^2)	<i>FT IIb</i> (μm^2)
Jacobs y cols, 1982	Vasto lateral	5.486 \pm 850	6.976 \pm 1198	
Apor, 1988	Vasto lateral	4.007 \pm 419	4.300 \pm 483	
Apor, 1988	Gastrocnemio	2.848 \pm 295	3.770 \pm 415	
Kuzon y cols, 1990	Vasto lateral	6.289 \pm 1.554	7.924 \pm 1.950	7.473 \pm 1.932
Bangsbo y Lindquist, 1992	Gastrocnemio	4.871 (3.727-6.301)	6.153 (4.468-8.215)	6.362 (4.506-8.851)

El área ocupada por las fibras FT (IIa y IIb) es mayor, en ambos casos, que su proporción con respecto a las fibras de tipo ST (Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson & Houghton, 1982; Apor, 1988; Bangsbo & Mizuno, 1988; Kuzon y cols, 1990, Bangsbo & Lindquist, 1992), tal y como se demuestra en la tabla 9. Este hecho unido a la mayor sección transversal que presentan las fibras FT (tipo I $73.7 \pm 10.5\mu\text{m}^2$; tipo IIa $82.5 \pm 13.1\mu\text{m}^2$; y tipo IIb $82.6 \pm 10.6\mu\text{m}^2$) sugiere la idea de un mayor índice de utilización de este tipo de fibras en los futbolistas profesionales (Kuzon y cols, 1990). Sin embargo, no debemos caer en el error de encasillar al futbolista, como si de un velocista se tratara, ya que, el porcentaje de fibras FT IIb, puramente de velocistas, es mucho menor que el de las fibras FT IIa, de características intermedias, lo que demuestra una tipificación con cierta prevalencia de este tipo de fibras, caracterización metabólica de un atleta discretamente explosivo y sobretodo resistente a la velocidad sin los picos elevadísimos propios de esta cualidad (Montanari, 1992).

La distribución de los tipos de fibras en el futbolista podría reflejar un rol posicional (Reilly, 1994b). En este sentido, Parente y cols (en Rico-Sanz, 1997b) encontraron que los defensas tenían una proporción más alta de ST y FTb comparada con FTa, mientras que los centrocampistas tenían relativamente una distribución más alta de fibras lentas que cualquiera de las subpoblaciones de FT, y los delanteros una distribución similar de los tres tipos de fibras. Los datos de esta manera sugerían que quizá los centrocampistas tengan mayor capacidad oxidativa muscular comparado con los defensores y los delanteros.

Por último, Bosco (1991) utilizando un método indirecto no traumático, denominado test de Bosco, cuyo margen de error con la Biopsia no supera el 3-5%, estimó un porcentaje medio del 55% de fibras FT en 22 futbolistas profesionales. Estos resultados están en consonancia con los obtenidos a través de las biopsias musculares, lo que de alguna manera podría validar los datos obtenidos por medio de este test.

3.2.3. LA CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS Y GLUCÓGENO EN EL MÚSCULO

Han sido relativamente pocos estudios fisiológicos los que han medido los niveles de energía en el músculo en jugadores de fútbol. Estos estudios han empleado el análisis bioquímico de biopsias musculares, lo que podría representar ciertos problemas si se realiza de forma repetitiva (Rico-Sanz, Zehnder, Buchli, Kühne & Boutellier, 1999).

El método que se sugiere utilizar en la actualidad, consiste en utilizar la resonancia magnética espectroscópica (^{31}P - and ^{13}C -MRS), con la ventaja de ser un método no invasivo. Este método se ha utilizado para determinar las concentraciones de ATP, PC, glucógeno y Pi en el gastrocnemio de la pierna dominante de 18 jugadores de fútbol de elite Suizos (Rico-Sanz, Zehnder, Buchli, Kühne & Boutellier, 1999). Los resultados de este estudio indican un valor medio de 144 ± 54 mmol/kg de glucógeno muscular, 6.0 ± 1.2 mmol/kg de ATP, 17.8 ± 3.3 mMol/kg de PC, y 2.6 ± 1.0 mMol/kg de Pi.

El valor medio del glucógeno muscular se encuentra más alto que los valores ofrecidos por Ekblom (1986), Saltin (1973), Smaros (1980) y Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson & Houghton (1982) con un rango de entre 72 y 96 mMol/kg, utilizando como método el análisis bioquímico de la biopsia muscular del vasto lateral. Esta diferencia puede ser debida principalmente al diferente músculo estriado escogido para la muestra y al diferente tipo de método empleado.

Por otro lado, el amplio rango del valor del glucógeno muscular observado en el estudio de Rico-Sanz, Zehnder, Buchli, Kühne & Boutellier (1999), puede ser, en parte, influenciado por la capacidad de depósito del glucógeno en los diferentes tipos de fibra muscular. Las concentraciones de ATP y PC obtenidas mediante la resonancia magnética espectroscópica, están de acuerdo con los valores presentados por otros autores que usan el análisis bioquímico de la biopsia muscular (Rico-Sanz, Zehnder, Buchli, Kühne & Boutellier, 1999).

También se ha observado una alta correlación entre las concentraciones de ATP y PC que podrían indicar que los jugadores con altas concentraciones de ATP y PC podrían tener un mayor porcentaje de fibras FT. No obstante no se ha encontrado ninguna correlación entre la concentración de glucógeno y la concentración de ATP o de PC (Rico-Sanz, Zehnder, Buchli, Kühne & Boutellier, 1999).

3.2.4. LA POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA

La potencia anaeróbica puede definirse como la máxima tasa de producción de energía anaeróbica durante un ejercicio de gran intensidad y corta duración. Los tests de potencia anaeróbica usualmente duran hasta 15 segundos y se registra la producción máxima de trabajo durante diferentes tipos ejercicio (Balsom, 1993).

Han sido varios los métodos usados para estimar la potencia anaeróbica máxima o potencia mecánica máxima de los futbolistas: el test de sprint en cicloergómetro (Ekblom, 1986), el stair run test de Margaria-Kalamen (White, Emery, Kane, Groves & Risman, 1988), el Ergojump 15s, 15 segundos de saltos continuados sin interrupción (Faina y cols, 1988; Apor, 1988; Bosco, 1991; Montanari, 1992; Portolés, 1996; Casajús, 1999; Casajús, 2001), test de sprint en cinta transportadora (Chatard y cols, 1991), salto vertical y estimación a través del Nomograma de Lewis (Tíryakí y cols, 1997; Cazorla et Farhi, 1998), test de Margaria (Apor, 1988; Bhanot, 1988), y batería de test: sprint sobre 10 y 30 metros; salto vertical en ergojump (SJ y CMJ); y rendimiento en el golpeo de balón, medido en función de la velocidad que alcanza el balón (Cometti, Maffiuletti, Pousoon, Chatard & Maffulli, 2001).

Los resultados desprendidos de los diferentes métodos utilizados para tal fin son difícilmente comparables entre sí, tal y como demuestra el hecho de que los valores registrados por Luhtanen (1989) en 48 futbolistas profesionales finlandeses, con metodología Ergojump 15s eran sensiblemente superiores (25.2 W/kg) a los registrados en los mismos jugadores, si se evaluaba la potencia anaeróbica aláctica mediante el test de Margaria (15.0 W/kg). Este hecho también puede observarse en la tabla 11, donde los registros realizados con otros tests muestran valores sensiblemente inferiores a los registrados con metodología Ergojump.

Tabla 11. Potencia anaeróbica máxima (en W/kg) en jugadores de elite

Autor	Muestra	Método	Valor medio (W/Kg)
Ekblom, 1986	Profesionales Suecos	Sprint en cicloergómetro	13.5 ± 1.3
White y cols, 1988	17 profesionales Ingleses	Test Margaria-kalamen	16.9
Faina y cols, 1988	18 profesionales	Ergojump 15s	25.1 ± 2.5
Apor, 1988	17 Juveniles de elite	Ergojump 15s	24.77 ± 0.73
Bhanot, 1988	84 jugadores Indios	Test de Margaria	17.6
Bosco, 1991	18 profesionales Italianos	Ergojump 15s	26.8
Bosco, 1991	58 profesionales Italianos	Ergojump 15s	27.3
Dal Monte y cols, 1988	23 profesionales Italianos	Ergojump 15s	26.5
Luhtanen, 1989	Profesionales Finlandeses	Ergojump 15s	25.2
Luhtanen, 1989	Profesionales Finlandeses	Test de Margaria	15.0
Chatard y cols, 1991	Profesionales Franceses	test de sprint en cinta rodante	± 18
Chatard y cols, 1991	Selección Camerunesa	test de sprint en cinta rodante	16
Montanari, 1992	10 profesionales	Ergojump 15s	27.5 ± 2
Portolés, 1996	profesionales Españoles	Ergojump 15s	26 (20.1 – 30.3)
Cazorla et Farhi, 1998	11 profesionales Franceses	Salto vertical	17.13 ± 0.91
Casajús, 1999	profesionales Españoles	Ergojump 15s	25.3 ± 3.50
Casajús, 2001	15 profesionales Españoles	Ergojump 15s	27.8 ± 2.9

Comparando sólo los resultados procedentes de la metodología Ergojump, podemos estimar un valor de potencia anaeróbica máxima para jugadores profesionales de entre 25 y 27.8 W/kg. Estos valores, podrían sufrir un ligero incremento a lo largo de la temporada, ya que, Casajús (2001) ha evidenciado un incremento de 1.7 W/kg desde un primer test realizado a comienzos de la temporada (26.1 ± 3.7 W/kg), a un segundo test realizado al comienzo de la segunda parte de la temporada (27.8 ± 2.9 W/kg), aunque las diferencias no fueron significativas. Estos resultados, según Montanari (1992), parecen responder más a las características fisiológicas de un atleta, que por necesidades del deporte practicado, debe sacar mucho partido de sus capacidades explosivas.

Por otro lado, el valor medio obtenido en jugadores del más alto nivel competitivo resulta superior al obtenido en jugadores de menor nivel competitivo con cualquier metodología utilizada (Faina y cols, 1988; Apor, 1988; Tíryakí y cols, 1997; Casajús, 1999). En este sentido, tras comparar los resultados de potencia anaeróbica máxima, medida a través de una batería de test, en jugadores profesionales de primera y segunda división y jugadores amateurs, Cometti, Maffiuletti, Pousoon, Chatard & Maffulli (2001) concluyeron que la prueba más indicativa del nivel de juego, en este apartado, es la de sprint sobre 10 metros.

Por último, con respecto a los puestos específicos resultan ser los delanteros los que mayor potencia muscular máxima presentan con 17 W/kg, obteniendo los defensas valores muy similares con 16.7 W/kg, luego vendrían los centrocampistas con 16 W/kg, y por último los porteros con aproximadamente 15 W/kg (Chatard y cols, 1991).

3.2.5. EL CONSUMO MÁXIMO DE O₂

A la cantidad máxima de energía que puede suministrar el metabolismo aeróbico, por unidad de tiempo, se la denomina potencia aeróbica máxima. La potencia aeróbica máxima se mide determinando el VO₂máx, puesto que existe una relación lineal entre el VO₂ y la cantidad de energía suministrada al aparato contráctil por el metabolismo aeróbico (López Calbet, 1997). Este parámetro parece no constituir un factor preponderante en la prestación del futbolista, ya que, su capacidad de trabajo no está necesariamente condicionada por él (Garganta, 1997). Además este parámetro es evaluado de forma habitual en condiciones que no se asemejan, en lo esencial, a la actividad que el jugador desenvuelve en el partido (Ekblom, 1986). No obstante, el VO₂máx parece constituir un argumento que beneficia la prestación del futbolista de una forma indirecta, en la medida en que viabiliza una recuperación más rápida entre esfuerzos, retarda la aparición de la fatiga y permite mantener el desempeño de elevada intensidad (Garganta, 1997), ya que, el VO₂máx define la capacidad de un jugador para sostener un ritmo elevado de juego (Chatard y cols, 1991), entendiendo que cada deportista tiene su perfil fisiológico, lo que conduce a ser cauto en la interpretación y uso de la información obtenida (Gómez y Soto, 2004).

En cualquier caso, es un parámetro que ha sido tenido en mucha consideración a tenor de los numerosos estudios que lo han medido a través de diversos métodos.

Entre los diferentes métodos utilizados para evaluar el consumo máximo de oxígeno se encuentran las pruebas de esfuerzo de laboratorio en cinta rodante (Hollmann y cols, 1981; Dickhuth, Simon, Bachl, Lehmann & Keul, 1981; Kindermann, 1983; Ekblom, 1986; Apor, 1988; Faina y cols, 1988; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein, 1988; Bangsbo & Mizuno, 1988; Verstappen & Bovens, 1989; Medelli, Jullien et Freville, 1989; Chatard y cols, 1991; Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1992; Bangsbo & Lindquist, 1992; Jiménez, Mendiluce y Ostolaza, 1993; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Rodríguez, Iglesias y Tapiolas, 1996; Wisløff, Helgerud & Hoff, 1998; Aziz, Chia & Teh, 2000; Casajús, 2001; Santos, Costa y

Appell, 2002; Gómez y Soto, 2004), las pruebas de esfuerzo de laboratorio en cicloergómetro (Dickhuth, Simon, Bachl, Lehmann & Keul, 1981; Eclache, Viret, Quard et Ferret, 1981; Vogelaere, Balagué y Martínez, 1985; González Iturri y Fernández de Prado, 1987; Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein, 1988; White, Emery, Kane, Groves & Risman, 1988; Fornaris y cols, 1989; Gómez Perlado, 1991;), la estimación indirecta a través del monograma de Anstrand-Rhyming (Georgescu y Motroc, 1984), y los tests de campo (Brewer & Davis, 1992; Davis, Brewer & Atkin, 1992; Dunbar & Power, 1997; Tíryakí y cols, 1997; Mercer, Gleeson & Mitchell, 1997; Strudwick, Reilly & Doran, 2002). No obstante, debemos considerar que los resultados de la mayoría de estos estudios no pueden ser comparados directamente debido a que existen grandes diferencias en el tipo de ejercicio realizado (cicloergómetro o carrera en tapiz rodante), en el protocolo, el método de medida, etc. (Gorostiaga Ayestarán, 1993)

De todos los ergómetros, la cinta rodante es el más apropiado en la evaluación de jugadores de fútbol (Casajús, 2001), ya que, en este tipo de esfuerzos máximos, es necesario reproducir en el laboratorio el tipo de ejercicio físico habitual, que en el caso del fútbol es la carrera (Potiron-Josse, Hubert, Ginet et Suaudeau, 1980). Además, Krümmelbein, Buhl, Cai & Nowacki (1989) han confirmado que con la ayuda de un test ergométrico de tapiz rodante específico para el deporte en cuestión pueden conseguirse valores significativamente más altos en comparación con los métodos tradicionales. Por tanto, vamos a centrar los resultados, presentados en la tabla 12, en las evaluaciones realizadas a partir de pruebas de esfuerzo en cinta rodante, sin embargo, debido a los diferentes protocolos utilizados para determinar el $VO_{2m\acute{a}x}$, los resultados deben ser comparados con la debida precaución.

Tabla 12. Consumo máximo de oxígeno relativo determinado a través de pruebas de esfuerzo en laboratorio en cinta rodante

<i>Autor</i>	<i>Muestra (número y nivel de competición)</i>	<i>Valor relativo (ml/kg/min)</i>
Reilly & Thomas, 1976	Premier League	66.0
Dickhuth y cols, 1981	14 de 1ª División Alemana	58.4
Hollmann y cols, 1981	21 Profesionales del Equipo Nacional Aleman	62.02 ± 4.49
Kindermann, 1983	2ª División Alemana	61.5 ± 4.0
Kindermann, 1983	Regional amateur Alemana	60.1 ± 3.4
Eklom, 1986	1ª División Sueca	61
Apor, 1988	Ujpesti Dózsa de 1ª División Húngara	66.6 ± 3.8
Faina y cols, 1988	27 profesionales Italianos	58.94 ± 6.13
Faina y cols, 1988	6 amateurs Italianos	64.1 ± 7.2
Van Gool y cols, 1988	7 universitarios Belgas	66.4 ± 4.5
Nowacki y cols, 1988	TSV Battenberg de Tercera División Alemana	69.2 ± 7.8
Bangsbo & Mizuno, 1988	4 semiprofesionales Daneses	66.2 (57.9 - 75.2)
Verstappen & Bovens, 1989	30 de 1ª División Holandesa	68 ± 5
Medelli y cols, 1989	11 de 2ª División Francesa	61
Chatard y cols, 1991	Profesionales y amateurs AS St Etienne	61
Bangsbo y cols, 1991	14 profesionales Daneses	60.6 ± 1.0
Bangsbo y cols, 1992	7 profesionales Daneses	60.6 (56.0 - 65.1)
Bangsbo & Lindquist, 1992	20 Profesionales Daneses	60.9 (51.7 - 68.4)
Jiménez y cols, 1993	40 de categoría juvenil	59.1 ± 4.4
Castellano y cols, 1996	20 profesionales del Deportivo Alavés	59.71 ± 5.78
Rodríguez y cols, 1996	22 profesionales Españoles	59.73
Wisløff y cols, 1998	14 profesionales del Rosenborg Noruego	67.6 ± 4.0
Wisløff y cols, 1998	15 profesionales de Strindheim Noruego	59.9 ± 4.1
Aziz y cols, 2000	40 del Equipo Nacional de Singapur	58.0 ± 4.9
Casajús, 2001	15 profesionales Españoles	66.5 ± 7.6
Santos y cols, 2002	44 profesionales Portugueses	58.0 ± 6.2
Gómez y Soto, 2004	22 Profesionales Sevilla FC	55.77 ± 3.85

Es necesario tener en cuenta que estos protocolos hacen mención a su condición de maximales hasta el agotamiento, con un aumento de la intensidad (velocidad de carrera) cada 2 ó 3 minutos, y registro durante el transcurso de la prueba de la FC, y de los gases espirados, mediante analizadores debidamente calibrados, tal y como propone Montanari (1992) para poder estudiar a fondo las dotes de resistencia del futbolista. No obstante, la principal diferencia entre ellos radica en si la prueba es continua o en si en el transcurso de ella tienen lugar pausas para la toma de lactato.

Los resultados de los estudios presentados en la tabla 12 parecen apuntar a que los jugadores de fútbol profesionales deberían presentar un valor mínimo de consumo máximo de oxígeno de 60 ml/kg/min. Este valor es muy similar al que obtienen Brewer & Davis (1992), Dunbar & Power (1997), Mercer, Gleeson & Mitchell (1997) y Strudwick, Reilly & Doran (2002) con jugadores profesionales de la Premier League y de la First División, a través de un test maximal indirecto de carrera continua sobre 20 m ("20-m shuttle run test":

59.8 ± 3.9; 60.7 ± 2.9; 62.6 ± 3.8; y 59.4 ± 6.2 ml/kg/min, respectivamente), y también al que obtienen Davis, Brewer & Atkin (1992) con el multistage fitness test en jugadores de First y Segunda División Inglesa (60.4 ± 3.0 ml/kg/min). Estos datos nos llevan a plantearnos si resulta imprescindible determinar los valores exactos del VO₂máx, que requeriría de un equipo de laboratorio, personal cualificado y sobretodo una cantidad de tiempo que muchas veces no se dispone en este deporte, o si por el contrario un test de campo específico, que no necesite de sofisticados implementos, que permita testar varios jugadores en una misma sesión y que nos ofrezca valores aproximados a los obtenidos en laboratorio, nos aporta la suficiente información para desarrollar el entrenamiento condicional.

Por otro lado, los diferentes roles que adoptan los jugadores en competición hacen que los valores de consumo máximo de oxígeno puedan sufrir ciertas modificaciones, ya que, Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein (1988) observaron que el puesto específico que ocupa el jugador determina los valores registrados en él, debido a que el consumo máximo de oxígeno que determinaron para P. Breitner, lateral izquierdo en 1974, fue de 66.4 ml/kg/min, mientras que en 1982 este mismo jugador, jugando de defensa central, obtuvo en su test de esfuerzo máximo un valor de 60.7 ml/kg/min. Ambos test fueron realizados con idéntica metodología. En este sentido, son los centrocampistas los que presentan valores más altos de VO₂máx que el resto de puestos específicos (Faina y cols, 1988; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Chatard y cols, 1991; Davis, Brewer & Atkin, 1992; Reilly, 1994b; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Wisløff, Helgerud & Hoff, 1998; Santos, Costa y Appell, 2002). Además de los centrocampistas también se ha señalado a los defensas laterales como los roles posicionales con mayores valores de consumo máximo de oxígeno (Reilly, Bangsbo & Franks, 2000).

El VO₂máx puede estar determinado también por la competición, ya que, los jugadores habituales presentan un consumo máximo de oxígeno mayor que los reservas (González Iturri y Fernández de Prado, 1987). Del mismo modo, también puede estar determinado por el momento de la temporada, debido a que existe un incremento acusado en el valor medio del consumo máximo de oxígeno de los jugadores entre el comienzo de la pretemporada y su finalización (Mercer, Gleeson & Mitchell, 1997), así como un ligero incremento entre el comienzo de la temporada y el comienzo de la segunda parte de la temporada (Casajús, 2001), e incluso entre el comienzo de la temporada y la finalización de la temporada (González Iturri y Fernández de Prado, 1987). Sin embargo, también se ha determinado una reducción del 3% del VO₂máx de los jugadores estudiados, a mitad de

temporada, con respecto a los resultados obtenidos después de la pretemporada (Medelli, Jullien et Freville, 1989).

Apor (1988) ha sugerido que puede existir una correlación positiva entre una elevada potencia aeróbica máxima y el éxito en el fútbol, citando estudios de la liga de Primera División Húngara, donde la clasificación final era igual a la clasificación en función del parámetro consumo máximo de oxígeno (1° Ujpesti Dózsa 66.6 ml/kg/min; 2° FTC 64.3 ml/kg/min; 3° Vasas SC 63.3 ml/kg/min; 5° Honvéd SE 58.1 ml/kg/min), manifestando la diferencia que existía entre los valores de VO₂max de jugadores con diferentes niveles competitivos, presentando valores de VO₂max más altos los jugadores de mayor nivel competitivo. En esta misma línea, Wisløff, Helgerud & Hoff (1998) determinaron diferencias significativas entre el consumo máximo de oxígeno del Rosenborg (67.6 ± 4.0 ml/kg/min), campeón de la Liga Noruega y el Strindheim (59.9 ± 4.1 ml/kg/min), último clasificado. También Bauer y Ueberle (1988) establecieron diferencias señalables tras comparar los resultados del Equipo Nacional de Alemania participante en el campeonato del Mundo de 1978 (62.02 ± 4.49 ml/min/kg), y los de jugadores de Segunda División (61.5 ± 4.0 ml/min/kg) y de categoría Regional amateur (60.1 ± 3.4 ml/min/kg), obtenidos todos ellos en cinta rodante.

No obstante, Chatard y cols (1991), Brewer & Davis (1992) Dunbar & Power (1997), Tíryakí y cols (1997), Santos, Costa y Appell (2002), y Gómez y Soto (2004) no encontraron diferencias significativas entre los resultados de consumo máximo de oxígeno de jugadores de diferente nivel competitivo (1ª división, 2ª división, amateurs, y juveniles de división de honor), utilizando idéntica metodología, e incluso se han obtenido valores de consumo máximo de oxígeno ligeramente superiores en jugadores amateurs (Faina y cols, 1988; Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein, 1988). Este hecho pudiera deberse a un mayor rendimiento técnico y a una manera de jugar más económica, sobre todo hacia el final de los partidos (Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein, 1988).

Lo que sí se ha conseguido establecer es una correlación positiva y significativa entre el máximo consumo de oxígeno y la distancia total cubierta en el transcurso de los partidos por los jugadores (Bangsbo & Lindquist, 1992; Reilly, 1994b). Este hecho resulta lógico, ya que, son los centrocampistas los que mayor distancia cubren en un partido de fútbol, los que mayores valores de consumo máximo de oxígeno obtienen en los tests, y los que parecen tener una distribución fibrilar de los músculos más oxidativa. En este sentido, también se ha encontrado una correlación positiva entre el consumo máximo de oxígeno y la

aptitud para resistir el deterioro en la velocidad del esprint, de duración y distancia fijada, durante un partido de entrenamiento (Tumilty, 1993).

Otros estudios sobre parámetros que pueden afectar al VO₂máx en futbolistas han sido los referentes al transporte de oxígeno. Estudios de la hemoglobina y el hematocrito en futbolistas profesionales tienden a caer dentro de un intervalo de valores normal. Siendo probable que estos factores hematológicos contribuyan a los moderadamente elevados valores de Potencia Aeróbica de los futbolistas de elite, aunque no se halla establecido los estándares hematológicos para los niveles elevados de juego (Reilly, 1994b).

3.2.6. LOS MECANISMOS FISIOLÓGICOS DE LA PERCEPCIÓN

Un indicador más del perfil fisiológico del jugador que podemos tener en cuenta y que ha sido objeto de estudio en la literatura, es el referente a los mecanismos fisiológicos perceptivos. Fradua, Roales y Raya (2002) consideran que el aspecto perceptivo sirve para una mejor captación de la información de lo que ocurre en el entorno y en consecuencia, poder actuar de forma efectiva, es decir, los procesos perceptivos influirán enormemente en los comportamientos.

El estudio de este indicador se debe a que una correcta y rápida percepción es solicitada en la competición de manera continuada, debido a que no cesan de aparecer escenarios motores inestables (Lasierra y Lavega, 1993). La toma de información y su tratamiento en el ámbito de los deportes de equipo es un componente del todo esencial del comportamiento del deportista pero a la vez es el que se presta menos a un análisis y experimentación científicos (Pinaud, 1998). Sin embargo, parecen revelarse como factores importantes en la preparación del futbolista. En este sentido, se ha manifestado la importancia que para el jugador tiene el disponer de un gran campo de visión y una rápida y correcta percepción de la situación de juego como base para obtener buenos resultados (Apor, 1988).

Dentro de los mecanismos fisiológicos perceptivos se han estudiado las exigencias visuales, ya que, el fútbol está entre las 5 tareas deportivas con mayores exigencias visuales, específicamente, en cuanto a agudeza visual, motilidad ocular, estereopsis, tiempo de reacción y visión periférica (Berrada, en Fradua, 1997). Por tanto, dentro de las habilidades perceptivas, podrían ser útiles, las pruebas relacionadas con el campo de visión,

la velocidad de reacción, la velocidad de reacción compleja, y la rapidez de la toma de decisión (Luhtanen, 1994).

Sobre la velocidad de reacción se ha demostrado que los futbolistas de Primera División Inglesa eran más rápidos que los valores normales, no observándose diferencias significativas entre jugadores de campo y porteros, ni entre reservas y titulares. Este hecho sugería la idea de que el jugador altamente entrenado tenía capacidad para hacer e interpretar situaciones complejas rápidamente y para iniciar acciones decisivas (Reilly, 1994b). Más concretamente, Bueno, Montes, Candel, Tárrega y Giner (2000a) compararon a jugadores (n = 53) del Valencia CF de diferentes categorías, y a personas (n = 75) no practicantes de manera habitual de fútbol, con respecto a las diferencias en el tiempo de reacción ojo-mano y ojo-balón. Los resultados demostraron que los tiempos de reacción ojo-mano y ojo-balón son menores en los jugadores de fútbol que en los no jugadores, existiendo además variaciones significativas entre los porteros y los jugadores de campo.

También se ha analizado la influencia que el esfuerzo físico anaeróbico pueda tener en el tiempo de reacción visual, entendido como la capacidad y velocidad de recibir información visual por parte de un sujeto y dar una respuesta motora precisa y apropiada en el mínimo tiempo posible (Arteaga, Torre y Delgado, 2002). Los resultados indican que la fatiga debida a esfuerzos de tipo anaeróbico no produce un aumento del tiempo de reacción visual. No obstante, los resultados de este estudio no deben ser extrapolados de manera directa al ámbito del rendimiento en los JDC, ya que, en este caso se está valorando el tiempo de reacción visual sobre una acción sencilla de muy poca complejidad, caso contrario de lo que acontece en los JDC en general y en el fútbol en particular, donde cada acción que realiza el jugador implica una o varias tomas de decisión dentro de un contexto de enorme complejidad.

Dentro de este apartado, la visión periférica se ha erigido como un importante prerequisite para triunfar en el fútbol. Singer (1972) cita referencias al respecto de 84.5° de ángulo de visión, para atletas, comparados con los 71.25° para personas sedentarias. Otros estudios, incluso han tratado de relacionar la visión periférica y las lesiones en futbolistas americanos, lo que podría tener cierta relevancia en el fútbol, no hallándose relación alguna (Reilly, 1994b). Además, Sanderson (1974) puso de manifiesto la necesidad de una excelente agudeza visual y percepción de la profundidad como aspectos adicionales de la importancia de la visión en el fútbol, aplicándolo de forma específica al portero debido a la correlación del valor de la agudeza visual con la interceptación del balón.

Debido a este importante papel jugado por la información visual en la práctica deportiva en general y en el fútbol en particular, se han estudiado determinadas funciones y habilidades visuales relacionadas con el fútbol. Del análisis comparativo, realizado por Bueno y cols (2000b), entre jugadores de diferentes categorías del Valencia CF, y sujetos no practicantes habituales de fútbol, en cuanto a agudeza visual estática y dinámica, motilidad ocular, visión estereoscópica, memoria visual, visión del color, sensibilidad al contraste y campos visuales, se desprende que se han encontrado diferencias significativas en las habilidades visuales entre jugadores y no jugadores, excepto para la función de sensibilidad al contraste. Por tanto, el estudio de estas habilidades es un factor importante para la mejora del rendimiento deportivo.

Por último, Downs & Abwender (2002) han afirmado que la participación en el fútbol puede ser asociada con un pobre rendimiento neuropsicológico (expresado a través de los resultados de las mediciones de la velocidad motora, de la atención, de la concentración, del tiempo de reacción, y del pensamiento conceptual), comparado con los nadadores, siendo éste más aparente en los jugadores de fútbol veteranos. Además, estos autores, han puesto de manifiesto el riesgo de perjuicio neuropsicológico que tienen los jugadores de fútbol, aunque no encontraron evidencias de que el golpeo de balón con la cabeza sea la causa.

3.3. SOBRE LOS REQUERIMIENTOS FISIOLÓGICOS DE LA COMPETICIÓN EN EL FÚTBOL

Las demandas fisiológicas del fútbol pueden ser estimadas mediante la observación de aspectos relevantes durante la competición y mediante la obtención de mediciones fisiológicas durante partidos oficiales y de entrenamiento (Bangsbo, 1997), ya que, es en el partido donde el jugador manifiesta su nivel máximo de desempeño por lo que la preparación y el entrenamiento del fútbol no pueden dejar de tener como referencia el juego del fútbol y sus características particulares (Pinto, 1991).

No obstante, los resultados obtenidos de estas investigaciones sólo pueden ser interpretados de una forma pertinente y ajustada si son referenciados a los contextos tácticos que motivaron su expresión (Garganta, 1997).

3.3.1. EL CONSUMO DE OXÍGENO DURANTE EL ENCUENTRO

Han sido varios los métodos con los que se ha tratado de medir la contribución aeróbica al metabolismo energético durante un partido de fútbol, determinando el consumo de oxígeno en el transcurso del mismo.

Si utilizamos la espirometría de circuito abierto para determinar el consumo de oxígeno, interesa saber cuanto oxígeno ha sido extraído del aire inspirado. Dado que la composición corporal del aire inspirado permanece relativamente constante ($\text{CO}_2 = 0.03\%$; $\text{O}_2 = 20.93\%$; $\text{N}_2 = 79.04\%$), es posible determinar cuanto oxígeno ha sido extraído del aire inspirado, midiendo la cantidad y la composición del aire espirado. Cuando esto se hace, el aire espirado contiene más CO_2 , menos O_2 y más N_2 (McArdle, Katch y Katch, 1990). De esta forma, los métodos denominados directos obtienen sus valores mediante un procedimiento de análisis de aire almacenado, expirado en determinadas partes del encuentro, resultando la muestra recogida del todo insuficiente (Bangsbo, 1996). En esta línea, los resultados del estudio de Ogushi, Ohashi, Nagahama, Isokawa & Suzuki (1992) encontraron que había una diferencia de entre el 30 y el 50% en los valores de intensidad de trabajo obtenidos por el método directo (sacos de Douglas), y los valores calculados usando las líneas de regresión $\text{VO}_{2\text{máx}}/\text{FC}$. Es decir, existía una fuerte sobreestimación de los valores obtenidos a través del método indirecto.

El desarrollo de sistemas telemétricos de poco peso, como el K2, para medir el VO_2 , ha minimizado estos problemas. Con este método, Kawakami, Nozaki, Matsuo & Fukunaga (1992) midieron el VO_2 durante varias acciones que se suelen dar en un encuentro de fútbol tal como el 1x1 y el 3x1, obteniendo el valor máximo de consumo de oxígeno durante el dribling, (4 l/min). Sin embargo, los valores obtenidos mediante estos métodos probablemente no sean representativos del VO_2 durante el partido, desde el punto de vista de que la recogida de datos interfiere con el desarrollo normal del juego y solamente son analizadas partes muy pequeñas del partido (Bangsbo, 1997).

Otro método que se ha desarrollado para medir el VO_2 en la competición en el fútbol, ha consistido en establecer la relación individual entre FC y consumo de oxígeno, obtenida durante un protocolo de ejercicio estandarizado en laboratorio, para cada jugador, y las determinaciones de FC de cada jugador durante el encuentro; pudiéndose transformar estas últimas en consumo de oxígeno. Los estudios que han reflejado este método (Ekblom, 1986; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Reilly, 1994a; Bangsbo, 1996) coinciden en

señalar que el consumo medio de O₂ durante un partido puede estar entre el 70 y el 80% del VO₂ máx, e incluso llegar a situarse durante 2/3 de la duración del partido por encima del 80% del VO₂ máx (Smolaka, 1978; Cazorla et Farhi, 1998), aunque, estos valores fluctúen notablemente durante el regate, marcaje en zona, marcaje al hombre, con diferentes puestos específicos, etc. (Rico-Sanz, 1997b). No obstante, desde los trabajos de Vogelaere, Balagué y Martínez (1985), Lacour y Chatard (1985), Bosco (1993), y Tumilty (1993) se ha advertido que los valores estimados a través de este método indirecto tenderán a la sobreestimación debido a alteraciones que sufre la FC por motivos que no tienen que ver con el esfuerzo físico propio de la competición como son el estrés, la temperatura, el alto grado de tensión y vigilancia, etc. que hacen que la FC no se correlacione con el consumo de O₂.

A tenor de las consideraciones anteriores, Bangsbo (1996) conviene en matizar que aunque han de tenerse en cuenta ciertas inexactitudes relacionadas con la estimación del VO₂ a partir de la FC, estando probablemente algo sobrestimado, puesto que en algunas condiciones como son: contracciones estáticas del músculo, calor, estrés emocional, ejercicio con pequeños grupos musculares, etc., la FC no es fiel reflejo del VO₂, sólo durante cortos periodos del partido la relación entre FC y VO₂ es diferente de la obtenida en laboratorio. Además, aclara que la sobreestimación del VO₂ debido a los factores señalados parece ser poco importante en el fútbol, ya que, domina el ejercicio dinámico con grandes grupos musculares y la intensidad del ejercicio es regularmente alta. Este hecho disminuiría el efecto, por ejemplo, del estrés emocional.

Para llegar a definir cuál es el grado de sobreestimación que presentan los valores de VO₂ estimados a través de este método indirecto, se han comparado los valores obtenidos, en jugadores profesionales, mediante un método directo como es la telemetría (K2) en situación real de juego (Rodríguez, Iglesias y Tapiolas, 1996), y en jugadores amateurs, mediante otro método directo como son los sacos de Douglas, recogiendo los gases espirados en el partido cada 90-150 s (Ogushi, Ohashi, Nagahama, Isokawa & Suzuki, 1992); y los valores obtenidos, en cada caso, mediante un método indirecto: el cálculo sobre la base de la relación entre la FC y el consumo de oxígeno establecida en una prueba progresiva sobre una cinta rodante en laboratorio. Los resultados del estudio de Rodríguez, Iglesias y Tapiolas (1996) aceptan como válido el método indirecto de estimación del consumo de oxígeno en base a la relación individual entre el VO₂ y FC obtenida en la prueba en cinta rodante, no obstante, si advierten una tendencia moderada a la sobreestimación del VO₂ medio valorado en el 15.4%. Los resultados de la telemetría K2 del

VO₂ medio (aunque hubo diferencias significativas según el puesto específico) fue de casi el 60% del VO₂máx (2.604 mlO₂/min) aunque tanto el defensa como el medio, muchos más activos durante el juego, se acercaban al 70%. Los resultados de la medida indirecta del VO₂ medio se estimaron en torno al 76% del VO₂máx aunque es un valor que presentó una gran variabilidad en función de los puestos específicos, y debido a la tendencia moderada a la sobreestimación que sufre este valor, propusieron un consumo de oxígeno medio, con este método, en torno a los 3000 ml/O₂/min, correspondiente aproximadamente al 64% del VO₂máx.

Otro método para estimar valores de VO₂ ha sido a través de mediciones de la temperatura rectal después de los partidos. Se han obtenido siempre valores por encima de 39°C, que corresponden con un trabajo equivalente al 70 y 80% del VO₂máx (Bangsbo, 1996).

Con respecto a todos estos resultados, Reilly (2000) ha señalado que aunque las exigencias fisiológicas de la competición son en su mayor parte aeróbicas, los aspectos cruciales del juego se mantienen por procesos anaeróbicos.

3.3.2. EL COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Ha sido común usar la la frecuencia cardiaca (en adelante FC) como un indicador para medir la carga de trabajo fisiológica en situaciones de campo, es decir, durante el entrenamiento y/o la competición. Este hecho se debe a que, como afirma Bosco (1991), es de gran ayuda conocer cuales son las frecuencias cardiacas que alcanzan los jugadores en competición. Además, técnicamente no presenta grandes complicaciones ni demasiados inconvenientes en los jugadores el llevar un equipo de registro que, hoy en día, consta de un transmisor con cinta alrededor del tórax y de un receptor en forma de reloj digital que se puede colocar en diversos sitios que no causen molestias ni interferencias en el rendimiento del jugador.

Los resultados, sobre la FC media de la competición, obtenidos por los diferentes estudios se presentan en la tabla 13 modificada de García y Ardá (2005).

**Tabla 13. FC media de los jugadores en competición.
Fuente: modificado de García y Ardá (2005)**

<i>Autor</i>	<i>FC media (% de la FC máxima)</i>
Seliger, 1968	80%
Agnevik, 1970	93%
Potiron-Josse y cols, 1980	± 90%
Ekblom, 1986	80 – 90%
Van Gool y cols, 1988	84.9 - 86.7%
Chamoux y cols, 1988	90%
Fornaris y cols, 1989	80 – 91%
Jiménez y cols, 1993	81 – 83%
Castellano y cols, 1996	87.11% ± 2.09
Nogués Martínez, 1998	80.74% ± 3.89
García y Ardá, 2005	87.65% ± 2.55

Como podemos observar casi todos los estudios sitúan la FC media dentro de un rango de entre el 80 y el 90% de la FC máxima del jugador. Sin embargo, se ha descrito en algunos trabajos (Smodlaka, 1978; Ekblom, 1986; Astrand y Rodahl, 1986; Soares, 1988; Rohde & Espersen, 1988; Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catalina et Coudert, 1988; Bosco, 1991; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Bangsbo, 1998; Godik y Popov, 1998; Nogués Martínez, 1998) que los valores de FC en competición no son uniformes, y registran ciertas oscilaciones importantes, algunas de las cuales alcanzan picos de FC máxima. Estos resultados pueden significar que el fútbol además de ser un esfuerzo intermitente, es realizado a una intensidad variable cerca de los valores submáximos (Ferreira, 2002).

Sin embargo, existen numerosos factores que pueden alterar la homogeneidad de un estudio de estas características, como son: dimensiones del terreno de juego, evolución del marcador, puesto específico, planteamiento táctico, características del terreno de juego, condición física del jugador, interrupciones, inferioridad numérica, etc. (Nogués Martínez, 1998). A este respecto, se han observado diferencias significativas en las demandas fisiológicas de los jugadores en función de la demarcación ocupada dentro del sistema táctico del equipo (Pablos y Huertas, 2000). En concreto, en la FC existen variaciones importantes, ya que, los centrocampistas mantienen más tiempo sus valores de FC constantes, es decir, presentan menos oscilaciones que los valores de FC de los delanteros y defensas (Kacani y Horsky, en Sanuy, Peirau, Biosca y Perdrix, 1995; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Godik y Popov, 1998; Mombaerts, 2000), y los defensas centrales son los que presentan valores de FC media más bajos en el partido (Ali & Farrally, 1991b; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Godik y Popov, 1998; Nogués Martínez, 1998; Ferreira, 2002).

También se ha constatado una ligera disminución de la FC media que presentan los jugadores en el segundo tiempo con respecto al primer tiempo del partido (De Bruyn-Prevost et Thillens, 1983; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Ali & Farrally, 1991b; Jiménez, Mendiluce y Ostolaza, 1993; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Bangsbo, 1994; Ferreira, 2002).

Por otro lado, aunque Pirnay, Geurde y Marechal (1993) no encontraron, en cuanto a la FC media, diferencias significativas entre profesionales y amateurs, Ferreira (2002), sobre los resultados obtenidos con una muestra de jugadores juveniles de categoría Nacional y Regional, señala que los jugadores de mayor nivel competitivo presentan una FC media más elevada, sugiriendo que la competición de mayor nivel induce una mayor sollicitación fisiológica de los jugadores.

En este ámbito, Nogués Martínez (1998) no encontró diferencias significativas en los valores de FC de los jugadores entre los partidos de competición jugados como local y los jugados como visitante, en jugadores no profesionales.

3.3.3. LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO Y OTRAS ALTERACIONES BIOQUÍMICAS

El lactato es un producto de la glucólisis anaeróbica y su aparición en la sangre representa el desequilibrio entre la producción dentro de los músculos y la tasa neta (Reilly, 2000). La concentración de lactato en la sangre es a menudo usada como un indicador de la producción de energía anaeróbica láctica en el fútbol (Bangsbo, 1997). Sin embargo, Soares (1988), advierte que esta técnica de investigación podrá ser importante en esfuerzos continuos, pero con relación a los esfuerzos intermitentes su importancia parece ser relativa. En esta línea, Gullstrand (1996) concluye que el ejercicio intermitente de carácter máximo (como puede ser el fútbol) implica un bajo compromiso glucolítico en comparación con el ejercicio continuo.

Generalmente la concentración de ácido láctico en sangre en un partido de competición ha sido determinada a través del análisis de una muestra de sangre procedente de un dedo de la mano o del lóbulo de la oreja del jugador, al finalizar el primer tiempo, y al finalizar el partido (Cochrane & Pyke, 1976; Smaros, 1980; Ekblom, 1986; Rohde & Espersen, 1988; Gerish, Rutemöller & Weber, 1988; Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991; Jiménez, Mendiluce y Ostolaza, 1993; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Bangsbo, 1996;

Castellano, Masach y Zubillaga, 1996), aunque también se han tomado muestras cada 15 minutos en partidos de entrenamiento (Grosgeorge, 1990).

Tabla 14. Valores de concentración de lactato en sangre en jugadores de fútbol en competición

<i>Autor</i>	<i>1º tiempo (mMol/l)</i>	<i>2º tiempo (mMol/l)</i>
Cochrane & Pyke, 1976	1-2	1-2
Smaros, 1980	4.9 ± 1.9	4.1 ± 1.3
De Bruyn-Prevost et Thillens	----	2.7 ± 0.8
Ekblom, 1986	9.5	7.2
Rohde & Espersen, 1988	5.1 ± 1.6	3.9 ± 1.6
Gerish y cols, 1988	5.58 ± 2.01	4.68 ± 2.16
Grosgeorge y cols, 1990	6.0 ± 1.0	7.6 ± 1.1
Bangsbo y cols, 1991	4.9	3.7
Pirnay y cols, 1993	4.01 ± 0.67	3.02 ± 0.51
Bangsbo, 1996	2.6 - 3.9	2.7 - 3.9
Castellano y cols, 1996	7.33 ± 2.14	2.2

Los valores de concentración de ácido láctico en sangre, presentados en la tabla 14, muestran una cierta variabilidad que podría fluctuar entre los 9.5 mMol/l y los 2.2 mMol/l. Esta variabilidad se acentúa si tenemos en cuenta los resultados puntuales que se han determinado en algunos trabajos, tales como los 8-12 mMol/l determinados por Agnevik (1970), los valores de hasta 16 mMol/l, con un valor común, entre los jugadores, de 11mMol/l al finalizar el partido referenciados por Astrand y Rodahl (1986), picos frecuentes de 12mMol/l en jugadores suecos de alto nivel determinados por Ekblom (1986), otros picos menores de entre 7 y 8 mMol/l registrados por Gerish, Rutemöller & Weber (1988), valores máximos y mínimos de 8 y 3 mMol/l determinados por Jiménez, Mendiluce y Ostolaza (1993), y estimaciones en torno a los 5 -10 mMol/l realizadas por Cazorla et Farhi (1998).

Toda esta amplia gama de valores, de concentración de lactato en sangre, encontrados en jugadores de fútbol, puede ser debida a varios factores:

1. A los diferentes roles específicos y sistemas tácticos, ya que, la concentración de lactato en sangre es más alta cuando los equipos utilizan marcaje hombre a hombre en comparación con la utilización de defensa en zona (Gerish, Rutemöller & Weber, 1988).
2. A la diferente capacidad de oxidar lactato de un individuo a otro (Soares, 1988).
3. A las características de los esfuerzos que anteceden a la recogida de la muestra en sangre (Soares, 1988). En este sentido, Bangsbo, Nørregard & Thorsø (1991)

hallaron una correlación significativa entre la cantidad de carreras de alta intensidad realizadas durante los partidos y la concentración de lactato en sangre, demostrándose que las medidas de lactato sanguíneo estaban relacionadas con la incidencia de carreras de alta velocidad previas a la toma de la muestra (unos minutos antes). Además, se ha estimado que los niveles de lactato en sangre pueden ser elevados como consecuencia del regate con balón (Reilly, 1994a). Como consecuencia la determinación simple de lactato sanguíneo puede no ser considerada representativa de la producción de lactato durante un partido, sino, más bien, de la producción en un corto periodo anterior a la toma (Bangsbo, Nørregard & Thorsø, 1991).

4. Al grado de entrenamiento y de la calidad de las fibras musculares de los futbolistas estudiados (Cazorla et Farhi, 1998).

Estos hallazgos sugieren que aunque se puedan alcanzar altas concentraciones de ácido láctico tras realizar esfuerzos de alta intensidad en el fútbol, estas se podrían metabolizar parcialmente en los periodos donde el jugador realiza esfuerzos de baja intensidad que son la mayor parte del partido como hemos podido comprobar en el capítulo anterior. De esta forma, la lectura que nos da la muestra de lactato será más bien representativa del esfuerzo realizado por el jugador con anterioridad, a corto plazo, a la toma de la muestra. Incluso se ha cuestionado la validez de la tasa en sangre de lactato como indicador de la producción del mismo a nivel muscular, pues no todo el lactato producido aparecerá en la sangre (Bangsbo, 1996).

Sin embargo, Gerish, Rutenmüller & Weber (1988) estiman su importancia, desde un punto de vista puramente fisiológico, ya que puede existir una relación entre los cambios de jugadores realizados en el partido y el nivel de acidosis láctica que tienen cuando son cambiados, tanto por ser excesivamente elevada como por ser excesivamente baja. En este sentido, advierten que una elevada acidosis láctica influye en una disminución del rendimiento técnico y táctico.

Por último, Bangsbo, Nørregard & Thorsø (1991) estiman el aporte de energía a través de la vía metabólica anaeróbica láctica en el 10% o incluso menos del tiempo total de desplazamiento pero especifican su importancia, ya que, proporciona un gran porcentaje de la energía durante los momentos o periodos de ejercicio intenso de un partido.

Otro de los apartados a tener en cuenta dentro de las variables fisiológicas que afectan al rendimiento del futbolista son **las alteraciones bioquímicas y hormonales** que tienen lugar al finalizar un encuentro, ya que, la determinación de parámetros tales como la glucosa, la urea, las catecolaminas; adrenalina y noradrenalina, etc. pueden ayudar a determinar los requerimientos fisiológicos de la competición (Gerish, Rutenmüller & Weber, 1988). Estas variaciones hormonales, como consecuencia del ejercicio físico, pueden deberse a la disminución de la actividad catabólica sobre dicha hormona (aclaración metabólica), al propio incremento en su producción, o a la mayor concentración sanguínea en una zona determinada del cuerpo, que a igual porcentaje de concentración hormonal en sangre, hace que existan mayores niveles (Pablos y cols, 2000).

Con respecto a la concentración de insulina, esta permanece en los niveles anteriores al partido durante la primera parte del encuentro, mientras que desciende de forma significativa en el segundo tiempo (Bangsbo, 1997). Por el contrario, durante la competición se da el máximo aumento de la producción de las catecolaminas; adrenalina y noradrenalina (Bosco, 1991). Las catecolaminas se elevan en el primer tiempo y se incrementan de nuevo en el segundo tiempo, no obstante, ni las concentraciones de adrenalina ni de noradrenalina se sitúan cerca de los valores observados durante el ejercicio máximo (Bangsbo, 1997). Estos elevados niveles de noradrenalina y adrenalina, añadido al descenso de los niveles de insulina, parecen ser la causa del incremento en la concentración de AGL (ácidos grasos libres) hacia el final de un partido de fútbol (Bangsbo, 1997). Además, la lipólisis en el tejido adiposo y de esta forma la liberación de ácidos grasos hacia la circulación se ve incrementada por la subida de los niveles de norepinefrina y epinefrina durante un partido de fútbol (Bangsbo, 1994).

La subida de los niveles de norepinefrina y epinefrina durante un partido de fútbol afecta también a la glucosa en sangre y al metabolismo de HC (hidratos de carbono), ya que, estimula la glucogenólisis en los músculos (Bangsbo, 1994). Sin embargo, otras hormonas pueden también influenciar los niveles de glucosa en la sangre, por ejemplo, el cortisol parece ser que se eleva durante un partido de fútbol, estimulando la gluconeogénesis hepática (Bangsbo, 1997).

Los niveles de cortisol se han cifrado, en futbolistas de nivel Nacional, en torno a los 228.8 ± 41 ng/ml, mientras que los de testosterona en torno a los 7.6 ± 1.7 ng/ml, deduciendo una relación testosterona/cortisol por mil de 33.2, siendo esta relación bastante menor que en otros deportes como en esquí de fondo (42.3) y atletismo (37.6) (Bosco,

1991). Además, los niveles de cortisol plasmático, en jugadores profesionales, han resultado ser más altos que los de un grupo control de sedentarios, siendo las variaciones interanuales las mismas en los dos grupos, no obstante, los niveles de testosterona, entre otras hormonas, no fueron estadísticamente diferentes entre los jugadores y el grupo control (Ferret y cols, 2004).

Con respecto a estas hormonas, aunque se ha demostrado que la mejora del rendimiento deportivo y por consiguiente de los efectos positivos del entrenamiento, son vigorizados por un aumento de la testosterona (actividad anabólica) y una ligera disminución del cortisol (actividad catabólica) (Bosco, 1991), también, Filaire, Bernain, Sagnol & Lac (2001b) determinaron que después de un programa de entrenamiento de alta intensidad, ubicado dentro de los meses de competición de octubre y noviembre de la Liga Profesional de Fútbol Francesa, los jugadores presentaban un significativo incremento en los valores de cortisol, y un descenso en la concentración de testosterona, al mismo tiempo que, aunque existía un significativo descenso en el ratio testosterona/cortisol, el equipo había ganado el 71.4% de los partidos.

Por otro lado, Pohl, O'Halloran & Pannall (1981) encontraron, en jugadores de fútbol Australiano, incrementos importantes de la CK (creatinkinasa) tras un partido, siendo este un índice de lesión muscular durante el rendimiento específico del fútbol (Masach, 1992a), como también encontraron un incremento de lactato-deshidrogenasa, de aspartato-transaminasa y una disminución del magnesio.

También la concentración de amoniaco/amonio (NH_3) durante un partido es elevada, lo que indica que se produce NH_3 en el músculo. Esto puede suceder principalmente durante los periodos de esfuerzo intenso del partido cuando los músculos producen ATP a partir de ADP y se forma AMP que subsiguientemente se descompone en IMP y NH_3 (Bangsbo, 1996). Es decir, el aumento de las concentraciones plasmáticas de NH_3 es un indicador de la movilización de glucógeno muscular.

Así mismo, la concentración de ácido úrico en sangre se eleva durante el partido e incluso en la recuperación después del partido (Bangsbo, 1996).

Todo este patrón de respuesta hormonal en la competición de fútbol probablemente refleja, en parte, la depleción del glucógeno, y podría explicar porque tiene lugar la movilización de los ácidos grasos predominantemente en las fases postrímeras del partido

(Shephard, 1999), Es necesario, por tanto, tener en cuenta que las variaciones de algunos parámetros hormonales durante un partido de fútbol, pueden llegar a provocar modificaciones de las capacidades psicológicas y fisiológicas de los jugadores (Bosco, 1991).

3.3.4. EL GASTO ENERGÉTICO DEL PARTIDO DE FÚTBOL Y EL METABOLISMO MUSCULAR

La distancia total recorrida durante un partido ha sido empleada como un indicador de la carga de trabajo total, basado en relacionar de forma directa el gasto energético con el trabajo total realizado (Reilly & Thomas, 1976). Sin embargo, la distancia total cubierta subestima las demandas energéticas de la competición si no son tenidos en cuenta los frecuentes cambios de actividad o de intensidad a la que la distancia es recorrida, ya que en un partido se producen 1431 ± 206 actividades, esto implica un cambio de actividad cada 4 segundos (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000).

Debido a estas consideraciones, se han estudiado las respuestas fisiológicas a diferentes destrezas y habilidades específicas que se producen en un partido:

1. En el regate con estrecho control de balón aumenta la necesidad de equilibrio y la velocidad de zancada, pero disminuye la longitud de ésta en comparación con la carrera normal a la misma velocidad. Estos cambios disminuyen la eficiencia de la carrera y resultan adecuados para contribuir al gasto energético adicional (Cavanagh & Willians, 1982). Este punto fue demostrado cuando se examinaron las respuestas fisiológicas al regate con un balón sobre una cinta continua a cuatro velocidades diferentes: 9; 10.5; 12; y 13.5 km/h, analizando varios parámetros como son: el aire espirado, nivel de lactato en sangre, etc. determinándose que el gasto energético añadido de regatear era constante con un valor de 5.2 Kj/min (Reilly & Ball, 1984).
2. También se estudiaron los costes fisiológicos añadidos por correr de forma heterodoxa, es decir, de lado y hacia atrás, corriendo en una cinta a 5, 7 y 9 km/h (Reilly & Bowen, 1984). Entre ambas formas de correr (de lado y hacia atrás) no existían diferencias significativas de gasto de energía extra, pero si existía un incremento grande entre estas dos formas y correr hacia delante, sobre todo cuando la velocidad aumentaba, llegándose a encontrar una diferencia de casi 29 Kj/min de gasto energético extra a una velocidad de 9 km/h, entre correr hacia delante y cualquiera de las otras dos formas.

Estas investigaciones determinan que se produce un aumento del gasto energético debido a la ejecución de habilidades específicas como el regate y por la diferente forma de carrera, sin embargo, se ha señalado que como el tiempo total de posesión del balón para un jugador es en promedio de 1 minuto, aproximadamente, el gasto energético extra del regate influye sólo en una pequeña medida en el total del gasto energético. De igual forma, el total de la distancia cubierta mediante la carrera hacia atrás y de lado a alta velocidad es pequeño, siendo de esta manera también pequeño el consumo extra de energía debido a este particular (Bangsbo, 1994).

El gasto energético, de la competición en el fútbol, ha sido estimado mediante la valoración del consumo de oxígeno de forma directa por telemetría, y de forma indirecta calculado sobre la base de la relación individual entre consumo de oxígeno y FC obtenida en una prueba en cinta rodante, en jugadores profesionales de fútbol (Rodríguez, Iglesias y Tapiolas, 1996). Los resultados de este estudio determinaron que el gasto energético de todo el partido se hallaba en torno a 4.745 Kj (1.134 Kcal) si se usaba la telemetría (K2) y entorno a los 6.404 Kj (1.530 Kcal) si se usaba el método indirecto. Aunque, hay que añadir un factor de corrección del 15.4% debido a la tendencia a la sobreestimación de este método, por tanto, el valor medio quedaría en torno a los 5.467 Kj (1.306 Kcal).

Estudios actuales (Garatachea y De Paz, 2001) han indicado, a este respecto, que no existen diferencias entre el coste energético estimado mediante el método de monitorización de la FC y el coste energético medido por calorimetría indirecta. De esta forma, el método de monitorización de la FC está indicado para estudios en actividades físicas y deportivas y por tanto para el fútbol.

Aparte de estos métodos, cuyos inconvenientes se han expuesto en el punto 3.3.1, se han propuesto otros métodos (Reilly, 2000) basados en técnicas químicas, como el doubly-labelled water (doble analizado de agua), como opciones claras en el futuro. Este método, ha sido utilizado por primera vez por Ebine y cols (2002) en jugadores profesionales de fútbol, y se basa en que los jugadores ingieren una cantidad de agua con una concentración conocida de isótopos de hidrógeno y oxígeno. Estos isótopos tras unas horas se distribuyen equilibradamente con todo el agua corporal. El hidrógeno marcado abandonará progresivamente el cuerpo como parte del agua que se libere en forma de orina o sudor. El oxígeno se liberará del cuerpo como constituyente del CO₂ procedente del metabolismo energético. La diferencia en la eliminación de estos dos isótopos determinará

la producción de CO₂. Posteriormente los jugadores proporcionan muestras de orina y saliva para calcular el retorno energético y por tanto deducir el gasto energético. El resultado nos podría dar una clara descripción sobre si el jugador que ha sido controlado tiene un equilibrio energético después de una semana y cuáles son las necesidades diarias de energía para soportar los entrenamientos y la competición.

En cuanto al **metabolismo muscular**, durante un partido de fútbol, las fuentes energéticas principales para la resíntesis continuada de ATP son la hidrólisis de PC (fosfato de creatina), glucogenólisis, glucólisis y la degradación de ácidos grasos y aminoácidos (Rico-Sanz, 1997b). No obstante, aunque en la competición en el fútbol existe una utilización significativa de sustratos energéticos, de entre ellos el sustrato clave parece ser la disponibilidad de glucógeno en el hígado y en el músculo, ya que, en general, para este tipo de ejercicios la incapacidad para mantener una intensidad de ejercicio elevada coincide con la depleción de dichas reservas musculares y hepáticas de glucógeno (Gorostiaga Ayestarán, 1993). Este punto parece demostrarse por el hallazgo de valores de glucosa en sangre superiores en el transcurso del partido que en reposo (Bangsbo, 1994), ya que, el hígado es capaz de liberar glucosa suficiente para mantener, e incluso algunas veces elevar, la concentración de glucosa en sangre durante un partido, deplecionándose principalmente las reservas de glucógeno hepático y muscular (Ekblom, 1986). Por todas estas consideraciones resulta necesario centrar, de forma principal, el análisis en este sustrato energético.

El análisis de los niveles de glucógeno muscular, en la competición, se ha realizado por análisis bioquímico de biopsia muscular, principalmente del músculo vasto lateral, bien comparando los niveles anteriores al partido, con los posteriores al primer tiempo, y con los niveles al final del partido (Karlsson, 1969; Agnevik, 1970; Saltin, 1973; Smaros, 1980), o bien siguiendo la evolución de la concentración de glucógeno en los días siguientes al partido (Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson & Houghton, 1982). Actualmente, aunque no se ha utilizado en la competición en el fútbol, sino en tests de resistencia específica del fútbol, se ha conseguido determinar el nivel de degradación individual del glucógeno muscular, de forma no invasiva, a través de la resonancia magnética espectroscópica (¹³C-MRS) del gastrocnemio (Rico-Sanz, Zehnder, Buchli, Dambach & Boutellier, 1999).

Los resultados de estos trabajos no han coincidido en señalar si los depósitos de glucógeno muscular del vasto lateral se deplecionan de forma casi completa al finalizar el partido, tal y como han determinado Karlsson (1969), Agnevik (1970), y Saltin (1973), o si

los niveles de glucógeno no son totalmente deplecionados al finalizar el partido, tal y como han determinado Smaros (1980), y Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson & Houghton (1982). En cualquier caso, el fútbol es una actividad donde se deplecionan notablemente los depósitos de glucógeno, afectando tanto a fibras lentas como rápidas, viniendo a demostrar la intervención de una amplia gama de actividades musculares. Esta depleción trae consigo una disminución considerable de la fuerza y de su actividad en general, viendo perturbadas sus posibilidades técnicas (Agnevik, 1970). En este sentido, se ha demostrado que tanto el volumen como la intensidad de trabajo son influenciados por el nivel de glucógeno muscular (Karlsson, 1969; Saltin, 1973), ya que, los jugadores que presentaban un nivel de glucógeno muscular más bajo, antes del partido, recorrían una distancia menor (25%), y eran capaces de sprintar menos en el partido (12%). Este hecho se acentuaba en el segundo tiempo.

Sin embargo, de forma curiosa, no se ha relacionado el rol posicional con los niveles de glucógeno muscular de los jugadores después del partido (Jacobs, Westlin, Karlsson, Rasmusson & Houghton, 1982).

Es preciso tener en cuenta que si los niveles de glucógeno muscular previos al partido influyen en el rendimiento, siendo la cantidad de glucógeno muscular y hepático un factor limitante del mismo (Weineck, 1994), se deberá prestar especial interés en elaborar cuidadosamente estrategias desde el punto de vista de la nutrición y del control y la distribución de las cargas de trabajo y recuperación, con el objeto de que los jugadores presenten antes del partido reservas de glucógeno elevadas en el músculo y en el hígado y que por tanto, la depleción de glucógeno durante el partido sea lo más retardada posible y por último recuperen dichas reservas rápidamente (Gorostiaga Ayestarán, 1993).

Por otro lado, en el fútbol, la concentración de PC varía continuamente como resultado de la naturaleza intermitente del juego, y aunque, la utilización neta de PC es cuantitativamente pequeña durante un partido de fútbol, la PC tiene una función muy importante como tampón energético, haciendo disponible la energía para los músculos durante los aumentos rápidos de la intensidad del ejercicio (Bangsbo, 1994).

Con relación a las grasas que se oxidan en un partido de fútbol, estas proceden de los depósitos intramusculares de AG (ácidos grasos) o bien son transportadas hasta el músculo por vía sanguínea como ácidos grasos libres (AGL) o triglicéridos (TG). Este último punto parece demostrarse debido al hallazgo de incrementos en las concentraciones de AGL en la sangre durante un partido de fútbol y en mayor medida en el segundo tiempo.

Estos AG, AGL y TG proporcionan en definitiva un combustible alternativo a la glucosa sanguínea y al glucógeno muscular, y el aumento en su captación por parte de los músculos posiblemente retrasa el momento en que los depósitos de glucógeno muscular se hacen críticamente bajos (Bangsbo, 1994). Además, se ha estimado el aumento proporcional del uso de grasas como combustible para los músculos a lo largo del partido, en relación inversamente proporcional al descenso de la intensidad de los esfuerzos y a la aparición de la fatiga (Reilly, 2000).

3.3.5. LA TEMPERATURA Y PÉRDIDA DE PESO CORPORAL

La medición de la temperatura corporal en la competición de fútbol resulta relevante debido a que la elevación de la temperatura corporal puede ser mayor durante el ejercicio intermitente, a igual carga de trabajo, que durante el ejercicio de tipo continuo (Ekblom, 1986; Cable & Bullock, 1996).

La temperatura corporal que alcanzan los jugadores de elite al finalizar el partido ha sido estimada a través de la medición de la temperatura rectal (Smodlaka, 1978; Andersson, Grönhagen, Lindholm, Ohlsson & Ekblom, 1983; Ekblom, 1986; Rico-Sanz, 1997b). Los resultados de estas mediciones han situado la temperatura rectal media en torno a los 39.5°C, en ningún caso por debajo de los 39°C, y el extremo opuesto (40-41°C) ha sido observado por Ekblom (1986), y Rico-Sanz (1997b) en partidos jugados en condiciones calurosas y con una elevada humedad relativa. Dentro de estas mediciones, Ekblom (1986) confirmó que los jugadores de primera división presentaban valores de temperatura rectal mayores ($39.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$) que los jugadores de tres divisiones inferiores (39.2 ± 0.4 ; 39.0 ± 0.4 ; y $39.1 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$, respectivamente)

La relación entre el control de la hidratación y el incremento de la temperatura rectal, ha sido confirmada por Rico-Sanz (1997b), tras la aplicación de un régimen de superhidratación durante una semana antes del partido, y el menor incremento de la temperatura rectal sufrido por los jugadores durante el partido.

Por otro lado, la pérdida de peso corporal en la competición en el fútbol se ha demostrado en los estudios de Ekblom (1986), Davies, Cooke & King (1997), y Rico-Sanz (1997b). Los resultados de estos estudios expresan una pérdida media de entre 1 y 2.75 kg por cada jugador, que dependerá sobre todo de las condiciones de calor y de humedad relativa. En términos de porcentaje, Davies, Cooke & King (1997), con una temperatura y

grado de humedad que variaba entre los 5.7°C y los 9.1°C y entre el 72 y el 93% de humedad, registraron una pérdida media del $1.9 \pm 0.6\%$ del peso corporal en 10 jugadores de la Premier League a lo largo de 4 partidos de competición. No obstante, Mustafa & Mahmoud (1979) encontraron pérdidas de hasta 4 kg en jugadores (entre el 3.08 y el 3.14% del peso corporal) del Equipo Nacional de Sudán durante partidos clasificatorios para los JJOO de 1976 que se disputaron bajo elevada temperatura ambiente de entre 26 y 33°C y de humedad de entre el 40 y el 78%.

Esta pérdida de peso es debida, principalmente, a la evaporación de agua (sudor), aunque podría provocar una posible deshidratación, con lo que la capacidad de trabajo quedaría fuertemente mermada (Bosco, 1991). De hecho, el calor (temperatura del aire $\geq 30^\circ\text{C}$) combinado con una humedad relativa alta ($\geq 70\%$) puede influir en la distancia cubierta, por los jugadores, a máxima velocidad, siendo reducida aproximadamente en un 50% cuando es comparada con el rendimiento a temperatura de 20°C (Ohashi, Togari, Isokawa & Suzuki, 1988).

Este hecho se confirma, si tenemos en cuenta que a partir de pérdidas del 1% del peso corporal el rendimiento físico disminuye (Masach, 1992a). Por lo tanto, parece obvia la necesidad de hidratarse bien antes del partido, durante, e incluso después del partido, con el fin de evitar una considerable reducción del rendimiento, tal y como proponen Lacour y Chatard (1985).

**4. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA QUE PLANTEAN
LOS ESTUDIOS QUE UTILIZAN LA FRECUENCIA
CARDIACA COMO INDICADOR DE CARGA
FISIOLÓGICA: CASO ESPECÍFICO DEL FÚTBOL ▶**

4.1. GENERALIDADES SOBRE EL SISTEMA CARDIOVASCULAR Y SUS ADAPTACIONES EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

De forma general conviene recordar que el sistema circulatorio es el encargado de proporcionar oxígeno y nutrientes a todas las células del organismo, constanding de las siguientes partes: una bomba impulsora, un circuito de distribución de alta presión, una red de finos vasos que permiten el intercambio de sustancias entre la sangre y los tejidos del cuerpo, y un circuito de recogida y regreso a baja presión. Este sistema circulatorio es un sistema cerrado en el que cada cambio afecta al sistema como un todo.

4.1.1. EL CORAZÓN

El corazón proporciona el impulso del flujo sanguíneo. El músculo del corazón, el miocardio, es un tipo de músculo estriado similar al músculo esquelético. El músculo cardiaco es único porque tiene la capacidad de generar y mantener su propio ritmo. Si se dejase a este ritmo inherente, el corazón, latiría firmemente entre 70 y 80 veces cada minuto.

Estudios recogidos por McArdle, Katch y Katch (1990) observan a menudo, con respecto al tamaño del corazón, un aumento moderado, tanto en hombres como en mujeres, como respuesta al entrenamiento físico e independientemente de su edad. Esta hipertrofia cardiaca puede considerarse, a juicio de estos autores, como una adaptación biológica fundamental del músculo a una mayor carga de trabajo. Este hecho resulta lógico desde el punto de vista de que, tal y como expone Billat (2002), ocurre de la misma manera que en cualquier otro músculo esquelético, es decir, la fibra miocardiaca se adapta al entrenamiento mediante la multiplicación del número de sarcómeros, y el aumento del volumen de las fibras. Dicha hipertrofia afecta a las cuatro cavidades cardiacas, sin alteración asociada de las funciones sistólica y diastólica (Carré, 1994).

Por otro lado, la mejora de la contractilidad cardíaca durante el ejercicio se negocia mediante el aumento del volumen final de la diástole, que estira más el miocardio y favorece su contracción (Billat, 2002).

4.1.2. LA PRESIÓN SANGUÍNEA

La presión sanguínea, o más en concreto la presión sistólica, representa una estimación del trabajo del corazón y de la carga contra las paredes arteriales durante la contracción ventricular, es decir, cuando la sangre es expulsada del corazón.

La presión sanguínea se determina mediante el débito cardiaco (cantidad de sangre que sale de la aorta por minuto) y la resistencia de las paredes al flujo sanguíneo (Billat, 2002). La presión sistólica más alta en reposo es normalmente de alrededor de 120 mm Hg. Durante la diástole, o la fase de relajación del ciclo cardiaco, la presión sanguínea arterial disminuye hasta 70-80 mm Hg. La presión diastólica proporciona una indicación de la resistencia periférica o la facilidad con que la sangre fluye de las arteriolas a los capilares. Por tanto, la presión como fuerza media ejercida por la sangre contra las paredes de las arterias durante todo el ciclo cardiaco en jóvenes adultos sanos es alrededor de 96 mm Hg.

McArdle, Katch y Katch (1990) establecen una serie de consideraciones en cuanto a la presión sanguínea: con respecto al ejercicio con resistencias (pesas, sobrecargas, etc.), esta presenta una compresión del sistema arterial periférico que ocasiona una elevación significativa en la resistencia al flujo sanguíneo. Con respecto al ejercicio de carácter continuo (natación, pedaleo, jogging, etc.), la presión sanguínea diastólica permanece relativamente igual, mientras que la presión sanguínea sistólica presenta un aumento rápido en los primeros minutos del ejercicio, para posteriormente alcanzar una meseta (140-160 mm Hg) e incluso disminuir gradualmente. Con respecto al ejercicio escalonado de intensidad creciente, la respuesta de la presión sanguínea es tendente a aumentar, produciéndose el mayor aumento en la presión sistólica y el menor en la diastólica. Con relación al ejercicio de miembros superiores, las presiones sistólica y diastólica son considerablemente más elevadas cuando el trabajo se realiza con estos miembros que con los miembros inferiores.

Por otro lado, la regulación de la presión arterial a corto plazo se debe a la influencia del SNS (Sistema Nervioso Simpático), mientras que a largo plazo, la regulación depende, en principio, de los riñones (Billat, 2002).

4.1.3. EL VOLUMEN SISTÓLICO

El volumen de eyección sistólico es el volumen sanguíneo bombeado en cada latido cardiaco por el ventrículo izquierdo, y se expresa en ml de sangre por latido cardiaco. Este volumen aumenta con la intensidad del ejercicio hasta el 40-60% del VO₂máx, y luego se estabiliza (Billat, 2002).

Los atletas entrenados tienen un gran volumen sistólico que se acompaña normalmente de una reducción proporcional de la FC durante el ejercicio submáximo con relación a sujetos sedentarios. En opinión de Fox (1987) este hecho muestra que el corazón de los atletas resulta ser más eficiente, es decir, requiere una menor cantidad de oxígeno cuando se bombea la misma cantidad de sangre con un volumen sistólico relativamente alto y una FC relativamente baja, siendo más eficiente tanto en reposo como en todos los niveles de ejercicio.

4.1.4. LA ACTIVIDAD CARDIACA

La actividad cardiaca se puede describir como el ritmo con que late el corazón (FC o tasa cardiaca), o como la fuerza con la que late el corazón (inotropismo). Refiriéndonos a la primera, la regulación de la FC se realiza de forma intrínseca a través del nódulo sinusal que se despolariza y se repolariza espontáneamente para proporcionar frecuencia cardiaca intrínseca, y de forma extrínseca a través de las influencias neurales que se originan en el centro cardiovascular del bulbo raquídeo y se transmiten a través de los componentes simpáticos y parasimpáticos del sistema nervioso autónomo.

Este control neuronal del corazón se lleva a cabo por una compleja interacción del SNS y del SNPa (Sistema Nervioso Parasimpático). Los impulsos simpáticos y parasimpáticos pueden modificar la FC. Muchas fibras nerviosas parasimpáticas del vago terminan en la región del nódulo sinoauricular. Cuando son estimuladas, liberan acetilcolina, produciendo una disminución de la FC (inhibición). Los nervios simpáticos cardiacos terminan en una densa red dentro del músculo cardiaco. A través de la liberación de norepinefrina, así como de la epinefrina transportada por la sangre, puede causar un aumento en la FC y un aumento de la contractilidad miocárdica, aumentando el volumen sistólico por reducción del volumen de fin de sístole del corazón.

Actualmente incluso se barajan las hipótesis (Gray, Johnson, Ardell & Massari, 2004a) de que dos centros cardiacos, el ganglio sino-atrial, y el ganglio postero-atrial, interactúan sobre el control parasimpático periférico del ritmo cardiaco, y que los controles

central y periférico parasimpáticos, del ritmo cardiaco, son coordinados por múltiples vías y mecanismos interactuantes (Gray y cols, 2004b).

Refiréndonos al contexto que nos ocupa y de una manera sencilla, la FC refleja parte de la cantidad de trabajo que el corazón debe realizar para satisfacer las demandas metabólicas cuando se inicia una actividad física (Polito y Farinatti, 2003).

4.1.5. LA REGULACIÓN DE LOS AJUSTES CARDIOVASCULARES DURANTE EL EJERCICIO

La principal teoría que prevalece sobre los ajustes cardiovasculares durante el ejercicio es la denominada teoría del control central desarrollada por Mitchell (1990). Según esta teoría, las modificaciones iniciales de los parámetros cardiovasculares registrados durante un ejercicio dinámico se deben a un control por parte del SNC. La respuesta cardiovascular se va modificando gracias a la información que aportan una serie de bucles retroactivos, como los mecanorreceptores musculares y cardiacos (sensibles al estiramiento de la fibra muscular cardíaca y esquelética), los quimiorreceptores musculares (sensibles a la acidosis muscular), y a los barorreceptores arteriales (situados en las arterias carótidas y en la aorta). La parte respectiva de dichos bucles retroactivos aún no está precisada en relación con la función de intensidad del ejercicio.

En concreto, parece ser que el entrenamiento crea un desequilibrio entre la actividad tónica del acelerador simpático y las neuronas depresoras parasimpáticas a favor de un mayor dominio vagal. Es decir, con la práctica de ejercicio físico de forma regular se producen cambios en el control autonómico de la FC. Este hecho tiene lugar tanto en reposo como en cada una de las diferentes intensidades absolutas del ejercicio (Gregoire, Tuck, Yamamoto & Hughson, 1996). Estas adaptaciones probablemente son responsables de la bradicardia observada a menudo en los atletas altamente entrenados con respecto a sujetos que no realizan un entrenamiento regular. En este sentido, Jensen-Urstad, Saltin, Ericson, Storck & Jensen-Urstad (1997) después de estimar la función cardíaca autonómica, a través del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, medida durante 24 horas con un Holter, en 16 corredores de elite y 13 corredores de control, afirmaron que el aumento del tono parasimpático puede, al menos en parte, explicar la severa bradicardia sinusal típicamente observada en fondistas.

Además, los resultados de los estudios de Iellamo, Pigozzi, Spataro, Lucini & Pagani (2004) indican, en atletas de alto rendimiento, que la carga de entrenamiento afecta simultáneamente tanto a los patrones de repolarización ventricular como a los de la variabilidad de la FC, a través de las variaciones en la activación cardíaca simpática.

Por otro lado, Oida, Moritani & Yamori (1997) sugirieron un mecanismo de control natural en la recuperación cardíaca después del ejercicio, es decir, la disminución de la FC durante la recuperación de un ejercicio dinámico, no se debe a la retirada del sistema nervioso simpático, sino, a una colaboración intensa de ambas vías autonómicas.

En resumen, el entrenamiento deportivo modifica el control de la FC en todo o en parte debido a mecanismos neurocardíacos (de Dios Beas, García-Contreras, García y Fernández, 1998).

4.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA REALIZAR MEDICIONES DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR EN DEPORTISTAS

4.2.1 VOLUMEN E HIPERTROFÍA DEL CORAZÓN

En la actualidad la ecocardiografía permite determinar la talla y masa muscular del corazón, siendo un método cuyos resultados se pueden comparar con los obtenidos a través de la angiografía, de la resonancia magnética, etc. Su gran ventaja es que no es invasivo y tiene un bajo coste (Dickhuth, Roecker, Niess, Hipp & Heitkamp, 1996).

En 1972 Rost (en Legaz, Serrano, González y Calderón, 2000) fue el primero en utilizar la ecocardiografía monodimensional en los atletas de los JJOO de Munich. Posteriormente Morganroth y cols (1975) determinaron a través de este método que los atletas que practicaban deportes estáticos desarrollaban un incremento del miocardio (hipertrofia) mientras que aquellos que entrenaban de forma dinámica aumentaban el tamaño del corazón, relacionando por tanto el corazón de atleta con este último tipo de trabajo de naturaleza predominantemente aeróbica.

Legaz, Serrano, González y Calderón (2000) describieron que los volúmenes tanto del ventrículo izquierdo como del derecho como de las aurículas presentaban unos valores promedios superiores en deportistas que en los sujetos control. En concreto, según Legaz, Serrano, González, Calderón y Navarro (2000), el diámetro y el volumen telediastólico del

ventrículo izquierdo fueron, en la muestra de 135 atletas masculinos de pruebas de atletismo de carrera, muy superiores (53.13 ± 2.4 mm encontrados en los atletas de 100 metros que tuvieron los valores inferiores de esta muestra) a los que se han encontrado en la población sedentaria (44.8 y 50 mm), concluyendo que el volumen telediastólico se relaciona de forma significativa con el rendimiento en competición en la mayoría de las pruebas de atletismo de carreras y que tiene un poder de predicción de la marca muy superior a otras variables evaluadas tradicionalmente como por ejemplo el VO₂ max.

Refiriéndonos específicamente al fútbol encontramos que se ha propuesto la determinación del volumen cardiaco como un medio de valoración del sistema cardiovascular del futbolista. Éste se ha evaluado en cuanto a su carácter máximo, en los mejores futbolistas, presentando un mayor volumen cardiaco que los jugadores de hockey hierba pero menor que los corredores de media distancia (Rost, 1987). Así mismo, resulta estar por encima de la media con respecto a atletas de otros deportes: balonmano, tenis, remeros, lanzadores, ciclistas de pista, etc. (Kindermann, 1983). Resultados muy similares han obtenido Hollmann y cols (1981) y Schmid y cols (1983). Además, se ha descrito este parámetro en función del diferente nivel de competición (Hollmann y cols, 1981; Dickhuth, Simon, Bachl, Lehmann & Keul, 1981; Schmid y cols, 1983; Kindermann, 1983):

Tabla 15. Volumen cardiaco en jugadores de fútbol

<i>Autor</i>	<i>Nivel de competición</i>	<i>Volumen cardiaco (ml)</i>
Schmid y cols, 1983	Primera División Alemana	990.8 ± 87.8
	Segunda División Alemana	954.2 ± 137.7
	Liga Nacional Suiza	945.2 ± 72.2
Dickhuth y cols, 1981	Categoría Nacional Bundesliga (n = 11)	1.010 ± 107
	Categoría Regional Bundesliga (n = 13)	955 ± 114
	Tercera División (n = 14)	945 ± 114
	Cuarta División (n = 11)	969 ± 117
Hollmann y cols, 1981	Equipo Nacional de Alemania (n=17)	1003 ± 120
Kindermann, 1983	Segunda División (n=17)	936 ± 84
	Regional Amateur (n=17)	918 ± 75

Como podemos observar en la tabla 15, los jugadores de mayor nivel competitivo tienen un mayor volumen cardiaco con respecto a los jugadores de menor nivel competitivo. Estos resultados no varían si los datos se expresan de forma relativa en función del peso corporal (ml/kg).

En base a estos datos, se puede afirmar que el corazón responde al entrenamiento intenso aumentando de tamaño y con una mayor efectividad de bombeo. Las cavidades,

especialmente el ventrículo izquierdo, aumentan de volumen por la estimulación repetida. La hipertrofia del músculo cardiaco se refleja en un mayor volumen sistólico y un mayor tamaño ventricular que permite que entre más sangre antes de la contracción. Ambas quedan reflejadas en una FC más baja en reposo y esto se aprecia en futbolistas bien entrenados (Reilly, 1994b).

De acuerdo a estas consideraciones, Talaga (1979) afirmaba que se produce un aumento en la masa muscular del corazón en el futbolista, así como un aumento del volumen sistólico del corazón siendo éste de 100 a 120 ml en descanso y de 200 a 220 ml en entrenamiento y competición.

Sobre la hipertrofia cardiaca en deportistas todavía se discute sobre sus límites de normalidad en un corazón entrenado, así como la adaptación de los espesores cardiacos inducidos por los distintos tipos de entrenamiento (Legaz, Serrano, González y Calderón, 2000).

En jugadores de fútbol profesionales se ha comprobado que existen una bradicardia sinusal, un aumento de los volúmenes ventriculares izquierdos, un aumento de la aurícula izquierda, y una hipertrofia del tabique interventricular en sístole, con respecto a sujetos de edad similar y vida predominantemente sedentaria (Hervás y cols, 1987). Además también se ha comprobado que los jugadores profesionales tenían incrementado de forma significativa, el espesor del tabique ventricular izquierdo, las dimensiones diastólica y sistólica del ventrículo izquierdo así como su índice de masa, comparados con los valores del grupo control (sedentarios), constatando un aumento de la incidencia de la hipertrofia del ventrículo izquierdo en los jugadores de fútbol, estando presente en el 70% (y en el 85% de los centrocampistas), comparado con el 6% en el grupo control (Sözen y cols, 2000). A este respecto, no se han encontrado diferencias significativas en función de la posición ocupada por los jugadores en el campo, obteniendo unos valores muy similares, aunque los delanteros presentaban siempre valores intermedios entre los defensas y los centrocampistas (Sözen y cols, 2000).

En la actualidad, también se ha considerado relevante el gasto cardiaco máximo (que resulta de: volumen sistólico máximo x FC máxima), que se presenta como un factor limitante del $VO_2\max$ (López Calbet, 1997). En este sentido, gastos cardiacos altos con el ejercicio máximo se relacionan con elevados valores de $VO_2\max$, aunque existe poca información específica acerca del gasto cardiaco máximo de los futbolistas (Reilly, 1994b). El gasto cardiaco de los mejores futbolistas ha sido determinado calculando el consumo de

oxígeno en cada latido en el ejercicio máximo. Los mayores valores registrados han sido de 29.1 ml/lat encontrados en las selecciones Alemanas de 1974 y 1981 por Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein (1988), y de 25.2 ± 4.7 ml/lat encontrados por Apor (1988).

4.2.2. PRESIÓN SANGUÍNEA

También ha sido estudiada, como parámetro de valoración del sistema cardiovascular, la presión sanguínea en jugadores de liga inglesa, resultando ser tendente a la baja con valores en torno a 120/70 mm/Hg (Reilly, 1994b). Este mismo parámetro ha sido medido en competición por Talaga (1979) obteniendo unos valores de entre 170/65 y 200/50 mm/Hg.

Más actualmente, ha sido evaluada en pretemporada por Sözen y cols (2000) en 83 jugadores profesionales, con un valor medio de presión sistólica de 116 ± 12.2 mm/Hg y de presión diastólica de 74.0 ± 8.9 mm/Hg. Ambos valores son significativamente inferiores a los obtenidos con un grupo control (120 ± 5.3 / 79.0 ± 4.7 mm/Hg). No encontraron diferencias significativas en función de la posición ocupada por los jugadores en el campo.

4.2.3. EFICIENCIA CIRCULATORIA

Al analizar los datos de una batería de test de condición física, usando métodos multivariados, se ha identificado la eficiencia circulatoria en reposo como un componente principal de la forma física en el fútbol, ya que, este factor discriminaba significativamente entre diferentes niveles de técnica en el juego. Esta eficiencia circulatoria es susceptible de ser transferida al ejercicio y a la recuperación post-esfuerzo (Reilly, 1994b).

4.2.4. FRECUENCIA CARDIACA

Matemáticamente la frecuencia de un suceso se observa en intervalos regulares que mide los lapsos de tiempo que separan dos circunstancias sucesivas del suceso considerado, que suponemos perfectamente marcado en el tiempo. Para un movimiento periódico, el periodo correspondiente al tiempo transcurrido entre 2 pasos sucesivos de un sistema oscilante en un mismo punto y sentido (Papelier et Cottin, 1997). La unidad de

frecuencia se expresa en ciclos por minuto o en Hertz. En este caso, un método sencillo para realizar mediciones del sistema cardiovascular es la medición de la frecuencia cardíaca.

Las investigaciones de Schwabeger y cols (1984) mostraron como la medición de la FC sólo será significativa si se ha efectuado por medios mecánicos como por ejemplo la ayuda de un MRC (Monitor de Ritmo Cardíaco), ya que, la medida manual resulta demasiado inexacta y por lo tanto no es fiable.

En laboratorio es posible determinar la FC de forma instantánea, por la precisa medición del periodo que separa dos ondas R sucesivas del electrocardiograma (Papelier et Cottin, 1997). No obstante, el electrocardiograma no resulta un medio operativo cuando queremos realizar mediciones de la FC en el ámbito de la actividad física y del deporte, ya que, el aparataje necesario que emplea este medio resulta incomodo para poder expresar de manera natural los movimientos propios de cada actividad y deporte.

De esta forma, los pulsómetros o monitores de ritmo cardíaco más actuales son los medios mecánicos empleados para la medición de la FC, en el ámbito de la actividad física y el deporte, que se expresa en latidos por minuto. A través de ellos se detectan las ondas eléctricas que corresponden con la actividad rítmica del músculo cardíaco, siendo en realidad un registro electromiográfico simplificado que ofrece la posibilidad de obtener secuencias de periodos cardíacos instantáneos con una precisión de tiempo inferior a una centésima de segundo, acercándose a valores de una milésima de segundo, dependiendo del aparato utilizado (Papelier et Cottin, 1997). En este sentido, se ha tratado de comprobar la validez y fiabilidad supuesta de los MRC comparando sus registros con los obtenidos de un Standard de oro como es el ECG o el Holter.

Karvonen, Chwalbinska-Moneta & Säynäjäkangas (1984) compararon las mediciones de FC del MRC PE 2000 y las del ECG, en diferentes situaciones con cicloergómetro y tapiz rodante, encontrando frecuentes diferencias de entre 1 y 5 lat/min, sin embargo, concluían que ambos métodos eran igualmente valiosos para medir la FC durante el ejercicio. De una manera similar, Vogelaere, De Meyer, Duquet & Vandeveld (1986), compararon el posterior PE 3000, no encontrando diferencias estadísticas entre las mediciones de FC del MRC y las registradas, como referencia, por el Holter, considerando a este MRC como una alternativa válida de medición de la FC en investigaciones de campo y de laboratorio, comparado con el frágil y poco manejable Holter.

Ali & Farrally (1991b) no encontraron diferencias de más de 2 lat/min en jugadores de fútbol semiprofesionales universitarios, y aficionados, al comparar los datos de registro simultáneo del PE 3000 y del ECG durante un protocolo de ejercicio que simulaba el esfuerzo que realizaban los jugadores durante un partido de fútbol.

Por otro lado, Leger & Thivierge (1988) compararon la validez, estabilidad y funcionalidad de 13 MRC, con respecto a los registros simultáneos del ECG. Para ello establecieron un coeficiente de correlación de $r \geq 0.93$ para poder ser considerados como excelentes, en cada uno de los test realizados (cicloergómetro, tapiz rodante y doble step). Los MRC que consiguieron dicho coeficiente fueron el Sport-tester PE 3000 (su precisión y exactitud resulto ser igual a la del ECG), Exersentry, Pacer 2000 H, y Monark Trim Guide 2000. Todos ellos usaban electrodos convencionales (cinta torácica) para medir la actividad eléctrica del corazón. Otros MRC que usaban electrodos no convencionales o sensores tipo fotocélulas, localizados en los dedos o en el lóbulo de la oreja, para medir la opacidad del flujo sanguíneo, se mostraron inadecuados.

También Laukkanen & Virtanen (1998) han puesto de manifiesto la exactitud de los pulsómetros Polar Vantage NV, incluso en los registros R-R.

No obstante, Blanco y Enseñat (1998) han determinado que aunque las correlaciones han sido muy altas, oscilando entre $r = .92$ y $r = .99$, tras comparar diferentes modelos de pulsómetro con los valores del ECG en diferentes situaciones (reposo, marcha, carrera, aerobio de bajo impacto, etc.), y con diversas poblaciones (niños, adultos, etc.), el coeficiente de correlación de Pearson (r) mide, en realidad, el grado en que dos variables presentan una relación lineal, pero ello no implica que los valores sean los mismos para las dos variables, es decir, el coeficiente de Pearson no refleja el grado de acuerdo entre ellas sino la fuerza de la relación entre dos variables cuantitativas.

En base a esta consideración inicial, Blanco y Enseñat (1998), compararon los valores de los modelos Sport Tester y BHL6000 con los del ECG, colocando simultáneamente a los sujetos los pulsómetros, y los tres electrodos metálicos para la medición del registro ECG, en una situación de reposo y posteriormente de actividad de intensidad creciente en cicloergómetro (50-100W). Los resultados indicaron que los valores medios del BHL6000 son ligeramente inferiores a los obtenidos con el ECG sin observar diferencias (1.27 ± 5.58 lat/min) estadísticamente significativas. Sin embargo, el Sport Tester muestra valores medios de FC siempre netamente inferiores a los del ECG, existiendo diferencias (5.57 ± 8.61 lat/min) estadísticamente significativas en todas las situaciones.

Este hecho puede deberse a que, para la medición de la FC, efectúa la media de un periodo de 5 segundos en lugar del registro de latido a latido que efectúa el BHL6000. Este hecho se acentuaba a intensidades altas de entrenamiento.

En la actualidad se sigue comprobando la fiabilidad de los distintos MRC que van saliendo al mercado como es el caso del estudio de Crouter, Albright & Basset (2004) sobre la medición del coste energético del ejercicio, en base a los valores de FC, que efectúa el Polar S 410. Sus conclusiones apuntan a un margen de error en hombres del $4 \pm 10\%$, aunque muestra una ventaja importante sobre otros aparatos utilizados como son los sensores de movimiento, ya que, es aplicable a distintos y variados tipos de ejercicio.

4.2.4.1. FRECUENCIA CARDIACA DE BASE

La FC de base, de forma tradicional, ha sido medida tras un periodo de reposo suficiente del sujeto en posición tumbada. En concreto, Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catalina et Coudert (1988) consideran a la FC de base como la FC media de seis horas de sueño.

La FC basal de los jugadores de fútbol ha sido determinada en función de los distintos niveles competitivos (Schmid y cols, 1983; Dickhuth, Simon, Bachl, Lehmann & Keul, 1981), registrándose los valores más bajos en los jugadores de mayor nivel competitivo (50 ± 9 y 54.6 ± 4.4 lat/min para jugadores de Primera División Alemanes) con respecto a los de menor nivel competitivo (55.9 ± 6.7 y 60.6 ± 14.5 lat/min para jugadores de Segunda División Alemana y Liga Nacional Suiza). También se ha comparado la FC basal entre jugadores de fútbol de élite y la población en general (Reilly, 1994b; Sözen y cols, 2000). Los resultados de estos estudios indican, en los jugadores de elite, un valor (64.6 ± 7.4 lat/min) significativamente más bajo que el obtenido por el grupo control (74.9 ± 10.5 lat/min).

Por otro lado, no se han encontrado diferencias significativas en función de la posición ocupada por los jugadores en el campo (Sözen y cols, 2000).

4.2.4.2. FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA

La determinación de la FC máxima (en adelante FCM) también ha sido objeto de estudio por parte de algunos autores debido a que resulta un dato imprescindible para poder evaluar la intensidad a la que el jugador está trabajando, ya que, si dos jugadores presentan

los mismos valores de FC en una tarea de entrenamiento, no significa que ambos estén trabajando a la misma intensidad, debido a que su FC máxima puede ser distinta.

Por otro lado, la FC máxima no aumenta con el entrenamiento pero puede experimentar una ligera reducción como resultado de una menor estimulación simpática en esfuerzo máximo (Reilly, 1994b). De hecho, la FC máxima disminuye de manera lineal después de los 30 años aproximadamente, aunque se ha observado a un ciclista de 45 años, que todavía corría en competiciones de carácter Regional, un valor de FC máxima de entre 190 y 195 lat/min, valor muy superior al previsto por la ecuación de Astrand y Rhyming (Billat, 2002). En este sentido, la predicción de la FCM en función de la edad puede considerarse únicamente como una estimación o acercamiento a los valores reales. La extrapolación de esta fórmula para calcular la FCM en diferentes poblaciones supone un gran riesgo de error. En la práctica la FC máxima se suele medir a través de un ejercicio hasta la extenuación (Chatard, 1998).

Sin embargo, no existe un consenso acerca de la mejor manera de medir la FCM. Boudet, Garet, Bedu, Albuissou & Chamoux (2002) tras someter a 16 atletas de triatlón masculinos a 3 pruebas diferentes, para determinar su FCM, una de laboratorio (en cinta rodante hasta la extenuación: 194.3 ± 7.8 lat/min), otra de campo (test de Cooper y de Léger y Boucher: 193.8 ± 11.8 lat/min), y una competición de triatlón (192.3 ± 10.1 lat/min), demostraron que aunque la FCM media de cada una de las pruebas no resultaban estadísticamente diferentes entre sí ($P= 0.62$, NS, Fredman test), si existía una alta variación interindividual entre las tres circunstancias (± 6 lat/min). Así mismo, Barbero, Granda y Soto (2004), encontraron que, en ocasiones, el valor de FCM obtenido en jugadores profesionales de fútbol sala a través de un Test de Conconi en tapiz rodante era superado por los registros obtenidos durante los partidos de competición. Este hecho sugiere la necesidad de manejar toda la información posible sobre el pico de FC máxima para minimizar el riesgo potencial de subestimar o sobreestimar cuando calibramos la intensidad del ejercicio a través de la FC.

Tradicionalmente se ha usado un test de laboratorio de esfuerzo máximo para determinar la FC máxima en jugadores de fútbol de élite (Hollmann y cols, 1981; Kindermann, 1983; Nowacki, Cai, Bulh & Krümmelbein, 1988; White, Emery, Kane, Groves & Risman, 1988; Bangsbo & Mizuno, 1988; Reilly, 1994b; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Casajús, 2001; Santos, Costa y Appell, 2002), sin embargo, tanto el ergómetro como el protocolo utilizado pueden marcar diferencias en los resultados obtenidos. Además es necesario tener en cuenta en este tipo de evaluaciones la variabilidad individual (Reilly, 1994b). Por otro lado, también se ha llegado a determinar la FCM a través de un esfuerzo

de carrera máximo de corta duración de 250 m (Chatard, Fellmann, Mombaerts, Catalina et Coudert, 1988).

Tabla 16. FCM en jugadores de fútbol de elite obtenida con diferentes ergómetros

<i>Autor</i>	<i>Muestra</i>	<i>Ergómetro</i>	<i>FC máxima (lat/min)</i>
Hollmann y cols, 1981	Equipo Nacional de Alemania	Cinta rodante	193.6 ± 10.3
Nowacki y cols, 1988	Equipo Nacional de Alemania 1974	Cicloergómetro	173 ± 7
Nowacki y cols, 1988	Equipo Nacional de Alemania 1982	Cicloergómetro	176 ± 8
White y cols, 1988	Profesionales Ingleses	Cicloergómetro	179 ± 2.4
Bangsbo & Mizuno, 1988	Semiprofesionales Daneses	Cinta rodante	193
Castellano y cols, 1996	Profesionales Españoles	Cinta rodante	193.13 ± 4.22
Casajús, 2001	Profesionales Españoles	Cinta rodante	185 ± 4.0
Santos y cols, 2002	Profesionales Portugueses	Cinta rodante	185.5 ± 8.4

Como podemos observar en la tabla anterior (tabla16), la FC máxima de los jugadores es sensiblemente mayor siempre que se utiliza como ergómetro la cinta rodante. Este hecho resulta realmente importante tenerlo en cuenta a la hora de realizar este tipo de evaluaciones, cuando precisamos de este dato para poder determinar las intensidades individuales del entrenamiento de los jugadores en función de la FC.

Por otro lado, el valor de FCM, obtenido mediante cinta rodante, en jugadores profesionales (193.59 ± 10.25 lat/min), de Segunda División (189.1 ± 5.5 lat/min) y Regional amateur (188.5 ± 7.4 lat/min), es menor cuanto más bajo es el nivel competitivo (Bauer y Ueberle, 1988). Además, el valor de FCM no varía de forma significativa en los jugadores a lo largo de la temporada (Casajús, 2001). A este respecto, los futbolistas se acercan a los valores de FC máxima de la población sedentaria de la misma edad y raza (Reilly, 1994b).

4.3. LA UTILIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA COMO INDICADOR DE LA CARGA FISIOLÓGICA QUE SOPORTA EL JUGADOR EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN

4.3.1. LA FC COMO INDICADOR DE CARGA FISIOLÓGICA

La frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno y el lactato sanguíneo son las principales variables fisiológicas que definen las intensidades absoluta y relativa de las cargas del entrenamiento (Blanco y Enseñat, 1998). Es decir, son las principales variables fisiológicas que podemos utilizar para medir el nivel de estrés fisiológico que soporta un deportista durante el entrenamiento y/o la competición.

La posibilidad de utilizar la FC como indicador de carga fisiológica viene dada porque las variaciones en la FC durante el ejercicio correlacionan con cambios en la intensidad del ejercicio y puede ser medida directamente (Karvonen & Vuorimaa, 1988). Existen diferentes caminos para poder expresar la intensidad de trabajo a través de la FC. Hopkins (1991) estableció que la FC absoluta es usada para monitorizar la intensidad en el día a día en atletas individuales, pero también puede ser expresada como un porcentaje, respecto de la FC máxima del atleta, para controlar las diferencias entre atletas. Además, si tenemos en cuenta las diferencias entre deportistas en cuanto a su FC de base, podemos expresar la intensidad como un porcentaje de su FC de reserva, tal y como determinaron Karvonen & Vuorimaa (1988) con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{FC de entrenamiento} - \text{FC de base}}{\text{FC máxima} - \text{FC de base}} \times 100.$$

Incluso en el fútbol se ha utilizado, como indicador de la intensidad de la carga, la FC total de la sesión de entrenamiento, multiplicando la FC media de la sesión por el tiempo de duración (Blanco, 1997; Masach, 1998). Los resultados de estos trabajos expresan una FC media de la sesión de entrenamiento de entre 7.317 ± 648 y 14.810 ± 768 latidos (Blanco, 1997), y de entre 4.000 y 12.000 latidos (Masach, 1998) siempre con jugadores profesionales. En esta línea, también los valores de FC recogidos, durante el entrenamiento o la competición, pueden convertirse en consumo de oxígeno sobre la base de la relación individual que mantienen la FC y el consumo de oxígeno, establecida en una prueba en laboratorio. De la problemática que plantea esta posibilidad en los JDC, ya hemos hablado, refiriéndonos específicamente al fútbol, en el apartado 3.3.1.

No obstante, existe una problemática que se lleva planteando desde mediados del Siglo XX sobre el significado de las variaciones que presenta la FC cuando se mide en el entrenamiento y en la competición y que se podría manifestar en la actualidad, en el mundo del entrenamiento deportivo, en torno a cuestiones como estas: ¿Que factores influyen en los valores de la FC durante el entrenamiento y la competición?; ¿Cuáles influyen de forma significativa?; ¿Es la FC un indicador fiable de la carga fisiológica que representa el entrenamiento y la competición para los jugadores?.

Para desarrollar todas estas cuestiones se hace necesario acudir en primera instancia a los estudios pioneros que tenían un marcado carácter psicofisiológico.

4.3.2. ESTUDIOS PSICOFISIOLÓGICOS

La psicofisiología, cuyo objeto de estudio es el conocimiento de las relaciones entre lo psicológico y lo fisiológico, ha estudiado desde mediados del siglo XX la actividad cardiovascular para encontrar posibles explicaciones (de carácter psicológico) sobre las alteraciones que puede sufrir la frecuencia cardíaca. En los experimentos psicofisiológicos primero se provoca alguna conducta o proceso psicológico (variable independiente), para luego analizar las reacciones fisiológicas resultantes (variable dependiente).

Existe cierta polémica acerca del significado psicológico de los cambios cardiovasculares. Esto es especialmente cierto en el caso de la frecuencia cardíaca donde, según Mateos (2001), pueden identificarse dos posturas claramente antagónicas. Una de ellas estaría centrada en torno a la hipótesis de aceptación-rechazo que mantiene una interpretación cognitiva de los cambios físicos en la actividad cardíaca. Esta postura tiene sus antecedentes en los estudios de Pavlov y de la reflexología rusa sobre los reflejos incondicionados de orientación y defensa. La otra estaría centrada en torno a la hipótesis del ajuste cardio-somático que mantiene una interpretación motivacional. Los antecedentes de esta segunda postura hay que buscarlos en la denominada reacción emocional de ataque-huida y en los escritos de los primeros teóricos de la activación.

4.3.2.1. LA INTERPRETACIÓN MOTIVACIONAL

Paul Obrist (en Vila y Fernández, 1990) ha sido el principal defensor de la interpretación somática y motivacional de la actividad cardíaca. En esta interpretación las variaciones en la FC están al servicio de las necesidades metabólicas de la musculatura estriada. Este acoplamiento cardio-somático ocurre cuando el corazón está bajo control del SNPa y resulta evidente durante el ejercicio físico donde la FC se incrementa para ajustarse a las demandas energéticas de la situación. Por el contrario, se produce un desacoplamiento cardíaco-somático en situaciones de afrontamiento activo, es decir, en situaciones en las que un sujeto puede evitar un estímulo aversivo (por ejemplo una pequeña descarga eléctrica) si da la respuesta requerida (Mateos, 2001). Estos cambios cardíacos son metabólicamente inapropiados, ya que, la frecuencia y la fuerza de las contracciones cardíacas superan en buena medida las exigencias metabólicas de la situación.

Resultados obtenidos en investigaciones posteriores confirman en parte la hipótesis del acoplamiento cardio-somático (Vila y Fernández, 1990).

4.3.2.2. LA INTERPRETACIÓN COGNITIVA

John Lacey en 1967 (en Vila y Fernández, 1990) defiende la hipótesis de la aceptación-rechazo que sugiere que la dirección del cambio en la frecuencia cardíaca refleja la intención por parte del organismo de aceptar o rechazar los estímulos ambientales. La deceleración cardíaca estaría asociada a situaciones que implican una aceptación de la estimulación ambiental, en el sentido de prestar atención a esa estimulación. Por el contrario, las situaciones que implican un rechazo de la estimulación ambiental, en el sentido de evitar cualquier distracción de la estimulación, irán acompañadas de un aumento del ritmo cardíaco. Por último, las tareas que implican aceptar y rechazar simultáneamente la estimulación ambiental no producen cambios significativos en la frecuencia cardíaca (Mateos, 2001).

4.3.2.3. CONSIDERACIONES ACTUALES

Otro hecho importante es que varios autores han puesto de manifiesto la existencia de diferencias individuales en el patrón de la respuesta cardíaca de defensa, estudiada desde los dos marcos de referencia conceptuales representados por las hipótesis expuestas con anterioridad (Vila y Fernández, 1990). Esta respuesta cardíaca de defensa tiene, entre

sus características descriptivas y paramétricas, algunas que podrían tener cierta relación puntual con el proceso competitivo, como son, que es elicitada por estímulos de alta intensidad (situación característica de la competición de alto nivel) y que muestra dificultad para habituarse (situación que pueden llegar a experimentar deportistas noveles en la alta competición).

También hay que añadir que estudios de Wennlund, Wahrenberg, Hagström-toft, Bolindre & Arner (1994) sobre la respuesta cardíaca y lipolítica ante diversos tipos de esfuerzos en humanos, sugerían que la FC experimentaba una sensible elevación durante el esfuerzo mental y el ejercicio físico aunque con patrones de respuesta diferentes. De esta forma, los valores de FC se elevaban gradualmente durante el ejercicio y disminuían progresivamente en la fase de postejercicio, sin embargo, durante el esfuerzo mental todos los parámetros llegaron a su máximo en los primeros 20 minutos, manteniéndose hasta después del esfuerzo.

Terkelsen, Andersen, Mølgaard, Hansen & Jensen (2004) han constatado que el estrés producido por un test de aritmética mental (PASAT) producía un descenso en la FC (medida R-R) y en su desviación típica.

Además, Hjortskov y cols (2004) encontraron que la variabilidad de la FC es una medida más sensitiva y selectiva del estrés mental que la presión sanguínea, tras comparar los registros del ECG y de presión arterial de doce mujeres obtenidos en la sesión control y en la situación de estrés mental producida por un trabajo con el ordenador (The Computer Work Task).

En el fondo de toda esta cuestión lo que se está replanteando es la forma de abordar el estudio de las relaciones entre lo fisiológico y lo comportamental, ya que, tales relaciones son muy complejas y su estudio se puede realizar a diferentes niveles de análisis (Vila y Fernández, 1990).

La frecuencia cardíaca, a este respecto, parece no ser sólo indicador de procesos motivacionales de tipo energético, sino que también pueden ser indicador de procesos cognitivos relacionados con la atención, la percepción, las expectativas, etc. Por otra parte, es importante señalar que las respuestas psicofisiológicas no parecen tener significación comportamental fija independiente del contexto en el que se investigan. De esta forma, las respuestas psicofisiológicas aisladas de su contexto tampoco aportarían información relevante. En este sentido, es necesario relacionar los parámetros fisiológicos y

comportamentales, a través de la realización de estudios dentro del contexto deportivo en general y de cada deporte en particular para poder obtener datos relevantes que nos permitan abordar un mayor conocimiento sobre la competición y el entrenamiento en cada disciplina deportiva, ya que como hemos podido comprobar en el punto 4.1.5. a través de los estudios de Mitchell (1990), de Gregoire, Tuck, Yamamoto & Hughson (1996), de Jensen-Urstad, Saltin, Ericson, Storck & Jensen-Urstad (1997), de Oida, Moritani & Yamori (1997), y de Iellamo, Pigozzi, Spataro, Lucini & Pagani (2004), el sistema cardiovascular, en concreto, presenta una regulación y ajustes específicos derivados de la práctica deportiva, siendo por tanto necesario una intervención desde dentro de la propia práctica deportiva.

Por otro lado, aunque las respuestas fisiológicas puedan ser indicadoras de procesos psicológicos diversos, no estrictamente energéticos, si estudiamos la competición deportiva, ésta resulta ser un hecho indivisible, es decir, un hecho donde se funden las respuestas fisiológicas al servicio de las necesidades metabólicas del sujeto con aquellas derivadas de otros procesos psicológicos, que, sin embargo, forman una sóla que no podemos llegar a desligar, que caracteriza a los requerimientos de la propia competición, y que deberemos tener en cuenta dentro de nuestro proceso de entrenamiento cuando esté orientado a que los jugadores puedan soportarlas. Ahora bien, será necesario tener en cuenta todos los factores que pueden influir en la respuesta fisiológica del deportista en el entrenamiento y en la competición, para poder llegar a interpretar de forma correcta los datos que nos aportan los diferentes parámetros fisiológicos, teniendo en cuenta el contexto de interacción y de comportamiento en el cual tienen lugar.

4.3.3. FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC MEDIDOS EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN

4.3.3.1. CONSIDERACIONES INICIALES

La FC aumentará o disminuirá, de forma principal, debido al diferente tipo e intensidad del esfuerzo que esté realizando el deportista, ya sea en el entrenamiento o en la competición. En este sentido, Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos y Menchinelli (1987) afirmaban que el comportamiento de la FC durante los partidos de competición y entrenamiento en baloncesto confirmaba la variabilidad del empeño cardiovascular, con valores de FC que se modificaban constantemente en el tiempo, llegando a alcanzar valores máximos. Este hecho parece demostrar que la FC se adapta al tipo de esfuerzo intermitente,

con periodos aleatorios de actividad alta e incluso máxima y periodos de actividad baja e incluso de “parón físico”, que requieren los deportes de equipo.

Por otro lado, y en relación con lo anteriormente expuesto, también se ha confirmado en poblaciones de deportistas (López, Casajús, Terreros y Aragonés, 1988), tras realizar una prueba de esfuerzo máximo en cinta rodante, que la FC muestra una rápida disminución tras el esfuerzo pudiendo descender en 30 segundos más de 25 lat/min, lo que corrobora la buena adaptación, en cuanto a la expresión de los diferentes esfuerzos, que pueden presentar los registros de FC que podemos medir en entrenamiento y en competición en los deportes de esfuerzo intermitente. También debemos tener en cuenta que las velocidades de recuperación varían de un individuo a otro y dependen del nivel de entrenamiento de resistencia. La pendiente de la disminución de la FC postejercicio es la misma, cualquiera que sea el nivel de entrenamiento. La diferencia reside en el hecho de que, para una misma potencia absoluta de ejercicio el deportista entrenado tiene una FC inferior a la del no entrenado, por lo tanto, recuperará más rápidamente un valor de latidos/minuto (Billat, 2002).

No obstante, esta adaptación de la FC al esfuerzo exigido no es inmediata, ya que, existe un lapso de tiempo, entre cuando se comienza un esfuerzo y cuando la FC expresa la intensidad de dicho esfuerzo (Ackland, 1998). Es decir, en deportes donde el tipo de esfuerzo es intermitente, como el fútbol, la FC no es capaz de expresar al segundo la carga de trabajo fisiológico que tiene soportar en cada momento, sino que existe un tiempo de latencia entre la realización del esfuerzo y la expresión de éste en valores de carga interna de FC.

4.3.3.2. FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC MÁXIMA

Weineck (1994) considera que la FCM en esfuerzo disminuye al aumentar la edad, siendo éste un factor condicionante de la misma. Además, la medición de la FCM puede verse alterada por diversos factores, los cuales no son fáciles de controlar: nivel de condición física, fatiga, motivación, o estrés. (Boudet, Garet, Bedu, Albuissou & Chamoux, 2002).

Chatard (1998) realizó una descripción de cada uno de los factores de variación de la FC máxima:

1. La FCM disminuye con la edad. Esta disminución se relaciona con una bajada en la sensibilidad de las células del miocardio a las catecolaminas, con una disminución de los receptores específicos de las catecolaminas, y con una disminución de la secreción de las mismas.
2. La FCM varía en función de la posición en la que se realiza el ejercicio, ya que, en una posición tumbada, como por ejemplo en la natación, la FC máx disminuye una media de entre 5 y 10 lat/min. Este hecho se debe a que la posición tumbada favorece el aumento del retorno venoso.
3. La FCM varía con el entrenamiento. En los sujetos entrenados, la FC máxima disminuye por el efecto “de freno” del sistema nervioso parasimpático o de la fatiga.
4. La demora hasta que se alcanza la FCM es variable. Esta depende del grado de calentamiento y del nivel de aptitud física.
5. Nivel de aptitud física: en sujetos jóvenes no existe relación entre la FCM y el nivel de aptitud física, sin embargo, en el resto de sujetos la FCM es proporcional al rendimiento, ya que, los sujetos que mantienen un nivel mayor en su FC máxima en el envejecimiento rinden estadísticamente más que los otros.

Todos estos factores debemos tenerlos en cuenta a la hora de evaluar la FC máxima del jugador de fútbol, ya que, resulta un paso absolutamente necesario si queremos prescribir la intensidad de entrenamiento individual de los jugadores en función de la FC.

4.3.3.3. FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC DE BASE

El entrenamiento parece ser el factor que de forma más determinante va a afectar a los valores de la FC de base. Los sujetos con un alto nivel de entrenamiento presentan una bradicardia basal con respecto a sujetos no entrenados o menos entrenados, tal y como pudimos observar en el punto 4.1.5. También, factores emocionales, nerviosismo y aprensión pueden afectar a la FC en reposo (Astrand y Rodahl, 1986). El efecto de todos estos factores es el inverso al de efectuar un entrenamiento regular, es decir, la FC de base se verá aumentada en las situaciones donde tenga lugar uno o varios de los factores antes mencionados.

Como en el caso de la FC máxima, debemos tener en cuenta estos factores a la hora de evaluar la FC basal del jugador de fútbol, si queremos prescribir la intensidad de entrenamiento individual de los jugadores en función de la FC.

4.3.3.4. FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC MEDIDOS EN EL ENTRENAMIENTO

Los valores de FC se pueden ver alterados por diversos factores que debemos tener en cuenta si queremos determinar e interpretar correctamente la carga fisiológica de trabajo de los jugadores durante el entrenamiento en función de este parámetro. No obstante, no debemos olvidar que el primer factor, y principal, por el cual se produce una variación en la FC de un jugador durante el entrenamiento es la intensidad de la tarea, es decir, del propio entrenamiento. Otros factores que debemos tener en cuenta, siguiendo a Ackland (1998), hacen mención a:

1. Una enfermedad por la que esté atravesando el jugador, que tiene el mismo efecto sobre la FC que el sobreentrenamiento, es decir, hace subir la FC.
2. La medicación que esté tomando el jugador, ya que, son varios los medicamentos que influyen la FC, como los betabloqueantes que disminuyen la FC de base, de entrenamiento y la FC máxima, los medicamentos antiasmáticos que incrementan la FC, y los diuréticos y los estimulantes (anfetaminas, cafeína, etc) que también provocan una subida en la FC.
3. La ansiedad o el estrés mental elevará en algunas ocasiones la FC durante el entrenamiento, aunque el ejercicio normalmente ayuda a reducir el estrés.
4. El tipo de medio de entrenamiento que utilicemos en algunos momentos, debido a que un jugador tendrá diferentes valores de FC con diferentes medios de entrenamiento para un mismo nivel de esfuerzo: carrera, bicicleta, natación, etc. Este hecho se debe al número de grupos musculares implicados (cuantos más músculos esten implicados, más alta será la FC) y a la posición que adoptemos, ya que, en posición horizontal como es el caso de la natación, se facilita el retorno venoso e implica una disminución de los valores de FC para un mismo nivel de esfuerzo.
5. Una técnica deportiva eficaz tenderá a disminuir los valores de FC en ciertos jugadores (técnica de carrera adecuada, dominio del balón en carrera, buena técnica de natación, etc.)
6. Una recuperación insuficiente entre sesiones de entrenamiento provocará que la FC esté más elevada en la siguiente sesión de entrenamiento, debido a que la FC de base se encuentra por encima de sus valores habituales.
7. La pérdida de fluidos y la deshidratación pueden provocar una disminución del rendimiento y podría afectar a la FC elevándola. Asociada con esta posibilidad se encuentra la subida de la temperatura corporal, ya que, al perder fluidos se eleva la temperatura corporal del jugador provocando un incremento en su FC (de Dios Beas,

García-Contreras, García y Fernández, 1998; Köning y cols, 2001). Este hecho tiene lugar cuando se prolonga un ejercicio en un medio ambiente caluroso con respecto al mismo ejercicio a una temperatura ambiente baja (Astrand y Rodahl, 1986). No obstante, la deshidratación y la hipertermia, por separado, no reducen de forma significativa el “output” cardiaco. En cambio, ambos procesos en combinación (perdida del 4% del peso corporal y subida de 1°C de la temperatura corporal) producen una reducción significativa en el “output” cardiaco, es decir, un incremento en la FC, un descenso en el flujo de sangre a los músculos, en la presión sanguínea, etc (González Alonso, 1998). Sin embargo, esta modificación en la FC puede ser solamente de unos pocos lat/min (Hopkins, 1991), e incluso una previa aclimatización a la temperatura ambiente, puede minimizar los efectos del estrés térmico, en la FC, durante el ejercicio moderado (Gilman, 1996).

8. Una nutrición adecuada, en general, mantendrá una FC tendente a la baja para un mismo nivel de esfuerzo. En caso contrario, la tendencia será a la inversa, aunque siempre dependerá del tipo de comida que el jugador esté ingiriendo habitualmente.
9. La fatiga muscular puede afectar a los valores de FC, de forma general, tenderá a elevarla. Esta elevación de la FC es debida a la disminución del pH sanguíneo (de Dios Beas, García-Contreras, García y Fernández, 1998). Sin embargo, a largo plazo y a altas intensidades de entrenamiento la fatiga no permitirá al jugador alcanzar los valores de FC que quiera, es decir, tenderá a disminuirla.

Por último, uno de los factores que parece no afectar a los valores de FC, durante el entrenamiento, es el calentamiento previo. Chesler, Michielli, Aron & Stein (1997) analizaron la respuesta cardiovascular al ejercicio intenso repentino. En su estudio realizaron dos tests idénticos de elevada intensidad, en cicloergómetro, consistente en pedalear durante 30 segundos a 400 watos a 80 rpm. Uno de los test con previo calentamiento y el otro sin él. Los resultados mostraron que tanto si este ejercicio se realizaba con el debido calentamiento o no, la respuesta cardiovascular no resultaba inadecuada, no presentándose cambios isquémicos en el ECG.

4.3.3.5. FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC MEDIDOS EN LA COMPETICIÓN

Dentro de la competición, los principales factores que creemos que debemos tener en cuenta a la hora de determinar y posteriormente interpretar correctamente la carga/estrés fisiológico que supone la competición para el jugador de fútbol, en función de la FC, son:

1. La propia competición, es decir, el análisis de la competición (la naturaleza del juego, los factores de rendimiento, las dimensiones del terreno de juego, etc) que nos va a permitir comprender las evoluciones propias de la FC dentro de cada deporte en concreto, en este caso el fútbol.
2. El esfuerzo del jugador en el transcurso de la competición.
3. Otros factores pueden influir en que la FC no sea fiel reflejo de la carga fisiológica y del esfuerzo físico que soporta el jugador en competición. Estos factores pueden ser los mismos que pueden afectar a los valores normales de FC del jugador durante el entrenamiento, sin embargo, consideramos que tienen especial relevancia los que hacen mención a:
 - ▶ La ansiedad o el estrés mental.
 - ▶ La recuperación insuficiente entre la última sesión de entrenamiento y la competición, o entre competiciones.
 - ▶ La pérdida de fluidos y la deshidratación.

En concreto, hablando específicamente del fútbol, la duración de la actividad, las dimensiones del espacio de juego, el estrés psicológico por la presencia de adversarios reales, la tensión por la obtención del resultado, la presencia de público y un ambiente más o menos favorable, son algunos factores, entre otros, que pueden incrementar las demandas sobre la función cardiaca (Blanco, 1997), aunque es necesario puntualizar a este respecto que Nogués Martínez (1998) no encontró diferencias significativas en los valores de FC de los jugadores entre los partidos de competición jugados como local y los jugados como visitante, en jugadores no profesionales.

Como podemos observar el concepto de estrés aparece siempre como uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de medir, y posteriormente interpretar de forma adecuada los valores de FC. El estrés ha sido definido como una respuesta adaptativa a un estímulo externo. Además, el estrés, dentro del ámbito de la actividad física y el deporte, significa el nivel de activación en que se encuentra un ser vivo o alguno de sus órganos o sistemas, con el objeto de exigirle un rendimiento superior al normal y así afrontar con éxito cualquier situación que se le presente a lo largo de su vida deportiva. El estrés será, por lo tanto, el nivel de excitación y el nivel de respuesta alcanzada, aspectos que no siempre alcanzan el mismo grado o situación (García Manso, 1999). De esta forma, el estrés es un aspecto inherente al deporte de competición y puede ser considerado dentro de este como un complejo proceso psicofisiológico a menudo resultante de los cambios

emocionales, cognitivos y fisiológicos que provoca la competición (Filaire, Sagnol, Ferrand, Maso & Lac, 2001a).

El estudio del estrés en el fútbol ha evidenciado algunos puntos de relación entre el estrés psíquico y el fútbol, especialmente en jugadores al inicio de su carrera (Braga, Valdés y Ferreira, 2004). Además la región del país, la condición de profesional o amateur, así como la franja de edad influyen en la percepción de las situaciones estresoras (Braga, Valdés y Ferreira, 2004).

Hablando en términos más fisiológicos, tal y como señalan Iellamo y cols (2003), las respuestas e interacciones del eje hipotalámico-pituitario-adrenal y del sistema neurovegetativo, pueden jugar un papel clave en señalar el nivel de estrés, sin embargo no ha sido comprobado si el estrés de la competición en atletas de elite afecta simultáneamente al funcionamiento de los sistemas endocrino y neurovegetativo. En este sentido, Iellamo y cols (2003) no encontraron diferencias significativas en los valores de FC y en sus variaciones, medidas en intervalos R-R, recogidos por la mañana y por la tarde en días de entrenamiento, y los recogidos, de igual modo, en un día de competición, en atletas del Equipo Olímpico Italiano. No obstante, si encontraron que los niveles de cortisol, recogidos por la mañana, eran significativa y marcadamente más altos el día de la competición que en los días de entrenamiento, y se incrementaban aún más por la tarde, en contraste con los días de entrenamiento, donde los niveles de cortisol decrecían por la tarde. De este modo, han podido constatar el distinto efecto que el estrés de la competición induce en el control neurovegetativo de la FC, y en la secreción de cortisol, en atletas de elite.

Llegados a este punto, podría resultar interesante también puntualizar, con el ejemplo gráfico que propone Billat (2002), que después del nerviosismo que puede experimentar una campeona olímpica de los 400 m. justo antes de la final, en la que debe intentar conservar su título, el esfuerzo máximo borra cualquier modificación cardiovascular, comparado con una simple carrera de 400 m. de serie. Por lo tanto, los valores máximos no se verán alterados por los factores emocionales, que son difuminados por los estímulos debidos a la potencia metabólica requerida, al menos, durante el esfuerzo.

En definitiva, a pesar de que se ha puesto de manifiesto la enorme complejidad que representa la cuantificación de estos factores (Vidalin, 1999), se hace necesario intentar conocer en que medida estos factores pueden afectar a la fiabilidad de la FC como un indicador de la carga o el estrés fisiológico que soportan los jugadores de fútbol en la competición, para ello, debemos acudir a aquellas experiencias y estudios que hayan tenido

lugar dentro del contexto de la competición deportiva, debido a que sólo ellos nos pueden ofrecer una información relevante y pertinente, como ya adelantamos en el punto 4.3.2.3.

Tabla 17. Resumen de la respuesta cardíaca ante diversos factores. Modificado de Ackland (1998)

<i>Causa de la variación</i>	<i>Al inicio (min/horas)</i>	<i>A corto plazo (horas/días)</i>	<i>A largo plazo (semanas/meses)</i>
Enfermedad	Sube	Sube	Baja
Estrés	Sube	Sube	Baja
Recuperación insuficiente	Sube	Sube	Baja
Perdida de fluidos	Sube	Sube	Sube
Fatiga muscular	Sube/baja	Sube/baja	Baja
Depleción de glucógeno	Baja	Baja	----
Altitud	Baja	Sube	Normal
Calor	Baja	Sube	Normal
Frio	Baja	Sube	----
Humedad	Baja	Sube	Normal
Jet Lag	Sube	Sube	Normal
Sobreentrenamiento	Sube	Sube	Baja
Polución	Sube	Sube	----
Tabaco	Sube	Sube	----
Perdida de sangre	Sube	Sube	----

4.3.4. LAS EXPERIENCIAS DE UTILIZACIÓN DE LA FC, COMO INDICADOR DE CARGA FISIOLÓGICA DEL DEPORTISTA, DENTRO DEL CONTEXTO DE LA COMPETICIÓN Y DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

La FC es un parámetro frecuentemente utilizado como indicador de intensidad del esfuerzo y como medida indirecta del coste energético de la actividad física (Solomonko, 1979). En este sentido, Chatard (1998) afirmaba que el principal interés de medir la FC reside en la cuantificación de la intensidad del entrenamiento o del rendimiento. Este autor mantiene que la relación entre la FC y la velocidad de carrera o la potencia muscular es, de forma global, lineal, ya que, a todo aumento de la potencia muscular, corresponde un aumento en la FC. De esta forma, definía la FC máxima como el 100% del consumo de oxígeno y el porcentaje de 0% teórico corresponde a la FC de reposo. De hecho, las prescripciones del entrenamiento basadas en la FC, para designar los parámetros metabólicos con la subsecuente monitorización de la FC, proporcionan a entrenadores y atletas exactitud en la medición de la intensidad del entrenamiento (Gilman & Wells, 1993).

Sin embargo, también se ha definido a la FC como un método de control de la intensidad del entrenamiento o la competición que no siempre resulta válido, ya sea por la variabilidad en la respuesta individual, ya sea por la presencia de otros factores que afecten a su comportamiento normal (Faina y cols, 1992). En esta línea, López Calbet, García, Fernández y cavaren (1995) determinaron, en estudiantes de Educación Física, y a través

de test de esfuerzo en tapiz rodante conforme al protocolo de Conconi (El test de Conconi consiste en un test de esfuerzo de intensidad progresiva hasta el agotamiento durante el cual se determina la FC al final de cada incremento de intensidad), que la relación entre FC e intensidad de esfuerzo era lineal sólo a intensidades bajas de esfuerzo, es decir, que la relación entre FC e intensidad de esfuerzo es curvilínea durante el ejercicio de intensidad progresiva. No obstante, se desconocen los mecanismos fisiológicos responsables de esta inflexión en la FC y las razones de la ausencia de inflexión en algunos sujetos.

Podría incluso llegar a pensarse tal y como expone Vidalin (1999) que la evaluación de las cargas de trabajo no ha sido resuelta de una manera objetiva y reproducible. Ahora bien, en base a todas estas elucubraciones, será necesario conocer como evoluciona la FC ante los distintos tipos de esfuerzo, en los entrenamientos y en las competiciones, en diferentes deportes para poder conocer su grado de adaptación a los mismos y su grado de fiabilidad como indicador de carga fisiológica.

4.3.4.1. LAS EXPERIENCIAS EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN DE LOS JDC

Dentro de los JDC, la FC ha sido utilizada, como indicador de la intensidad del esfuerzo, en el Balonmano (Roatino y Poty, 1983, en Masach, 1992a), Hockey patines (Blanco, Enseñat y Balagué, 1994), Baloncesto (Zaragoza, 1996), Voleibol (Moras y Zurita, 1999; González, Ureña, Santos, Llop y Navarro, 2001), Fútbol Sala (Álvarez, 2001; Álvarez, Serrano, Giménez, Manonelles y Corona, 2001a; Álvarez, Serrano, Giménez, Manonelles y Corona, 2001b; Barbero, Granda y Soto, 2004), y por supuesto, en el Fútbol, al que se dedica un capítulo aparte. Los resultados y conclusiones de estos estudios nos permiten establecer una serie de consideraciones al respecto:

Por un lado, la FC es un indicador muy útil y fiable del trabajo realizado y de la adaptación cardiovascular al esfuerzo (Álvarez, 2001), ya que, a pesar de la gran cantidad de factores que influyen en la FC, ésta es un indicador válido para valorar la carga interna en los deportes de equipo de forma práctica y sencilla, y que suministra información inmediata sobre las características del estímulo aplicado (Zaragoza, 1996). No obstante, se ha comunicado, que una misma acción se traduce por frecuencias cardíacas más elevadas cuando ésta corresponde a un partido que cuando se efectúa en una sesión de entrenamiento (Roatino y Poty, en Masach, 1992a). En contraposición, también se ha afirmado que durante ejercicios máximos repetidos, como puede ser el caso de los JDC, la

FC es notablemente similar en diversas condiciones, con una desviación estándar de ± 3 lat/min (Astrand y Rodahl, 1986).

Resulta lógico estimar que una misma acción de juego realizada por un jugador, se traduzca en un valor de FC superior cuando ésta se produce en competición, en relación a cuando dicha acción se produce en un entrenamiento, ya que, se considera que la competición supone para un jugador una carga máxima en todos los niveles (físico, fisiológico, psicológico, etc.) es decir, por ejemplo, resulta evidente que el grado de oposición del adversario es mayor en competición que en un entrenamiento entre compañeros, lo que obliga a un mayor desempeño físico y, por ende, fisiológico del jugador en la competición. Además, la mayor importancia del resultado en una competición que en un entrenamiento, obliga al jugador, de forma clara, a un mayor desempeño físico y fisiológico en la competición.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que en el entrenamiento moderno se busca que exista una transferencia muy alta entre las sesiones de preparación y competición, por lo que dentro de esta dinámica de trabajo se exigirá que también los valores de FC registrados en situaciones de entrenamiento y en competiciones sean similares. En este sentido, Blanco, Enseñat y Balagué (1994), después de haber registrado la FC, durante 3 sesiones de entrenamiento y durante 7 partidos de competición oficial de play-off, en 8 jugadores profesionales del Igualada Hoquei Club, encontraron que los valores de FC en entrenamiento oscilaban entre 105 y 196 lat/min y en competición entre 122 y 181 lat/min, lo que para estos autores, junto con el análisis de otras variables fisiológicas, determinaba que la realización de los ejercicios de entrenamiento presentaba una gran similitud con el esfuerzo soportado por los jugadores en competición. Entendemos, por tanto, que la gran similitud, en cuanto a los valores de FC en situaciones de entrenamiento con respecto a los valores de competición, manifiesta una transferencia muy alta entre las sesiones de preparación y la competición.

Por otro lado, se ha establecido la valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la FC, debido a que evaluar la intensidad de trabajo por otros métodos, en los niveles en los que se realizan las acciones físico-técnicas o técnico-tácticas, resulta muy complicado (Moras y Zurita, 1999). La dificultad que entraña utilizar porcentajes de fuerza máxima, de velocidad de ejecución, o de concentración de lactato como indicadores de la intensidad, plantea la necesidad de utilizar otros métodos para no descuidar el control de la carga de entrenamiento en estas situaciones (Moras y Zurita, 1999).

En contraposición, la simplicidad de la valoración, los estudios de campo realizados, y la relación directa que guarda con la adaptación individual del sujeto al estímulo concreto de entrenamiento, hacen de la FC un medio muy útil para que el entrenador valore la intensidad de los diferentes ejercicios en función del ritmo de ejecución (Moras y Zurita, 1999). Además, los registros de FC, en competición en el voleibol, presentan amplias fluctuaciones que se deben fundamentalmente a la alternancia de fases de trabajo y de reposo (González, Ureña, Santos, Llop y Navarro, 2001). Este hecho vendría a confirmar la adaptación de la FC al tipo de esfuerzo intermitente característico de los JDC.

También se puede señalar, en base a los resultados del estudio de Álvarez (2001) sobre perfil cardiovascular y metabólico de jugadores profesionales y amateurs de fútbol sala (las mediciones de FC y tensión arterial fueron realizadas en competición, entrenamiento, preejercicio y postejercicio), que los valores de FC máxima y FC media no varían de forma significativa de un partido a otro tanto en profesionales como en amateurs, lo que nos da a entender que los valores de FC registrados en competición presentan una cierta estabilidad, teniendo siempre en cuenta el perfil individual de las adaptaciones cardiovasculares de cada jugador.

4.3.4.2. LAS EXPERIENCIAS EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN EN OTROS DEPORTES

La FC ha sido usada, como indicador de la intensidad del esfuerzo, en deportes como la Gimnasia Deportiva (Marina Ervard, 1990), el Judo (Cottin, Papelier, Durbin, Maupu, et Escourrou, 2001), la Vela ligera (Parals, 1993; Picazos y Barbany, 2000), la Esgrima (Iglesias y Rodríguez, 1995), el Salto de Trampolín (Brochado y Kokubun, 1998), el Triatlón (Ackland, 1998), y el Tenis (Köning y cols, 2001; Ferrauti, Neumann, Weber & Keul, 2001). Además, también se ha investigado su comportamiento para poder demostrar la respuesta al estrés psico-fisiológico del ser humano (García Manso, 1999). Los resultados y conclusiones de estos estudios nos permiten establecer una serie de consideraciones al respecto:

Uno de los factores que podría intervenir en la respuesta cardiaca de un deportista durante la realización de elementos y habilidades específicas de una disciplina deportiva es el grado de dificultad que representa cada habilidad para cada uno de los deportistas, ya que, se han obtenido curvas de valores de FC con diferencias señalables, tanto en sus perfiles como en sus valores absolutos, entre gimnastas de elite, para un mismo tipo y número de elementos (Marina Evrard, 1990). Este hecho también podría deberse al

diferente tipo de esfuerzo que representa realizar un doble mortal a un gimnasta que lo está aprendiendo con respecto a otro que lo está perfeccionando (Marina Evrard, 1990).

De igual modo que en el estudio anterior, aunque se ha determinado que la respuesta de la FC en el salto de trampolín acrobático no mostraba diferencias significativas entre los individuos en la series realizadas en diferentes días, sí se han encontrado diferencias entre las diversas series, siendo la FC mayor cuanto más alto era el nivel de dificultad, es decir, cuanto menor es el dominio de los elementos, en función de la dificultad creciente, mayor será la exigencia del organismo (Brochado y Kokubun, 1998).

Por otro lado, el análisis de la FC junto con el de los momentos relevantes de la regata (paso por boya, salida, llegada, situaciones comprometidas, estado del mar, intensidad y dirección del viento), durante la competición en vela ligera, parecen mostrar que los valores de FC se alcanzan básicamente debido a dos factores: físicos o de esfuerzo muscular, y psicológico, que alteraría la FC sobretudo en momentos de estrés precompetitivo y competitivo como es el caso de la salida, los pasos por boyas, etc. (Parals, 1993). Las maniobras, en todas las modalidades, podrían provocar alteraciones en la respuesta cardiaca así como el estado del mar, la intensidad del viento y las situaciones especiales (Picazos y Barbany, 2000).

Además, el análisis de la respuesta fisiológica, mediante el análisis de la FC como indicador de la intensidad relativa del esfuerzo, en torneos de competición internacional de esgrima (Iglesias y Rodríguez, 1995), indicó que la FC estaba condicionada por la eliminatoria que se estaba disputando, el nivel del contrincante y las condiciones particulares de cada asalto, siendo estos factores probablemente los que condicionaban la gran variabilidad intra e interindividual de los valores de FC registrados, no encontrando diferencias significativas entre las medias de FC de los asaltos ganados respecto a los perdidos.

Siguiendo con estas consideraciones, Ackland (1998) ha estimado que la elevación de la FC debido a la ansiedad y el estrés previo a la competición puede estar entre 5 y 10 lat/min en triatletas.

Otra disciplina deportiva, como es el paracaidismo, ofrece unas características óptimas para el estudio del fenómeno del estrés deportivo de origen psicológico, por tratarse de un deporte que implica un modesto compromiso metabólico durante su ejecución y al mismo tiempo tratarse de una actividad que implica gran riesgo y produce en el sujeto

grandes niveles de estrés psicológico (García Manso, 1999). Estas características han sido demostradas por García Manso (1999) cuando recoge unos valores importantes de FC (173 ± 10.8 pul/min, $87.3\% \pm 7.6$ de la reserva de FC) en sujetos no iniciados, motivados por el estrés que produce realizar el salto desde el avión. No obstante, los efectos del estrés psicológico en la FC parecen atenuarse sensiblemente en estas disciplinas deportivas por el efecto que produce el entrenamiento sobre la respuesta general de adaptación con deportistas no iniciados en situaciones de bajo compromiso metabólico y alto estrés psicológico, ya que, como podemos ver en la tabla 18, existen diferencias significativas en el pico de FCM entre la primera situación vivenciada y el resto de situaciones, disminuyendo los valores de FC a medida que aumenta la experiencia de los sujetos.

*Tabla 18.-Respuesta cardiaca en diferentes saltos en paracaídas y trampolín.
Modificado de García Manso (1999)*

<i>Disciplina Deportiva</i>	<i>1º salto</i>	<i>3º salto</i>	<i>Último salto</i>
Salto en Paracaídas	173.4 ± 10.8 lat/m	162.2 ± 12.2 lat/m	160 ± 11.5 lat/m
Salto desde plataforma de 10 m	150.4 ± 30.5 lat/m	124.3 ± 25.5 lat/m	122.9 ± 22.6 lat/m

Por último, hay que destacar que las concentraciones de epinefrina (catecolamina responsable del aumento de la FC) en las muestras de precompetición y post competición son significativamente más altas en los torneos que en los entrenamientos en jugadores de tenis de elite, no obstante, la concentración de norepinefrina no difiere entre ambas situaciones (Ferrauti, Neumann, Weber & Keul, 2001). Por otro lado, los jugadores de mayor nivel (Copa Davis) muestran concentraciones constantes intraindividuales, pero diferentes interindividuales (Ferrauti, Neumann, Weber & Keul, 2001).

4.3.4.3. LAS EXPERIENCIAS EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN EN EL FÚTBOL

Podría ser que sólo la FC pudiera testimoniar las evoluciones metabólicas de un sujeto durante una competición de fútbol, (Deroanne, Pirnay, Servais et Petit, 1971; Dufour, 1982) sobre todo cuando nos estamos refiriendo a una competición cuya duración tiende a ser mayor de 90 minutos. En este sentido, Soares (1988) considera que la FC es un medio de evaluación de la intensidad de esfuerzo relativamente riguroso y adaptado a los JDC, debido a la posibilidad de evaluación continua que presenta. Más concretamente, Roi y cols (2000) han determinado que la FC puede ser utilizada para monitorizar la intensidad del

entrenamiento, teniendo en cuenta la variabilidad interindividual, en los jugadores de fútbol profesionales.

También se ha especificado la validez de los estudios de FC como parámetro indicador de la adaptación instantánea del deportista al entrenamiento, permitiendo controlar la intensidad de los entrenamientos en el fútbol, de mejor manera que si se realiza en base a la velocidad de carrera, no aplicable a ejercicios con balón (Pablos y Huertas, 2000). De este modo, la valoración de la carga por su aspecto interno, a través del estudio de la evolución de la FC, puede ser muy útil para los entrenadores, ya que, permitiría la utilización de este parámetro en los entrenamientos como medio de valoración y control y, por otra parte, la cuantificación de la carga de entrenamiento suministrada (Pablos y Huertas, 2000).

No obstante, De Bruyn- Prevost et Thillens (1983) lanzaron la hipótesis de que la FC podía reflejar el estrés durante un periodo de inactividad como si se tratase de una fase capital del juego, lo que indicaba una adaptación insuficiente del sistema circulatorio en el caso de esfuerzos breves e intensos como los que tienen lugar en el fútbol. De esta forma, la FC resultaba ser un parámetro insuficiente para poder valorar la intensidad de los esfuerzos en el fútbol. Este hecho también puede deberse, en parte, a que la muestra de registros de FC podría tener lugar cada 30 seg en lugar de cada 5 seg o R-R como ocurre en la actualidad, ya que, tal y como advertían Ali & Farrally (1991b) con una recogida de datos cada 15 segundos solamente se pueden tener algunos rastros o señales de la FC que corresponde a cada uno de los tres o cuatro movimientos que tienen lugar en ese intervalo en un partido.

Sin embargo, el reflejo de los cambios rápidos en el desplazamiento puede seguirse a través de la FC. Si la FC es recogida con una cadencia de cada 5 segundos, será posible detectar desde la FC casi todos los cambios en el movimiento en el transcurso del partido (Ali & Farrally, 1991b). Además, la monitorización de la FC, a pesar de ser un método de evaluación indirecta de la intensidad del esfuerzo, ha sido utilizada en el fútbol pues presenta la ventaja de no ser invasivo y ser relativamente económico (Ferreira, 2002).

Por otro lado, se ha supuesto, que parte de la respuesta cardiaca durante la competición pueda ser causada por el estrés emocional (Rohde & Espersen, 1988). No obstante, aunque no se ha demostrado que, en parte, las cargas altas de trabajo físico puedan neutralizar los efectos del estrés, este hecho parece que en cierta manera pueda tener lugar (Rhode & Espersen, 1988). De este modo, Bosco (1993), Tumilty (1993), y Soares (1988) estiman que la FC es un parámetro influenciado por las condiciones psico-

fisiológicas del sujeto, y por factores tales como la temperatura ambiente, la edad, la condición física, la masa muscular solicitada, o el tipo de ejercicio, etc.

Incluso Dufour (1982), ha determinado que los jugadores presentan valores de FC diferentes, para una misma situación, según se mida en un entrenamiento, partido amistoso o competición (tabla 19)

Tabla 19. Evolución de la FC en función de la situación de juego. Modificado de Dufour (1982)

<i>Situación</i>	<i>Entrenamiento</i>	<i>Partido amistoso</i>	<i>competición</i>
Calentamiento	78-138 lat/min	96-126 lat/min	138-150 lat/min
Carrera	120-150 lat/min	126-132 lat/min	120-162 lat/min
Sprint con balón	120-150 lat/min	150-174 lat/min	162-216 lat/min

A raíz de estos resultados, y siguiendo a García y Ardá (2005) quizá deberíamos pensar que la FC es un mal indicador de la carga interna y del gasto metabólico, ya que el factor estrés psicológico aparece como determinante, llevando a una sobreestimación de dicha carga. Sin embargo, existen ciertos puntos a este respecto que no quedan suficientemente claros, como por ejemplo el contexto de la situación de juego en que se desenvuelve el jugador analizado en cada uno de los casos estudiados, ya que, no representa el mismo estrés fisiológico la carrera de un jugador en repliegue defensivo que la carrera de un jugador para oponerse al jugador con balón, o el sprint con balón con un oponente directo que el mismo sprint sin un oponente directo. En este sentido, para poder establecer este tipo de comparaciones es necesario que tanto la actividad y la habilidad motriz específica sean idénticas, como que el contexto de la situación de juego también lo sea.

Garganta (1997), a este respecto, estima que se registran claras diferencias interindividuales de este indicador debido a un conjunto de factores que pueden afectar a su expresión: edad del sujeto, estado de entrenamiento, tipo de esfuerzo, fases del juego, condiciones ambientales, estado del terreno de juego, nivel competitivo, motivación, entre otros. De esta manera, pese a la larga utilización de la FC, la interpretación de sus valores debe ser realizada con cuidado (Janeira, 1994, en Garganta, 1997). No obstante, Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catilina et Coudert (1988), a la vista de las curvas de FC de los jugadores estudiados por ellos, determinan que el estado de alerta por el que las pulsaciones cardiacas preceden al esfuerzo se trata de un mito, ya que, obtienen una

excelente coherencia en sus resultados a través de la utilización sistemática y racional de la FC en un protocolo bien definido.

Por otro lado, tal y como habíamos señalado, en el apartado anterior, en el entrenamiento moderno se busca que exista una transferencia muy alta entre las sesiones de preparación y competición en los JDC en general y en el fútbol en particular. En este sentido, es necesario señalar la importancia que tiene la valoración de la transferencia del ejercicio de entrenamiento hacia la competición a través de la identificación cuantitativa y cualitativa de las situaciones de entrenamiento en la competición, así como de las diferencias, entre los dos momentos, en términos de carga interna valorada por la respuesta cardiaca (Bezerra, 2000).

Bezerra (2000), tras registrar la FC de jugadores profesionales portugueses en competición y correlacionarla con los registros de FC de esos jugadores en un ejercicio tipo de entrenamiento considerado fundamental en la organización del juego de su equipo, ya que, tiene lugar en un 46% de las acciones ofensivas de este equipo en la competición, concluye que los resultados obtenidos demuestran que, independientemente del puesto específico del jugador, la intensidad del ejercicio de entrenamiento propuesto (medida en valores de FC) es muy similar a la encontrada en el partido, considerando en consecuencia que los componentes de carga interna y externa pueden y deben estar íntimamente ligados.

En esta línea también, Pablos y Huertas (2000) han definido un sistema de evaluación fisiológica de las propuestas de entrenamiento integrado en base al estudio de la adaptación del sistema cardiovascular (basada en la evolución de la FC) para poder medir la intensidad de la carga aplicada por los diferentes ejercicios de entrenamiento sometidos a ensayo y compararlos posteriormente con los valores de FC obtenidos en la competición. La metodología empleada con los datos obtenidos en jugadores de Tercera División Nacional Española les ha permitido avanzar en el conocimiento del rendimiento cardiovascular analizado en función de la evolución de la FC en competición de los jugadores de fútbol.

La FC también se ha utilizado como indicador de intensidad y de carga de trabajo para poder comparar la resistencia especial en jugadores profesionales y amateurs (Golomazov y Shirva, 1997). El experimento consistió en la comparación entre ambos grupos a través de los resultados obtenidos en dos tests distintos. En el primero se trataba de realizar una conducción de balón a la mayor velocidad posible durante 25 metros y tirar a gol, durante esos 25 metros el jugador se enfrentaba a la oposición de un adversario en los primeros 5 metros y luego sorteaba picas en zig-zag separadas 1 metro entre sí,

realizándose un buen número de repeticiones. El segundo test consistía en realizar el test de Cooper. Los resultados demostraron que los jugadores profesionales realizaron un mayor número de repeticiones del test específico que los amateurs con los mismos parámetros de FC, sin embargo, en el test de Cooper no hubo diferencias significativas.

Por último, se ha propuesto la utilización de forma práctica de la FC, con jugadores profesionales, para calcular la intensidad del esfuerzo del entrenamiento (Mombaerts, 2000; Roi y cols, 2000). Para poder validar esta propuesta, se utilizaron los niveles de lactato, de FC, y de velocidad de carrera que correspondían a los umbrales aeróbicos y anaeróbicos (2mMol/l y 4mMol/l respectivamente) obtenidos a través de un test de laboratorio de esfuerzo máximo incremental. De esta forma, tal y como sugieren Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catilina et Coudert (1988), admitiendo las hipótesis de equivalencia, porcentaje de potencia máxima aeróbica/ concentración sanguínea de lactato, se podrían traducir las indicaciones demandadas por el entrenador en valores de FC, además de validar el instrumento de medida. Los resultados del estudio de Roi y cols (2000), sobre 72 jugadores profesionales, determinaron que la FC prevista para el umbral aeróbico era del $84 \pm 5\%$ de la FC máxima teórica, y del $92 \pm 4\%$ de la FC máxima teórica para el umbral anaeróbico.

No obstante, es necesario no caer en un error conceptual común, que es el que se refiere a asimilar el porcentaje de PMA (potencia máxima aeróbica) al porcentaje de FC máxima (Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catilina et Coudert, 1988). Es decir, si se trabaja al 85% de la PMA para una FC máxima de 200 lat/min, el trabajo equivaldría a una FC de 170 lat/min. Sin embargo, este podría no ser un dato real, ya que, la FC útil se sitúa entre la FC basal y la FC máxima, de esta forma, se deberían calcular más bien los porcentajes de trabajo respecto a la FC de reserva. Si consideramos el ejemplo anterior, el equivalente cardiaco será en realidad de 179 lat/min en función de la siguiente operación:

$$\text{FC útil} = \text{FCmáx} - \text{FC basal. } [200 - 60 = 140 \text{ pul/min} \times 0.85 = 119 + 60 = 179 \text{ lat/min}].$$

La FC de trabajo teórico se establecería en 179 lat/min, es decir, una diferencia de nueve lat/min con respecto a considerar la FC máxima como referente del cálculo. En este sentido, para prescribir ejercicio a través de la FC, Karvonen & Vuorimaa (1988), determinaron la siguiente fórmula:

$$\text{FC de trabajo} = (\text{FC máx} - \text{FC de base}) \times \% \text{FC máx} + \text{FC de base.}$$

4.4. LA RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE FC Y LAS ACCIONES TÉCNICAS Y SITUACIONES DE JUEGO EXPRESADAS EN EL ENTRENAMIENTO Y LA COMPETICIÓN DEPORTIVA

Siguiendo a Barbero, Granda y Soto (2004), es preciso destacar la conveniencia de completar los estudios sobre la FC con mediciones de otros parámetros, tanto externos como internos.

Sin circunscribirnos exclusivamente dentro de los aspectos físicos y fisiológicos, han sido varios los deportes donde han tenido lugar estudios que describieran los valores de FC que exigían, en diferentes contextos, determinadas acciones técnicas y/o situaciones de juego tales como el Baloncesto (Colli y Faina, 1987; Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos y Menchinelli, 1987; Zaragoza, 1996), el Hockey patines (Blanco, Enseñat y Balagué, 1994), el Voleibol (Moras y Zurita, 1999), el Judo (Dopico e Iglesias, 1997), y el Fútbol (Ferret, Eclache, Quard, Jacques et Viret, 1980; Fornaris y cols, 1989; García y Ardá, 2005). No obstante, han sido escasos los estudios realizados de tales características.

En el baloncesto, Colli y Faina (1987) determinaron, respecto a los índices de FC media de las diferentes acciones técnico-tácticas en partidos de entrenamiento con jugadores profesionales, que resultaron ser la acción que termina en salto para el tiro (204-208 lat/min), el uno contra uno con balón (178-183 lat/min), la acción que termina en salto para el rebote (174-180 lat/min), y el avance rápido con balón (195 lat/min), las acciones de mayor exigencia en cuanto a la FC en todos los puestos específicos. Estos datos resultan muy semejantes a los presentados por Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos y Menchinelli (1987) y por Pérez y Sánchez (en Zaragoza, 1996) que confirman que las dos acciones que presentan valores más altos de FC son el avance con balón y el salto para el tiro.

Por otro lado, se ha verificado que dos acciones similares como son avanzar rápido sobre una misma distancia, en un caso con balón y en otro sin él, provocaban diferente respuesta en cuanto a la FC, incrementándose de forma significativa cuando el jugador conducía el balón (Colli y Faina, 1987). Este mismo hecho ocurría cuando compararon las acciones de uno contra uno con balón, sin concluir en canasta, (183 lat/min) y uno contra uno sin balón (169 lat/min). Además de alcanzar en estas acciones los valores más altos en la FC media, Colli y Faina (1987) pusieron de manifiesto la repentina subida de la FC en el momento del tiro en todos los sujetos.

En el hockey patines, Blanco, Enseñat y Balagué (1994) relacionaron los valores de FC que presentaban los jugadores profesionales, tanto en entrenamiento como en competición, con diferentes acciones técnico-tácticas específicas del hockey. En situaciones de entrenamiento, los valores más bajos de FC se relacionaron con el entrenamiento de los sistemas tácticos debido a la oposición pasiva que presentan los adversarios; por el contrario los valores más altos de FC se relacionaban con situaciones de uno contra uno con protección, con oposición activa por la posesión de la bola, y con situaciones de partido de 10, 14 y 25 minutos (Blanco, Enseñat y Balagué, 1994). En la competición, los valores más elevados de FC correspondieron a las acciones ofensivas de mayor intensidad (dribling y tiro) por la mayor participación muscular, la fuerza y velocidad de ejecución y la tensión que supone superar a un oponente o intentar batir al portero contrario (Blanco, Enseñat y Balagué, 1994).

La valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la FC ha sido realizada también en el voleibol, en situaciones de entrenamiento (Moras y Zurita, 1999). En estas situaciones, los valores de FC superiores se relacionaban con acciones de bloqueo, remate y defensa en campo, mientras que las acciones de dedos, antebrazos y saques presentaban valores de FC inferiores.

Dopico e Iglesias (1997) propusieron detectar las conductas que afecten especialmente a la elevación de la FC del judoka a través de la utilización simultánea del vídeo y del pulsómetro en una situación de randori. La sincronización de registros de variables fisiológicas con imágenes de vídeo parece la metodología apropiada para aunar las valoraciones cuantitativas y cualitativas tan necesarias en un deporte como el judo (Dopico e Iglesias, 1997). Por otro lado, el comportamiento de la FC es más estable de lo esperado, manteniéndose en niveles submáximos que rondan el 90% de la FC máxima esperada en individuos de la edad de la muestra. No encontraron ninguna situación concreta (ataque directo, trabajo en el suelo, etc) que se refleje sistemáticamente en un incremento de la FC.

Los resultados de los estudios que hacen referencia a los JDC parecen indicar que aspectos como la oposición directa, que se puede producir en un 1x1, en el salto para el rebote, en el remate, en el bloqueo, en la lucha por la posesión del balón o de la bola, etc., y la posesión del balón, que tiene lugar en el lanzamiento, el dribling, etc, entre otras, pueden ser las acciones de mayor exigencia en cuanto al comportamiento de la FC y por tanto de mayor carga fisiológica en cuanto a este indicador. En el caso concreto del judo parece lógico que la FC se encuentre en ese nivel submáximo si tenemos en cuenta que se trata de una situación definida por la continua oposición directa, activa, a lo largo de todo el randori.

Dentro del fútbol, han tenido lugar muy pocos estudios de estas características, sin embargo, si se ha tenido en cuenta su relevancia cuando se ha considerado que los índices biológicos más interesantes de la actividad competitiva se dan cuando se registran conjuntamente con los desplazamientos motores, siendo este tipo de estudios técnicamente bastante difíciles de realizar (Godik y Popov, 1998).

Dentro de uno de esos escasos estudios, Ferret, Eclache, Quard, Jacques et Viret (1980) verificaron que en el puesto específico de extremo, las elevaciones máximas de la FC aparecían después de que el jugador estuviera en contacto directo con el adversario, en situaciones tales como una carga, una entrada, etc. En este sentido, se ha manifestado de forma intuitiva la importancia de ciertas situaciones y momentos del juego, así como de ciertas acciones técnico-tácticas, cuando se ha afirmado que el jugador sólo pasa un tiempo relativamente corto pero decisivo para el juego corriendo o sprintando (lo que supone unos valores elevados de la FC). En este tiempo, el jugador realiza actividades relacionadas con la recepción de balón, los tiros a portería y el marcaje al jugador contrario (Weineck, 1994).

También se ha puesto de manifiesto que a pesar de que las actividades predominantes en el fútbol son de naturaleza aeróbica, las situaciones críticas del juego dependen de esfuerzos anaeróbicos. Cada esfuerzo de este tipo requiere un ritmo de movimiento apropiado, la ejecución de movimientos rápidos y cortos para ganar el balón y movimientos ágiles para pasar al oponente (Reilly, 2000).

A la vista de estas consideraciones tal y como sugieren García y Ardá (2005), podríamos suponer que, como en los otros JDC, las acciones y situaciones de juego que suponen al jugador de fútbol un mayor estrés fisiológico, por la mayor exigencia en cuanto al comportamiento de la FC, podrían ser las situaciones críticas de naturaleza anaeróbica que están relacionadas directamente con el balón y con la oposición directa o activa.

Esta hipótesis parece sustentarse en los resultados del estudio presentado por estos autores (García y Ardá, 2005) con jugadores de Tercera División Nacional Española en competición oficial de Liga, donde los incrementos severos de los valores de FC (10% de la FC máxima de cada jugador en un tiempo igual o inferior a 15 segundos), de los futbolistas objeto de estudio, se relacionaban de manera evidente con un contexto de situación de juego que se definía por la oposición directa que realizaban o recibían los futbolistas (1x1; 2x1...), por la presencia de balón, por estar dentro del centro de juego, y en las zonas del campo donde se desenvuelve cada futbolista estudiado de acuerdo a su puesto específico.

Sin embargo, la escasez de la muestra (2 jugadores y 37 situaciones de juego) nos debe hacer tomar con cierta precaución los resultados de este estudio.

No obstante, una de las aportaciones más relevantes que se pueden extraer de este estudio es que las conductas que manifiestan los jugadores en las situaciones de juego seleccionadas no difieren de manera sustancial de otras que los jugadores realizan en otros periodos de la competición, lo que nos puede invitar a pensar que una de las causas principales de que tengan lugar en la competición incrementos acusados, en un corto espacio de tiempo, de los valores de FC de los futbolistas no son las conductas que realizan sino, dando por descontado el tipo de esfuerzo, el contexto en el que se desarrolla la situación de juego y por tanto la conducta que manifiesta el jugador.

Por último, señalar que algunos otros de los estudios que han tratado de establecer ciertas relaciones entre indicadores fisiológicos y desplazamientos mecánicos o situaciones de juego han sido los realizados por Fornaris y cols (1989), donde estudiaron la evolución de la FC en una situación constante de 1x1 ininterrumpida durante seis secuencias de 1 min y 45 seg con 5 min de descanso, obteniendo una FC media de 162 lat/min, y por D. Van Gula (en Godik y Popov, 1998) que registró la FC y la velocidad de los desplazamientos de 7 jugadores en un partido amistoso.

SEGUNDA PARTE:
ESTUDIO EMPIRICO ▶

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ▶

Siguiendo a Cibich (1991), podemos observar que la ejecución práctica de ciertos gestos técnicos, durante los entrenamientos, es frecuentemente realizada en zonas de baja intensidad, en condiciones de ausencia de fatiga, etc. Es posible, por tanto, que los futbolistas no experimenten un adecuado nivel de carga fisiológica durante algunas actividades del entrenamiento. Sin embargo, cuando este tipo de gestos tiene lugar en los partidos, los sistemas energéticos están siendo solicitados hasta niveles cercanos a su máximo, lo cual conduce a los jugadores a realizar defectos técnicos graves y tomar decisiones desacertadas. En consecuencia, parece importante que ciertas habilidades específicas deban ser entrenadas bajo condiciones de estrés fisiológico lo más similar posible al de competición. De esta forma, se hace necesario determinar cual es la carga o estrés fisiológico que soporta el jugador en competición, para poder reproducirlo en situaciones de entrenamiento que los preparadores físicos y entrenadores consideren oportunas.

No obstante, son pocos los estudios que se han realizado con este objetivo dentro de la literatura de la actividad física y el deporte. Dentro de este ámbito, ha sido estudiado, entre otros indicadores de carga fisiológica, el comportamiento de la FC que los jugadores profesionales o de elite, de diferentes JDC, presentan en el transcurso de la competición. El estudio de este comportamiento se ha orientado hacia distintos objetivos, que se recogen en el cuadro 3 (pagina siguiente).

- a) Conocer el valor medio del comportamiento de la FC del jugador en el partido.
- b) Ofrecer este dato en base a un porcentaje respecto a la FC máxima de cada uno de los jugadores, con lo que permite establecer comparaciones entre los distintos jugadores.
- c) Ofrecer este dato en base a un porcentaje respecto a la FC de reserva del jugador, lo que permite establecer, con mayor exactitud, ya que tenemos en cuenta también la FC de base, comparaciones entre distintos jugadores.
- d) Determinar el tiempo de la competición en la que un jugador esta a distintos porcentajes de su FC máxima y/o de reserva, por ejemplo al 60; 70; 80, 90, y 100%.
- e) Determinar el tiempo de la competición que el jugador se encuentra por encima o por debajo de su umbral anaeróbico, o de su umbral aeróbico, determinado con anterioridad en un test de esfuerzo máximo.
- f) Establecer comparaciones en base a este indicador, respecto a:
 - 1.- Jugadores de distinto nivel competitivo.
 - 2.- Jugadores de distinto puesto específico.
 - 3.- Los valores obtenidos por los jugadores en el primer tiempo del partido y los obtenidos en el segundo tiempo del partido.
 - 4.- Los valores obtenidos por los jugadores en distintos tipos de competición: copa, liga, competiciones europeas.
 - 5.- Los valores obtenidos por los jugadores en distintos países o ligas.
 - 6.- Los valores obtenidos por los jugadores en distintas situaciones: entrenamientos, partidos amistosos, competiciones, etc.
- g) Determinar los valores de FC que exigen determinadas acciones técnicas y/o situaciones de juego en el transcurso del entrenamiento y / o la competición.

Cuadro 3. Objetivos del estudio de la FC en jugadores profesionales de JDC

Tratando de integrar la información recogida en el cuadro anterior, podríamos decir que buena parte de los estudios nos ofrecen un tipo de análisis limitado a la cuantificación del esfuerzo fisiológico, ligado de forma íntima al esfuerzo físico, de tal forma, que no ofrecen información acerca de las circunstancias en que tuvo lugar ese esfuerzo, es decir, del contexto en que se desarrollo, teniendo en cuenta que el contexto vendrá definido por los factores del rendimiento en la competición que nosotros consideremos más importantes u oportunos, y qué mayor cantidad y calidad de información puedan aportarnos.

Desde el punto de vista del profesional del entrenamiento deportivo, los factores que configuran dicho contexto tienen especial relevancia, ya que, son los que van a marcar su trabajo diario a través de su aplicación práctica en el entrenamiento. No cabe duda de que

conocer con precisión como evoluciona el esfuerzo físico y fisiológico en la alta competición y los factores asociados a las variaciones que en estos se producen deben centrar el interés de los investigadores si, desde un punto de vista aplicado, lo que se pretende es incidir sobre estos. La consecución de este objetivo, hará posible sin duda el desarrollo de estrategias de entrenamiento deportivo que permitan a los profesionales dar solución a los requerimientos y exigencias que la competición demanda de los jugadores, mejorando el rendimiento de los deportistas en la alta competición.

Por tanto, no debemos perder la perspectiva de que el contexto en el que se desenvuelve una situación de juego es una realidad compleja, de carácter multidimensional, en la que confluyen numerosos factores que interactúan con la carga física y fisiológica que soportan los jugadores en la competición y condicionan el comportamiento de estos. Un ejemplo de ello podríamos encontrarlo en el comportamiento de la frecuencia cardiaca del futbolista y las variaciones que éste experimenta en el transcurso de un partido. A priori, podemos adelantar que las curvas que manifiesta este comportamiento no siguen una pauta uniforme, ni siquiera cíclica ni aleatoria, oscilando los valores entre una amplia orquilla. Este comportamiento vendrá definido posiblemente por los constantes incrementos y disminuciones en los valores de FC, por tanto, parece lógico prestar atención al estudio de estos incrementos y disminuciones a la hora de poder explicar su dinámica. En ese sentido, circunstancias o variables como el hecho de que el equipo al que pertenecen estos jugadores esté o no en posesión del balón, el hecho de que el jugador esté o no en el centro de juego, o el propio resultado, pueden ejercer una influencia, a priori, importante sobre el comportamiento físico y fisiológico del deportista, y, en consecuencia, en su rendimiento. El estudio preciso y exhaustivo del comportamiento de la frecuencia cardiaca del jugador a lo largo de la competición y su vinculación con las diferentes factores o elementos que definen el contexto de cada situación de juego, son únicamente una primera fuente de información que nos ayudará a captar y comprender de una manera más realista e integradora, las complejas interacciones que se dan entre los diferentes factores del rendimiento en la competición deportiva de alto nivel.

Nadie duda, de manera más concreta, que puede resultar muy interesante determinar cuales son las habilidades específicas o los roles que desempeña el jugador en un deporte, que resultan ser más exigentes en cuanto a los valores que presenta la frecuencia cardiaca, pero sobre todo en que circunstancias tienen lugar: si hay o no hay oposición y de que tipo, si se producen en fase defensiva u ofensiva, en que zona del campo tienen lugar, en que situación se encuentran respecto al centro de juego, etc. En este

sentido, si tenemos en cuenta el tipo de análisis que nos sugiere el último punto del cuadro 3 “Determinar los valores de FC que exigen determinadas acciones técnicas y/o situaciones de juego en el transcurso del entrenamiento y / o la competición”, aparte de poder disponer de los datos de cuantificación del esfuerzo fisiológico, ligado de forma íntima al esfuerzo físico, podemos también disponer de datos referentes, entre otros, a que habilidades específicas, o situaciones de juego demandan mayores o menores valores de FC en los jugadores, o que indicadores caracterizan de forma principal el contexto de la situación de juego o de la habilidad específica cuando los valores de FC son más elevados o más bajos.

Los resultados de los estudios, que han utilizado de alguna forma este tipo de análisis, realizados en el Baloncesto por Colli y Faina (1987), Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos y Menchinelli (1987), y Pérez y Sánchez (en Zaragoza, 1996); en el Hockey patines por Blanco, Enseñat y Balagué (1994), y en el Voleibol por Moras y Zurita (1999) revelan que indicadores como la **oposición directa**, que se puede producir en un 1x1, en el salto para el rebote, en el remate, en el bloqueo, en la lucha por la posesión del balón o de la bola, etc., y la **posesión/presencia del balón**, que tiene lugar en el lanzamiento, el dribling, etc, entre otras, pueden llegar a definir la situación de juego de mayor exigencia en cuanto a la FC y por tanto de mayor carga fisiológica en cuanto a este indicador.

En esta línea, el estudio pormenorizado de las oscilaciones en los valores de FC que el jugador presenta en competición, fuera de lo que son exclusivamente las puras cifras a veces carentes de significado a la hora de describir por si solas la carga fisiológica que sufre el jugador profesional en competición, y su posible relación con otros factores del rendimiento como pueden ser las diferentes habilidades específicas realizadas en competición o con diferentes aspectos tácticos, etc, quizá no se ha realizado de forma propia en el fútbol. Sin embargo, si se ha realizado alguna aproximación para intentar describir esta realidad como es el caso del estudio de García y Ardá (2005) con jugadores de Tercera División Nacional en competición oficial de Liga, donde los incrementos severos de los valores de FC (10% de la FC máxima de cada jugador en un tiempo igual o inferior a 15 segundos), de los futbolistas objeto de estudio, se relacionaban de manera evidente con un contexto de situación de juego que se definía por la oposición directa que realizaban o recibían los futbolistas (1x1; 2x1...), por la presencia de balón, por estar dentro del centro de juego, y en las zonas del campo donde se desenvuelve cada futbolista estudiado de acuerdo a su puesto específico (García y Ardá, 2005), lo que parece a priori estar de acuerdo con los resultados de los estudios realizados en otros JDC como los descritos en el párrafo anterior.

No obstante, la escasez de la muestra (2 jugadores y 37 situaciones de juego) nos debe hacer tomar con cierta precaución los resultados de este estudio.

Llegados a este punto es necesario puntualizar que el hecho de que un jugador alcance un determinado valor de FC en el transcurso de la competición, puede no deberse a un determinado esfuerzo único realizado en un contexto específico de situación de juego, sino a la suma de varios esfuerzos realizados en ese mismo contexto o en distintos contextos de situación de juego como pudimos observar en los estudios previos a este trabajo no publicados (García, 2002). Este hecho, es de vital importancia para llegar a comprender que el estudio del comportamiento de la FC en el fútbol, referido a las situaciones de intensidad alta o máxima, no debe basarse en la determinación y estudio de los “picos de valores de FC” cercanos a los máximos o máximos, ya que estos pueden ser producto de la suma de varios y en algún caso innumerables esfuerzos de distinto tipo y en distintos contextos de situación de juego.

El presente trabajo trata de profundizar en el conocimiento del comportamiento de la FC en la competición de fútbol profesional, y su vinculación con el contexto de la situación de juego, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores. Por tanto, el trabajo debe partir de la premisa de estudiar el comportamiento de la FC de una manera bien acotada si queremos poder llegar a relacionarlo con el contexto de la situación de juego. En este caso, el comportamiento de la FC será referido a oscilaciones concretas que presentan los jugadores estudiados en competición, en cuanto a un porcentaje predeterminado de incremento acusado en sus valores de FC, o bien referido a la disminución que se produce en los valores de la FC con posterioridad a dichos incrementos acusados, de tal forma, que posibilite una mayor información a los preparadores físicos y entrenadores sobre el contexto de la situación de juego que tiene lugar en función de la mayor o menor carga fisiológica, estudiada a través del comportamiento de la FC en competición.

Por último, es preciso advertir, como señalan Castellano y Hernández Mendo (2002), que se necesitarán muchas investigaciones a cualquier nivel para acercarnos a lo que esconde el fútbol, y participar en análisis objetivos que demuestren, con hechos y con datos, parte de la compleja realidad que el fútbol actual posee. Además, la investigación en el fútbol debe hacerse con extremada prudencia y cautela, ya que, las dificultades de estudio que encontramos, dentro del marco de las actividades físicas y deportivas, son notables, y éstas se incrementan en el fútbol.

2. OBJETIVOS ▶

El **objetivo general** que se persigue en el presente trabajo es el de profundizar en el estudio del comportamiento de la FC de los futbolistas profesionales en competición, tratando dicha cuestión en un formato más global que el habitualmente utilizado en la literatura. Nuestro foco de interés estará centrado en identificar las claves que pueden ejercer un papel más relevante dentro del contexto de la situación de juego donde el jugador profesional presenta un incremento acusado o severo en sus valores de frecuencia cardiaca. A partir de aquí será posible elaborar un perfil definitorio del tipo de situación de juego asociado a una alta carga fisiológica, y poder desarrollar estrategias adecuadas para su entrenamiento. Este objetivo general se traduce en una serie de **objetivos de carácter específico**:

- **Objetivo 1.** Llevar a cabo un análisis descriptivo lo más preciso y detallado posible de la evolución del comportamiento de la frecuencia cardiaca (en adelante FC) del futbolista profesional a lo largo de la competición. Partiendo de información de diferentes individuos, puestos y partidos, intentaremos ofrecer una visión sinóptica del comportamiento de la frecuencia cardiaca del futbolista en un partido de competición “tipo”, proporcionando datos de tendencia central, variabilidad, distribución, etc. Ello derivará en un conocimiento más preciso de un indicador fundamental desde el punto de vista de los requerimientos de la competición de fútbol profesional, partiendo además de datos reales de la competición, algo que a menudo para los investigadores resulta tremendamente difícil disponer.
- **Objetivo 2.** Intentar cuantificar el volumen de cambio experimentado en la frecuencia cardiaca del jugador profesional a lo largo de la competición, contabilizando (en base a una serie de condiciones establecidas previamente), el número de ocasiones promedio en que un jugador suele verse sometido a un incremento acusado o severo en los valores de ésta, así como también sus correspondientes disminuciones en los valores de FC. Ello permitirá disponer de un indicador más del nivel de exigencia fisiológica que el juego genera sobre el deportista en la competición.
- **Objetivo 3.** Analizar el contexto de la situación de juego colectiva en la que se desenvuelve el futbolista, tratando de identificar aquellos criterios o variables que puedan estar asociados al incremento acusado o a la disminución en los valores de frecuencia cardiaca experimentados por éste. Dicho de otro modo, un segundo enfoque de carácter bivariado permitirá conocer en qué tipo de situaciones se concentran o suelen darse los incrementos severos en los valores de frecuencia cardiaca experimentados por los

futbolistas, proporcionándonos el perfil contextual que caracteriza este tipo de situaciones.

- **Objetivo 4.** Al hilo del objetivo anterior es importante evaluar estadísticamente la relación que el incremento acusado o la disminución en los valores de FC del jugador profesional guarda con determinadas claves contextuales, permitiendo hacer una criba objetiva de los posibles agentes, variables, o criterios relevantes (Balón en Juego, Oposición, Rol del Jugador, etc.).
- **Objetivo 5.** El último objetivo del presente trabajo es elaborar un modelo explicativo, que permita estimar la probabilidad de que el jugador experimente un incremento acusado en sus valores de FC, atendiendo a las diferentes variables o criterios que configuran el contexto de la situación de juego propiamente dicho. En definitiva, bajo este último enfoque de carácter multivariante esperamos poder identificar un modelo lo más parsimonioso posible y que se traduzca en un conocimiento verdaderamente útil para la labor de los profesionales del entrenamiento deportivo.

3. METODOLOGÍA ▶

3.1. DISEÑO

Para alcanzar los objetivos mencionados se ha recurrido a una metodología mixta, en la que se complementa la utilización de la metodología observacional (directa, sistematizada no participante, y en ambiente natural), con una metodología selectiva que nos ha permitido registrar y analizar un parámetro fisiológico de carga interna.

Por lo que se refiere a la metodología observacional, el presente trabajo atiende a un diseño diacrónico, tratándose de un estudio idiográfico, multidimensional y de seguimiento limitado intersesionalmente e intrasesimal. En concreto, fueron registrados 6 futbolistas profesionales pertenecientes a la primera plantilla del R.C. Celta de Vigo, equipo clasificado para disputar la Champion League en la temporada 2003/04, en partidos de competición de pretemporada del año 2003. Los rivales en estos encuentros, donde se disputaba un trofeo de verano, fueron equipos de Primera División Española (Sevilla, y Ath de Bilbao) y Primera División Griega (Olympiakos). Como unidad de análisis se consideraron las situaciones de juego que correspondían con los intervalos donde el comportamiento de la frecuencia cardiaca, de cada jugador estudiado, cumplía las condiciones de selección establecidas, tanto para los intervalos de incremento acusado como para los de disminución, en el transcurso de la competición.

A continuación se describe con detalle la composición de la muestra objeto de estudio, el proceso de selección de los intervalos de incremento acusado y disminución en los valores que conforman el comportamiento de la FC de los jugadores, los instrumentos de observación y de registro, así como el procedimiento seguido en la recogida de datos.

3.2. SUJETOS

Si bien en el presente estudio únicamente se llevó a cabo un seguimiento a seis futbolistas profesionales, teniendo en cuenta que la unidad de análisis fueron aquellas situaciones de juego que tenían lugar en los intervalos donde el comportamiento de la FC cumplía unas determinadas condiciones para su selección, la muestra estuvo constituida por un total de 162 casos. Fueron desechados nueve casos (correspondientes todos ellos a incrementos acusados de la FC), por hallarse en unos valores muy bajos (entre el 50 y el 60% de la FC máxima del jugador) en momentos que correspondían al comienzo del partido,

del segundo tiempo, o después de un periodo de inactividad por estar el juego parado, considerando que éstos casos podrían desvirtuar los resultados. En definitiva, para el análisis de datos se retuvieron 153 casos (78 correspondientes a intervalos de incremento acusado de la FC, y 75 a intervalos de disminución de la FC).

Aunque más adelante se describirá con detalle, para disponer de estos 153 casos objeto de análisis se recurrió al registro de los valores de FC y a las filmaciones individuales de un total de 6 jugadores profesionales pertenecientes a la primera plantilla del R.C. Celta de Vigo, equipo clasificado para disputar la Champion League en la temporada 2003/04. En la tabla 20 se recoge una breve descripción de la muestra de futbolistas profesionales que participaron en este estudio.

Tabla 20. Datos generales de los jugadores participantes en el estudio

Jugador	Puesto específico	Edad	Peso	Talla	Temp en la alta competición.
Silvinho	Defensa lateral	29	69 kgs	173 cms	11 temp
Giovanella	Centrocampista	32	72 kgs	178 cms	14 temp
Sergio	Defensa central	26	84 kgs	189 cms	6 temp
Jandro	Delantero	24	75 kgs	178 cms	6 temp
Jesuli	Centrocampista	25	71 kgs	176 cms	6 temp
Edú	Delantero	24	79 kgs	182 cms	7 temp
Media + desviación típica		26.67 ± 3.20	75 ± 5.62	179.33 ± 5.57	8.33 ± 3.38

3.3. INSTRUMENTOS

3.3.1. INSTRUMENTO DE SELECCIÓN (VARIABLE FILTRO, COMPORTAMIENTO DE LA FC)

Como ya se ha mencionado, nuestro objetivo se centra fundamentalmente en estudiar y tratar de explicar de manera más profunda y global el comportamiento de la frecuencia cardiaca del futbolista profesional en el devenir de la competición. Dentro del amplio espectro de valores de FC que presenta un jugador a lo largo de un partido de competición, nos hemos centrado en recoger, para su posterior análisis, aquellos intervalos que cumplían unas determinadas condiciones tanto para determinar cuando la FC se incrementaba de forma acusada como para determinar cuando descendía en sus valores (tabla 21).

Tabla 21. Variable filtro: Intervalos de FC seleccionados y operativización de los mismos

INTERVALOS DE FC	
INTERVALOS SELECCIONADOS	CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR PARA SER SELECCIONADOS
Intervalos de incremento acusado de FC	1. La FC sube un 10% o más de la FC máxima, alcanzada en la competición, en un periodo de tiempo máximo de 15 segundos (3 registros del pulsómetro). 2. La FC sube un 5% o más de la FC máxima, alcanzada en la competición, en un periodo de tiempo máximo de 5 segundos (1 registro del pulsómetro).
Intervalos de disminución de FC	Se seleccionara el intervalo de disminución a partir del registro inmediatamente posterior al último valor del intervalo de incremento acusado, desde el cual se iniciaba una disminución en los valores de FC. Esta disminución debe seguir por lo menos en los tres registros siguientes al de corte.

A continuación se describen de manera más precisa las condiciones que debían cumplir los intervalos de FC para formar parte de la muestra de casos a analizar. Es necesario añadir que estos intervalos se extraen del espectro total de valores que los datos del MRC nos ofrecen al finalizar el partido.

3.3.1.1. INTERVALOS DE INCREMENTO ACUSADO DE LA FC

Los intervalos de incremento acusado de la FC deben cumplir al menos una de las condiciones que proponemos a continuación:

- **Condición de incremento acusado 1.** Que la FC se incremente un 10% o más de la FC máxima, alcanzada en la competición por el jugador, en un periodo de tiempo máximo de 15 segundos (3 registros del pulsómetro). Veamos un ejemplo:

Tiempo de partido	Espectro de valores de FC en ese minuto (toma cada 5 segundos)
01:44	146 144 137 135 136 [138 145 150 158] 161 159 159

Se tomará para la muestra el intervalo situado entre corchetes (de color azul), para un jugador cuya FC máxima en el partido fue de 186 lat/min.

- **Condición de incremento acusado 2.** Que la FC sufra un incremento del 5% o más de la FC máxima, alcanzada en la competición por el jugador, en un periodo de tiempo máximo de 5 segundos (1 registro del pulsómetro). Por ejemplo:

Tiempo de partido	Espectro de valores de FC en ese minuto (toma cada 5 segundos)
00:38	145 [148 160] 165 167 162 163 163 167 167 167 169

Se tomará para la muestra el intervalo situado entre corchetes (de color azul), para un jugador cuya FC máxima en el partido fue de 189 lat/min.

Los periodos donde se producen varias subidas consecutivas que cumplen las condiciones necesarias para su selección, serán analizados en intervalos de forma separada, si existe algún registro, de valor igual o inferior al último registro del intervalo anterior, entre dichas subidas. Veamos un ejemplo:

Tiempo de partido	Espectro de valores de FC en ese minuto (toma cada 5 segundos)
00:46	[139 147 155 162] [162 169 175 182] 183 182 182 180 179

En el caso de que no exista ningún registro intermedio de estas características, las subidas consecutivas serán analizadas como un sólo periodo. Un ejemplo sería:

Tiempo de partido	Espectro de valores de FC en ese minuto (toma cada 5 segundos)
01:52	139 [147 160 169 180 190] 184 185 187 188 188 187

Se tomará, en ambos casos, para la muestra los intervalos situados entre corchetes (de color azul), para un jugador cuya FC máxima en el partido fue de 189 lat/min.

3.3.1.2. INTERVALOS DE DISMINUCIÓN DE LA FC

Los intervalos de descenso de la FC se recogieron de entre los valores de FC siguientes a los intervalos de incremento acusado, debiendo cumplir la siguiente condición que proponemos a continuación.

- **Condición de disminución.** Se seleccionara el intervalo de disminución a partir del registro inmediatamente posterior al intervalo de incremento acusado (intervalo entre corchetes de color azul), desde el cual se iniciaba una disminución en los valores de FC (intervalo subrayado de color rojo). Esta disminución debe seguir por lo menos en los tres registros siguientes al de corte. Ejemplo:

Tiempo de partido	Espectro de valores de FC en ese minuto (toma cada 5 segundos)
00:47	159 160 163 [<i>168 176 185 188</i>] 189 <u>189 187 185 183</u>

En un jugador cuya FC máxima en el partido fue de 191 lat/min. El primer intervalo, entre corchetes de color azul, cumple la primera condición de incremento acusado de la FC, y a continuación, seleccionamos el intervalo de disminución a partir del valor inmediato donde se muestra una disminución de la FC, manteniéndose esta por lo menos en los tres valores siguientes (intervalo subrayado de color rojo).

Cuando uno de los tres registros siguientes al de corte no sigue la tendencia descendente no se considerará válido el intervalo para su posterior análisis.

3.3.2. INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN

Tal y como describen Anguera, Blanco, Losada y Hernández (2000), existe, como instrumento básico de la metodología observacional, el sistema de categorías, al que se ha incorporado posteriormente el formato de campo. En este caso se ha construido “ad hoc” un instrumento de observación formado por una combinación de formatos de campo y de sistemas de categorías, ya que se pretende complementar las características de uno y otro. Dichas características se exponen a continuación

3.3.2.1. FORMATOS DE CAMPO

Constituyen un instrumento especialmente adecuado en situaciones de elevada complejidad y de falta de consistencia teórica, y sus rasgos básicos son los de sistema abierto, apto para codificaciones múltiples y altamente autorregulable (Anguera, Blanco, Losada y Hernández, 2000). Su elaboración implica los siguientes pasos:

1. Propuesta de criterios vertebradores en función de los objetivos.
2. Elaboración de un catálogo de conductas para cada criterio.
3. Aplicación de un sistema decimal de codificación.
4. Elaboración de las configuraciones.

Por su parte, los criterios vertebradores de este estudio han sido los siguientes:

- ▶ Balón en juego
- ▶ Equipo en posesión del balón
- ▶ Centro de juego
- ▶ Rol
- ▶ Oposición
- ▶ Espacio de juego
- ▶ Tiempo de partido
- ▶ Resultado

3.3.2.2. SISTEMA DE CATEGORÍAS

Como ya habíamos adelantado, constituye el instrumento considerado tradicionalmente como propio de la metodología observacional. Es de mayor rango por su imprescindible soporte teórico, y se caracteriza esencialmente por ser un sistema cerrado, de codificación única, y no autorregulable.

Siguiendo a Anguera (1991) los rasgos definitorios de un sistema de categorías son:

I. Es un sistema cerrado, lo que implica ajustarse a las condiciones de:

- ▶ Exhaustividad, que permite que cualquier conducta propia del marco comportamental que hemos acotado, pueda asignarse en alguna categoría de las que componen el sistema elaborado.
- ▶ Mutua exclusividad, que significa que cada conducta encuentra un lugar único y es representada por una determinada categoría.

II. Cada categoría es descrita exhaustivamente articulándose en dos componentes:

- ▶ Núcleo categorial, que consiste en el contenido fundamental que da razón de ser a una categoría, y que la diferencia de otras.
- ▶ Grado de apertura o plasticidad, que viene dado por la heterogeneidad aparente de las características de ocurrencias que participan del mismo núcleo categorial y constituyen las distintas manifestaciones externas de las conductas que conforman un núcleo categorial. Es decir, explica todas aquellas variantes de la conducta considerada principal dentro del núcleo categorial.

3.3.2.3. FORMATOS DE CAMPO Y SISTEMA DE CATEGORÍAS. USO COMPLEMENTARIO

Una vez establecidos los criterios vertebradores (formatos de campo), para cada uno de ellos se ha construido un sistema de categorías. El sistema categorial propuesto para cada criterio se ha ido optimizando en sucesivas observaciones (carácter deductivo).

Como ya se ha señalado, el presente estudio se centra en analizar en que medida los incrementos acusados o severos, que sufre el futbolista profesional, en sus valores de FC durante la competición pueden ser consecuencia de los criterios determinados que constituyen el **Contexto de la Situación de Juego**. La unidad de observación, por tanto, que hemos determinado ha sido la situación de juego colectiva que tiene lugar en cada uno de los intervalos de FC seleccionados. En este sentido, los criterios vertebradores registrados que nos permiten definir el contexto de la situación de juego que acontece en cada uno de los intervalos de FC seleccionados fueron concretamente los ocho anteriormente mencionados. La información referida a la categorización de cada uno de ellos se recoge en la siguiente tabla 22 (página siguiente).

La elección de estos y no de otros es debido a que, siguiendo a Castañer (1999), todo sistema categorial se diseña en función del nivel comportamental que uno quiere observar, del ámbito de la realidad a la que pertenece y del tipo de situación dada. Por este motivo, cada investigador selecciona las categorías que le parecen más idóneas y es por esto que uno puede encontrar sistemas de categorías equivalentes pero que difieren, en mayor o menor medida, del tipo de categorías que incluye. En nuestro caso, la elección de estos indicadores y de sus correspondientes categorías es similar a la que han presentado otros autores como Castelo (1999), Mombaerts (2000), Cruz (1999), Olivós (1997), Gréhaigne (2001), o Ardá y Casal (2003).

Tabla 22. Criterios y categorías que conforman la situación de juego colectiva

SITUACIÓN DE JUEGO COLECTIVA	
CRITERIOS	CATEGORÍAS
Balón en Juego	1.- Balón en juego. 2.- Balón fuera de juego.
Posesión del Balón (Equipo)	1.- Equipo tiene posesión del balón. 2.- Equipo no tiene posesión del balón.
Centro de Juego	1.- Jugador dentro del centro de juego. 2.- Jugador fuera del centro de juego. 3.- Jugador se dirige hacia el centro de juego. 4.- Centro del juego se dirige hacia el jugador.
Rol	1.- Jugador poseedor del balón. 2.- Jugador atacante que interviene sobre el balón. 3.- Jugador atacante que no interviene sobre el balón. 4.- Adversario del jugador con balón. 5.- Adversario del jugador sin balón.
Oposición	1.- Jugador recibe oposición directa. 2.- Jugador realiza oposición directa. 3.- Jugador recibe oposición indirecta. 4.- Jugador realiza oposición indirecta. 5.- Jugador no recibe ni realiza oposición.
Espacio de Juego	1.- Zona ultradefensiva. 2.- Zona defensiva. 3.- Zona central. 4.- Zona ofensiva. 5.- Zona ultraofensiva.
Tiempo de partido	1.- Entre el minuto 0 y el minuto 15. 2.- Entre el minuto 16 y el minuto 30. 3.- Entre el minuto 31 y final del primer tiempo. 4.- Entre el minuto 45 y el minuto 60. 5.- Entre el minuto 61 y el minuto 75. 6.- Entre el minuto 76 y final de segundo tiempo.
Resultado	1.- El resultado entre los dos equipos es ajustado, es decir, no existe diferencia de goles o la diferencia es de un sólo gol. 2.- El resultado entre los dos equipos no es ajustado, es decir, la diferencia de goles es de más de un gol.

No obstante, se han tenido en cuenta a la hora de determinar los indicadores a observar, dos elementos fundamentales: el elemento de oposición, y el elemento del balón, ya que, ambos han demostrado mantener una estrecha relación con los valores elevados de FC que presentan los jugadores en las situaciones donde tienen lugar, tal y como se ha manifestado desde los estudios de Ferret, Eclache, Quard, Jacques et Viret (1980); Colli y Faina (1987); Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos y Menchinelli (1987); Blanco, Enseñat y Balagué (1994); Pérez y Sánchez (en Zaragoza, 1996); y Moras y Zurita (1999) que hacen mención a diferentes JDC.

Los resultados de estos estudios indicaban que aspectos como la oposición directa, que se puede producir en un 1x1, en el salto para el rebote, en el remate, en el bloqueo, en la lucha por la posesión del balón o de la bola, etc., y la posesión del balón, que tiene lugar en el lanzamiento, el dribling, etc, entre otras, pueden llegar a definir la situación de juego de mayor exigencia en cuanto a la FC, y por tanto de mayor carga fisiológica.

En el caso concreto del fútbol, Ferret, Eclache, Quard, Jacques et Viret (1980) verificaron que en el puesto específico de extremo, las elevaciones máximas de la FC aparecían después de que el jugador estuviera en contacto directo con el adversario (situación clara de oposición), en situaciones tales como una carga, una entrada, etc. En este sentido, aunque el jugador sólo pasa un tiempo relativamente corto pero decisivo para el juego corriendo o sprintando (lo que supone unos valores elevados de la FC), el jugador realiza en ese tiempo actividades que Weineck (1994) ha relacionado con la recepción de balón, los tiros a portería y el marcaje al jugador contrario, situaciones donde aparece claramente la oposición y la cercanía o posesión del esférico.

A la vista de estas consideraciones, podríamos suponer que, como en otros JDC, en el contexto de la situación de juego que supone a los futbolistas una mayor carga fisiológica, por la mayor exigencia en cuanto a la FC, podrían aparecer criterios y categorías relacionadas directamente con el balón y con la oposición directa o activa. No debe resultar extraño, por tanto, que estos dos elementos aparezcan de forma importante entre los criterios y categorías que nosotros hemos determinado para poder definir el contexto de las situaciones de juego que hemos analizado.

A continuación se procede a la definición detallada de las categorías de cada uno de los criterios considerados en el presente trabajo y a la descripción de ejemplos para una mejor comprensión.

C₁: BALÓN EN JUEGO

1.1. Balón en Juego

Núcleo categorial: atendiendo a la regla IX del reglamento de fútbol (Sans y Frattarola, 1995), el balón está en juego cuando uno de los equipos tiene la posesión del mismo, y este no ha traspasado completamente la línea de banda o de meta, por tierra o aire, ni ha sido detenido por el árbitro.

1.2. Balón fuera de Juego

Núcleo categorial: atendiendo a la regla IX del reglamento de fútbol (Sans y Frattarola, 1995), el balón está fuera de juego cuando ha traspasado completamente una línea de banda o de meta, ya sea por tierra o por aire, o cuando el juego ha sido detenido por el árbitro.

C₂: EQUIPO EN POSESIÓN DEL BALÓN

2.1. Equipo tiene posesión del balón

Núcleo categorial: se entiende que un equipo comienza su posesión de balón cuando uno de sus jugadores tiene el balón controlado, es decir, cuando el jugador de ese equipo realiza dos o más contactos con el mismo, o cuando el portero lleva a cabo una acción de bloqueo del balón, o cuando un jugador lo intercepta y un compañero de ese jugador vuelve a tocar el balón.

Grado de apertura: también un equipo puede comenzar su posesión de balón tras una interrupción reglamentaria, decretada por el árbitro, que le favorezca (falta, saque de banda, saque de meta, etc, a favor).

En un saque de falta, saque de esquina, saque de banda, saque de portería, penalti, o saque de centro, se considera equipo poseedor del balón al equipo que pertenece el jugador que ejecuta el saque. En una situación de bote neutral, consideramos que ningún equipo tiene la posesión del balón hasta que, después de efectuado el bote, se resuelva en función de los parámetros que hemos definido.

También se considera que un equipo entra en posesión del balón cuando uno de sus componentes, sin haber realizado dos contactos o sin ni siquiera haber intervenido sobre el balón, lo tiene controlado de tal manera que esté en disposición de intervenir sobre él de forma inmediata antes que cualquier adversario.

Ejemplo: jugador, en zona central, recibe un pase largo en la banda y sin tocar el balón lo acompaña, estando en disposición de intervenir sobre él, y sólo lo golpea para centrar hacia el área contraria.

2.2. Equipo no tiene posesión del balón

Núcleo categorial: el equipo no tiene posesión de balón desde el momento en que lo pierde, sin que exista ninguna interrupción reglamentaria, es decir, cuando lo recupera el equipo contrario por medio de uno o varios jugadores, o cuando tras una interrupción reglamentaria, es el equipo contrario el que efectúa el saque.

Grado de apertura: interceptaciones, despejes o desvíos de los jugadores del equipo que no tiene la posesión de balón no dan lugar a comenzar la posesión del mismo. En el ejemplo de la imagen 1, a pesar de que el jugador búlgaro (de blanco) llega a interceptar el balón, la falta de continuidad suya o de un compañero para mantener su posesión, hace que la posesión del balón siga perteneciendo al equipo danés (de rojo) a través de su jugador número 7.



Imagen 1. Equipo en posesión del balón. Eurocopa 2004. Dinamarca - Bulgaria.

C₃: CENTRO DE JUEGO

3.1. Jugador dentro del centro de juego

Núcleo categorial: decimos que un jugador se encuentra dentro del centro de juego cuando tiene la posesión del balón o se encuentra en una situación de participación inmediata sobre el balón en espacio próximo, tanto si su rol es de compañero como si su rol es de adversario. Una situación de dentro del centro de juego estará por lo tanto formada siempre por el jugador con balón, su oponente directo y compañeros y adversarios de cada uno en su espacio próximo. Por ejemplo, todos los jugadores que aparecen en la imagen 2 se encontrarían dentro del centro de juego.



Imagen 2. Jugador dentro del centro de juego. Eurocopa 2004. Suecia - Dinamarca.

3.2. Jugador fuera del centro de juego

Núcleo categorial: decimos que un jugador se encuentra fuera del centro de juego cuando no se encuentra en situación de participación inmediata en el espacio próximo del JCB, es decir, se encuentra en un

espacio que no le habilita en ese momento para participar de forma directa sobre la fase de juego que desarrolla su equipo.

3.3. Jugador se dirige hacia el centro del juego

Núcleo categorial: se entiende que un jugador se dirige hacia el centro de juego cuando el desplazamiento que realiza el jugador observado es llevado a cabo con la intención evidente de ocupar un espacio próximo al JCB que permita su participación inmediata sobre el balón.

3.4. Centro del juego se dirige hacia el jugador

Núcleo categorial: se entiende que el centro de juego se dirige hacia el jugador cuando el desplazamiento del balón describe una trayectoria evidente hacia el espacio que ocupa el jugador observado. En el ejemplo de la imagen 3, podemos observar, si estamos analizando al combinado inglés (de blanco y negro), que el centro de juego se desplaza desde la banda izquierda del equipo inglés hacia los cuatro jugadores de ese equipo que se sitúan dentro del área de penalti buscando la meta contraria.

Grado de apertura: en las situaciones específicas que corresponden al lanzamiento de corners, faltas, saques de banda, etc., sólo se consideran a efectos de análisis dos categorías: el jugador está dentro del centro de juego, o el jugador está fuera del centro de juego.



Imagen 3. El centro del juego se dirige hacia el jugador. Eurocopa 2004. Inglaterra – Dinamarca

C4: ROL

4.1. Jugador poseedor de balón

Núcleo categorial: se considera que el jugador está en posesión del balón cuando este se encuentra controlado, es decir, cuando el jugador realiza dos o más contactos con el mismo. En la imagen 4, el jugador inglés (de blanco) se encuentra instantes antes de realizar su segundo contacto con el balón.



Imagen 4. Posesión de balón del jugador observado. Eurocopa 2004

Grado de apertura: en un saque de falta, saque de esquina, saque de banda, o saque de portería, se considera poseedor del balón al que ejecuta el saque.

También se considera que un jugador entra en posesión del balón cuando sin haber realizado dos contactos, o sin ni siquiera haber intervenido sobre el balón, éste se encuentra controlado por el jugador, estando en disposición de intervenir sobre él de forma inmediata antes que cualquier adversario.

Ejemplo: jugador, en zona central, recibe un pase largo en la banda y sin tocar el balón lo acompaña, estando en disposición de intervenir sobre él, y sólo lo golpea para centrar hacia el área contraria. Es el caso de la imagen 5, el jugador francés (de blanco) se encuentra en situación de intervenir inmediatamente sobre el balón para golpearlo sin haberlo hecho con anterioridad (situación que tiene lugar en la secuencia completa).



Imagen 5. Posesión de balón del jugador observado. Eurocopa 2004. Francia - Turquía

4.2. Jugador atacante que interviene sobre el balón

Núcleo categorial: se considera que el jugador entra en contacto con el balón cuando pertenece al equipo poseedor del balón, y con cualquiera de las partes de su cuerpo, dentro de la permisividad del reglamento,

toca la superficie del balón una vez, con intención evidente de manifestar una conducta de juego. Es el ejemplo de la imagen 6, donde el jugador ruso (de blanco) interviene sobre el balón rematando hacia la portería contraria.



Imagen 6. Jugador atacante que interviene sobre el balón. Eurocupa 2004. Rusia-Grecia

Grado de apertura: en un remate proveniente de un saque de falta, saque de esquina, saque de banda, o saque de portería, se considera al jugador que remata como compañero con intervención, tal y como ocurriría en la imagen 7 si analizamos al jugador Turco (de blanco, nº 22) en el pasado Mundial de Corea.



Imagen 7. Jugador atacante que interviene sobre el balón. Mundial 2002. Turquía-Japón.

4.3. Jugador atacante que no interviene sobre el balón

Núcleo categorial: se considera que un jugador no interviene sobre el balón cuando pertenece al equipo poseedor del balón, sin entrar en ningún momento en contacto con el mismo.

Grado de apertura: también se considera que un jugador no interviene sobre el balón cuando a pesar de haber entrado en contacto con él con alguna parte de su cuerpo, dentro de la permisividad del reglamento, no manifiesta ningún tipo de conducta de juego.

Ejemplo: un jugador que trata de apartarse de la línea de tiro de un compañero, pero el balón impacta en él de forma involuntaria, desviando su trayectoria de la portería contraria.

4.4. Adversario del jugador con balón

Núcleo categorial: se considera que un jugador es adversario del jugador con balón cuando pertenece al equipo que no tiene posesión de balón, y además muestra la intención evidente de impedir la trayectoria del desplazamiento del JCB y/o las posibles líneas de pase o tiro del mismo. En la imagen 8, el jugador coreano nº 22 (de blanco y rojo) trata de impedir la trayectoria de desplazamiento, y su compañero nº 5 una posible línea de pase o trayectoria posterior, al jugador portugués nº 7 poseedor del balón (de granate y verde), por tanto, ambos jugadores serían adversarios del JCB.



Imagen 8. Adversario del jugador con balón. Mundial 2002. Portugal-Corea

4.5. Adversario de jugador sin balón

Núcleo categorial: se considera que un jugador es adversario de un jugador sin balón cuando pertenece al equipo que no tiene posesión de balón, y además muestra la intención evidente de impedir o acompañar la trayectoria del desplazamiento del JSB y/o las posibles líneas de recepción de balón de dicho jugador.

C₅: OPOSICIÓN

5.1. Jugador recibe oposición directa

Núcleo categorial: se presenta cuando el jugador observado recibe la acción de oposición en su espacio de interacción individual inmediato por parte de uno o varios adversarios, con la intención evidente de contrarrestar u oponerse a la conducta que manifiesta el jugador observado.

Por ejemplo, en la imagen 9, la oposición que recibe, por parte de los tres jugadores coreanos (de blanco y rojo), el jugador portugués observado (de granate y verde) cuando es poseedor del balón, e intenta avanzar hacia la portería contraria.



Imagen 9. Jugador recibe oposición directa. Mundial 2002. Corea - Portugal

5.2. Jugador realiza oposición directa

Núcleo categorial: se presenta cuando el jugador observado realiza la acción de oposición en el espacio de interacción individual inmediato del jugador o jugadores adversarios, con la intención evidente de contrarrestar u oponerse a la conducta que manifiestan los jugadores adversarios.

Por ejemplo, la oposición que realiza el jugador observado en una marca individual en un saque de esquina sobre el jugador adversario, o la que tiene lugar en la imagen 10 donde el jugador observado del equipo alemán nº 13 (de blanco y negro), trata de oponerse al tiro a portería del jugador coreano (de rojo y gris) en su espacio de interacción individual, cuando este es poseedor del balón y esta realizando un tiro a portería dentro de la zona ofensiva.



Imagen 10. Jugador realiza oposición directa. Mundial 2002. Corea - Alemania

5.3. Jugador recibe oposición indirecta

Núcleo categorial: tiene lugar cuando el jugador observado recibe la acción de oposición fuera de su espacio de interacción individual inmediato por parte de uno o varios adversarios, con la intención evidente de contrarrestar u oponerse a la conducta que manifiesta el jugador observado.

Por ejemplo, cuando el jugador observado realiza un desmarque en ruptura o en apoyo bajo la vigilancia de un adversario sin que éste se encuentre en un espacio de proximidad inmediata sobre él.

5.4. Jugador realiza oposición indirecta

Núcleo categorial: tiene lugar cuando el jugador observado realiza la acción de oposición fuera del espacio de interacción individual inmediato del jugador o jugadores adversarios, con la intención evidente de contrarrestar u oponerse a la conducta que manifiestan los jugadores adversarios.

Por ejemplo, cuando el jugador observado, trata de cerrar una línea de pase sobre un posible receptor de balón, o interfiere en la trayectoria de carrera de un jugador sin balón, etc.

Grado de apertura: también se considera que la oposición es indirecta cuando a pesar de realizar o recibir oposición en el espacio de interacción inmediato de los jugadores, el balón se encuentra lejos de ellos y éstos se encuentran fuera del centro de juego.

5.5. Jugador no recibe ni realiza oposición

Núcleo categorial: se presenta cuando el jugador observado no recibe y no realiza oposición directa ni indirecta, es decir, cuando no se observa ningún tipo de oposición de los descritos con anterioridad.

Por ejemplo, sería aquella que se podría observar durante una vigilancia defensiva u ofensiva.

C₆: ESPACIO DE JUEGO

6.1. Zona ultra defensiva

Núcleo categorial: se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona ultra defensiva cuando el jugador observado se desenvuelve en la zona delimitada por la línea de fondo, hasta la línea del área de penalti, todo lo que supone el ancho del campo.

Grado de apertura: también se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona ultra defensiva cuando el jugador observado en algún momento puntual del intervalo analizado transfiere los límites de esta zona, sin que sea un hecho significativo en el tiempo y en el espacio.

6.2. Zona defensiva

Núcleo categorial: se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona defensiva cuando el jugador observado se desenvuelve en la zona delimitada entre la línea del área grande y la línea imaginaria tangencial al círculo central y paralela a la línea de fondo, que abarca todo el ancho del campo. Es lo que se denomina el medio campo defensivo.

Grado de apertura: también se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona defensiva cuando el jugador observado en algún momento puntual del intervalo analizado transfiere los límites de esta zona, sin que sea un hecho significativo en el tiempo y en el espacio.

6.3. Zona central

Núcleo categorial: se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona central cuando el jugador observado se desenvuelve en la zona comprendida entre las dos líneas paralelas tangentes al círculo central, de 9.15 m de radio, abarcando el centro del campo.

Grado de apertura: también se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona central cuando el jugador observado en algún momento puntual del intervalo analizado transfiere los límites de esta zona, sin que sea un hecho significativo en el tiempo y en el espacio.

6.4. Zona ofensiva

Núcleo categorial: se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona ofensiva cuando el jugador observado se desenvuelve en la zona que comprende desde la línea paralela tangente al círculo central dentro del campo hacia el que se ataca hasta la línea marcada por el área de penalti rival en toda su anchura.

Grado de apertura: también se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona ofensiva cuando el jugador observado en algún momento puntual del intervalo analizado transfiere los límites de esta zona, sin que sea un hecho significativo en el tiempo y en el espacio.

6.5. Zona ultra ofensiva

Núcleo categorial: se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona ultra ofensiva cuando el jugador observado se desenvuelve en la zona delimitada por la línea de fondo rival, hasta la línea del área de penalti rival, en todo lo que supone el ancho del campo.

Grado de apertura: también se considera que la situación de juego tiene lugar en la zona ultra ofensiva cuando el jugador observado en algún momento puntual del intervalo analizado transfiere los límites de esta zona, sin que sea un hecho significativo en el tiempo y en el espacio.

Sentido del ataque. →

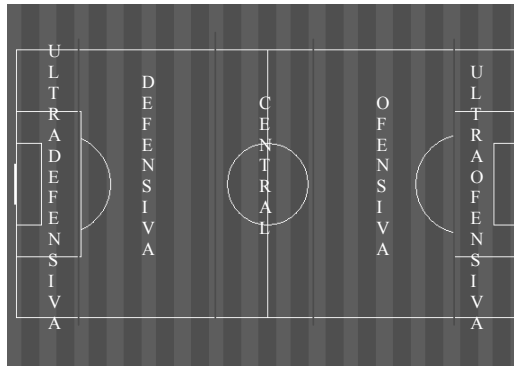


Figura 2. División espacial del terreno de juego

C7: TIEMPO DE PARTIDO

7.1. 0 -15

Núcleo categorial: se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si tiene lugar entre el minuto 0 y el minuto 15 inclusive.

Grado de apertura: también se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si traspasa por escaso margen de un segundo, la duración de la situación de juego, por el límite superior.

7.2. 16 - 30

Núcleo categorial: se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si tiene lugar entre el minuto 16 y el minuto 30 inclusive.

Grado de apertura: también se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si traspasa por escaso margen de un segundo, la duración de la situación de juego, por el límite inferior o superior.

7.3. 31 - final del primer tiempo

Núcleo categorial: se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si tiene lugar entre el minuto 31 y el final del primer tiempo.

Grado de apertura: también se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si traspasa por escaso margen de un segundo, la duración de la situación de juego, por el límite inferior.

7.4. Comienzo del segundo tiempo - 60

Núcleo categorial: se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si tiene lugar entre el comienzo del segundo tiempo y el minuto 60 inclusive.

Grado de apertura: también se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si traspasa por escaso margen de un segundo, la duración de la situación de juego, por el límite superior.

7.5. 61 - 75

Núcleo categorial: se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si tiene lugar entre el minuto 61 y el minuto 75 inclusive.

Grado de apertura: también se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si traspasa por escaso margen de un segundo, la duración de la situación de juego, por el límite inferior o superior.

7.6. 76 - final de segundo tiempo

Núcleo categorial: se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si tiene lugar entre el minuto 76 y el final del partido.

Grado de apertura: también se contabiliza la situación de juego dentro de esta categoría, si traspasa por escaso margen de un segundo, la duración de la situación de juego, por el límite inferior.

C₈: RESULTADO

8.1. Resultado ajustado

Núcleo categorial: no existe diferencia de goles entre los dos equipos o la diferencia es de un sólo gol.

Por ejemplo: todos los empates (0-0; 1-1; 2-2; 3-3; etc...) o todas las ventajas o desventajas por un solo gol (1-0; 0-1; 1-2; 2-1; 3-2; 4-3; etc...)

8.2. Resultado no ajustado

Núcleo categorial: la diferencia de goles entre los dos equipos es de más de un gol.

Por ejemplo: 2-0; 3-1; 1-4; 4-2; etc...

3.3.2.4. VARIABLES EXTRAÑAS

Además de los criterios y categorías descritas anteriormente se han tenido en cuenta a la hora de analizar las situaciones de juego seleccionadas, la posible influencia de algunos factores que pudieran sesgar en cierta medida los resultados:

- Situaciones donde hubiera enfrentamiento, fuera del propio juego, entre jugadores (discusión por una entrada, por un mal gesto, etc.). Por ejemplo mostramos la imagen 11.



Imagen 11. Discusión que se genera entre dos jugadores de distinto equipo y el árbitro.

Eurocopa 2004. Suecia - Holanda

- Situaciones donde hubiera enfrentamiento, fuera del propio juego, entre jugador y el árbitro (discusión por una falta, por un fuera de juego dudoso, por un gol anulado, etc.). Por ejemplo las actitudes de las imágenes 11 y 12.



Imagen 12. Discusión que se genera entre jugador y árbitro. Eurocopa 2004. Suecia - Holanda

- Situaciones donde hubiera enfrentamiento, fuera del propio juego, entre un jugador y el entrenador (discusión por un cambio, por un mal gesto, por un error, etc.).
- Situaciones donde se produjera el lanzamiento de una pena máxima.
- Otras situaciones anómalas fuera del propio discurrir de la competición como un apagón, la pérdida de imagen en la filmación, mala calidad de imagen, etc.

Al respecto es preciso señalar que ninguno de estos casos se nos ha presentado en las 153 situaciones de juego seleccionadas y analizadas para este estudio, con lo que podemos concluir que ninguna de estas variables extrañas ha podido ejercer influencia alguna en los resultados de nuestro estudio.

3.3.3. INSTRUMENTOS DE REGISTRO

3.3.3.1. DE LÁPIZ Y PAPEL

Se han utilizado tres planillas tipo. La primera ha servido para poder asegurar y comprobar la perfecta sincronización entre los registros de FC y las imágenes del partido de cada uno de los jugadores objeto de estudio. En esta planilla de recogida de datos (Anexo 1) se han tenido en cuenta datos generales relativos al jugador registrado: partido, fecha, jugador, dorsal, número de MRC, puesto específico, y sistema de juego, y datos específicos referentes al tiempo de comienzo y finalización de cada uno de las partes del partido, así como un apartado de notas donde poder recoger incidencias relevantes y su tiempo, si es que tenían lugar. La segunda y tercera planillas de observación para poder analizar el contexto de las situaciones de juego seleccionadas, son idénticas salvo que una recoge exclusivamente los datos referentes a los intervalos de incremento acusado de FC, y la otra los contextos de la situación de juego de los intervalos de disminución. En ambas, por un lado se recogen datos generales de la competición y del jugador observado: jugador, dorsal, puesto específico, fecha, partido-trofeo, y lugar. Por otro lado, se ha situado el tiempo en que tiene lugar el intervalo seleccionado, y los criterios vertebradores y sus correspondientes categorías en forma de abreviatura (Anexo 2). En estas planillas se ha utilizado un sistema de registro de codificación binario.

3.3.3.2. ELECTRÓNICOS

Los registros de FC se obtuvieron a través de la colocación en cada uno de los jugadores observados de un MRC Polar® Vantage NV dispuesto de emisor codificado y su correspondiente receptor. Una vez registrados los datos de FC, fueron “volcados” al ordenador portátil (ACER TravelMate 244LC) mediante un interface por infrarrojos Polar®.

El registro de contextos de la situaciones de juego se llevó a cabo a partir del análisis de cintas grabadas (12 cintas de filmación de formato digital miniDV 60 TDK) mediante dos cámaras de filmación digital Sony DCR-PC 250E dispuestas de trípode para facilitar una mayor calidad de imagen. También se dispuso a este respecto de 3 cronómetros Casio 725 AW-22 que nos permitieron poder sincronizar, posteriormente, los registros de FC con las imágenes. Para evitar cualquier posible complicación con las baterías de las cámaras de filmación se dispuso de dos alargaderas y dos tomas de tierra para estar conectados a la red eléctrica continuamente dentro del recinto deportivo. Por último, las imágenes de los partidos se han reproducido con la ayuda de un combinado VHS-DVD Panasonic NV-VP 21, en un monitor de TV modelo Philips Real Flat 29.”

3.3.3.3. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Los programas informáticos de carácter **general** que han sido utilizados en el presente estudio han sido Microsoft® Word y Excel del paquete informático Microsoft® Office. El primero ha servido tanto para diseñar las planillas de observación comentadas anteriormente (anexos 1 y 2), como para la redacción del presente trabajo, y el segundo ha sido necesario para crear una base de datos con los registros procedentes de la observación de los videos.

Los programas informáticos de carácter **específico** que se han usado han sido el Software Polar® precision performance SW versión 3.0 para poder “volcar” los registros de FC almacenados en el MRC al ordenador, y posteriormente poder acceder, a través de él, a la curva del comportamiento de FC de cada uno de los jugadores objeto de estudio, así como de todos los datos registrados por los MRC. También hemos utilizado el SPSS 12.0 para Windows con la intención de llevar a cabo todo el análisis estadístico que aparece reflejado en el capítulo de resultados.

3.4. PROCEDIMIENTO

Para poder llevar a cabo los objetivos que nos hemos planteado era necesario disponer de algunos datos previos relativos a los jugadores objeto de estudio. Estos hacen referencia a la FC máxima y a la FC de base de cada uno de ellos. La FC máxima de todos los jugadores se obtuvo a partir de los datos recogidos en el test de Course-Navette, realizado 3 semanas antes de la toma de datos, dentro del programa de preparación física que seguía la totalidad de la plantilla en ese momento. La FC basal se obtuvo a partir de los registros de FC tomados con el MRC 5 minutos antes de levantarse de la cama por la mañana, durante tres días consecutivos, 2 semanas antes de la filmación de los partidos, dentro también de las pautas que establecía el programa de preparación física que seguía la totalidad de la plantilla en ese momento. A partir de estos datos fue posible determinar los valores de FC, en función de porcentajes respecto de la FC máxima y de la FC de reserva, según definieron Karvonen & Vuorimaa (1988), en los jugadores estudiados.

Para la toma de datos, se ha procedido a colocar durante todo el partido de competición un MRC a cada uno de los jugadores objeto de estudio, sincronizado con el cronómetro del observador, y a realizar simultáneamente una filmación “contextualizada” de toda la competición de cada uno de ellos. La filmación se realizó de tal manera que apareciera siempre el jugador observado y la porción más amplia posible del terreno de juego, incluyendo donde se encontraba el balón, de tal forma que si no se pudiera abarcar todo el terreno de juego, si abarcáramos la mayor cantidad posible para poder disponer de toda la información relevante y no estar expuestos a perderla para el posterior análisis.

Con el fin de que no aparecieran problemas de última hora, conscientes de que teníamos posibilidades limitadas a la hora de disponer de los sujetos, se llevaron a cabo una serie de pautas que se describen a continuación:

1. Cada observador, participante en esta investigación, se familiarizó con el funcionamiento de su cámara y con los objetivos de la filmación (filmar al jugador que se le asigne de forma contextualizada, es decir; abarcando al jugador, la mayor parte de terreno de juego, y al balón) en partidos simulados con alumnos de la maestría de fútbol del INEF Galicia durante el curso académico 2002/03.

2. Los jugadores seleccionados, de forma voluntaria, tuvieron tiempo de adaptarse al uso del MRC, aunque todos ellos ya estaban familiarizados con su uso, en cuatro partidos de entrenamiento realizados en espacio reducido, en las dos semanas previas antes de la recogida de datos, dentro del programa de entrenamiento que seguía la totalidad de la plantilla en ese momento.
3. Las cámaras se ubicaron dos horas antes de cada partido, en batería, en la zona central de preferencia donde están habilitados sitios para tal efecto.
4. Se comprobó exhaustivamente tanto el estado de las baterías y conexiones a la red de las cámaras de filmación, como las baterías de los MRC a utilizar, antes de cada partido, y durante el descanso de los mismos.

El intervalo de registro de los valores de FC se llevo a cabo cada 5 segundos, ya que, como afirmaron Ali & Farrally (1991b) el reflejo de los cambios rápidos en el desplazamiento puede seguirse a través de la FC, debido a que si la FC es recogida con una cadencia de cada 5 segundos, será posible detectar desde la FC casi todos los cambios en el movimiento. Posteriormente, tras “volcar” los registros de FC de cada jugador en el ordenador, sincronizamos la filmación de cada uno de ellos con sus registros de FC en el partido, tomando como referencia también los tiempos marcados por los cronómetros de los observadores, que estaban sincronizados con los MRC de los jugadores (tiempo de inicio y finalización de cada tiempo, de los goles, incidencias, etc) para una mayor seguridad. A partir de aquí se seleccionaron sólo los intervalos de FC que cumplían los criterios ya comentados, y se procedió al análisis de las situaciones de juego que tenían lugar en cada uno de ellos, teniendo en cuenta tal y como afirma Ackland (1988) que la adaptación de la FC al esfuerzo exigido no es inmediata, ya que, existe un lapso de tiempo, entre cuando se comienza un esfuerzo y cuando la FC expresa la intensidad de dicho esfuerzo.

En un primer momento, tuvo lugar el análisis de las situaciones de juego que se enmarcaban dentro de los intervalos de incremento acusado de los valores de FC (78), de tal modo que sólo se pasaba a la siguiente situación cuando se finalizaba con todos los datos observables de la anterior. Cada una de ellas fue codificada en ocho ocasiones diferentes en virtud de los ocho criterios que habíamos dispuesto, y ya comentados. Tras finalizar la observación de todas estas situaciones, se repite el proceso, visionando las setenta y cinco situaciones de juego que se enmarcan dentro de los intervalos de disminución de los valores de FC de los jugadores.

3.5. CONTROL DE CALIDAD DEL DATO

Una vez recogidos los datos se procedió al análisis de las situaciones de juego que tenían lugar en cada uno de los intervalos de FC seleccionados. La observación y el correspondiente registro fueron realizados por un grupo de cuatro observadores, expertos en fútbol, entrenados específicamente para este estudio, entre los cuales se hallaba el autor de este trabajo, de tal manera, que sólo se registraba o anotaba en la planilla cuando existía un consenso entre los cuatro observadores, es decir, el control de calidad del dato se efectuó cualitativamente, mediante la modalidad **concordancia por consenso**.

Es necesario añadir que no se presentaron incidencias relativas a una sistemática categorización divergente de alguno de los observadores, ni tampoco de aceptación automática de las propuestas de uno de ellos. Durante la observación a través del visionado de las cintas de vídeo, se discutía en que categorías de cada criterio se incluía cada una de las situaciones de juego observadas.

Posteriormente, al cabo de un mes después de finalizar todas las observaciones, se volvió a visionar todas las situaciones de juego ya analizadas para ver el grado de fiabilidad entre los observadores, no existiendo ninguna discrepancia entre las nuevas anotaciones y las realizadas en la primera observación.

Con el fin de poder garantizar en mayor medida la calidad del dato, se decidió introducir un mecanismo de control adicional, recurriendo a un segundo observador-codificador, ajeno a la propia investigación, pero con suficiente formación en este tipo de tareas y ámbito de trabajo. Para poder establecer una comparación entre las codificaciones entre este segundo codificador y el equipo de expertos inicial se calculó el **índice Kappa de Cohen** (Cohen, 1968) de acuerdo interjueces, para cada uno de los criterios incluidos en el análisis. Salvo en uno de ellos el grado de concordancia era absoluto (lo que deriva en coeficiente igual a cero). Sólo se detectó una mínima discrepancia en el criterio rol, fruto de que uno sólo de los 153 casos presentaba una codificación distinta. Lo que se traduce en un coeficiente de 0.985.

3.6. ANÁLISIS DE DATOS

Por lo que se refiere al análisis de datos, el presente estudio implica tres enfoques o aproximaciones distintas. Una primera de carácter univariado, una segunda de carácter bivariado y una última de carácter multivariado. Ello se traduce, por tanto, en una triple vertiente bajo la cual debe ser considerado todo el trabajo. En primer lugar, partiremos de una aproximación puramente descriptiva que nos permita disponer de un buen conocimiento de la realidad objeto de estudio: la evolución del comportamiento de la frecuencia cardíaca de los futbolistas en la situación real de juego. Esta primera vertiente nos permitirá también elaborar un perfil situacional tanto del incremento acusado como de la disminución de la frecuencia cardíaca.

Por otro lado, la aproximación bivariada se corresponde con una vertiente inferencial, bajo la que se pretende contrastar a nivel estadístico la posible relación que las variaciones en la frecuencia cardíaca, matizadas en incremento acusado y disminución, guardan con determinados criterios y sus categorías vinculados al contexto de la situación de juego propiamente dicho (Balón en Juego, Oposición, Rol del Jugador, etc.).

Bajo la tercera vertiente de carácter multivariante se pretende elaborar un modelo explicativo de los incrementos acusados y disminuciones en el comportamiento de la frecuencia cardíaca, a partir de los criterios y categorías mencionados o, lo que es lo mismo, la elaboración de una función que permita estimar la probabilidad de incremento acusado o disminución bajo un determinado contexto de la situación de juego.

Cabe señalar, por último, que se desestimó la posibilidad de introducir un Análisis de Series Temporales debido a que en el fútbol los valores de FC de los jugadores se comportan de una manera aleatoria en función de cómo se desarrollen las situaciones de juego, que tal y como describe Castelo (1994) dentro del marco teórico de este estudio, se caracterizan por la inestabilidad del medio que las rodea, el cual se encuentra en constante mutación. Si atendemos también a Garganta (1997), y aceptamos que las situaciones que ocurren en el contexto de los JDC deben ser entendidas como unidades de acción que poseen una naturaleza compleja, dependiente, no sólo del número de variables del juego, sino también de la imprevisibilidad y aleatoriedad de las situaciones que se presentan ante el jugador y el equipo, las series de tiempo no parecen aportar información relevante en el estudio del comportamiento de la FC de los futbolistas.

4. RESULTADOS ▶

Con el propósito de facilitar al lector la comprensión de los resultados del presente trabajo, la exposición de los mismos se llevará a cabo siguiendo las tres aproximaciones sucesivas ya señaladas dentro del apartado correspondiente al análisis de datos: descriptiva, inferencial, y explicativa, de acuerdo también con el orden planteado en los objetivos.

4.1. APROXIMACIÓN DESCRIPTIVA

4.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA FC DE LOS FUTBOLISTAS EN LA COMPETICIÓN

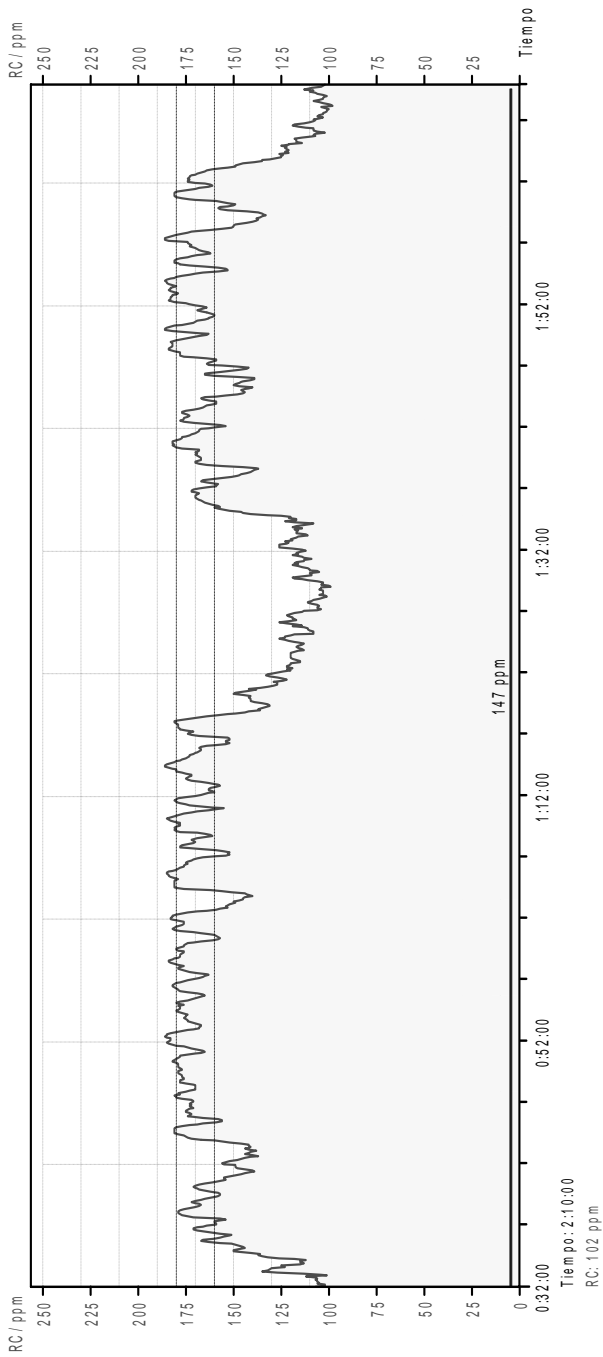
El primero de los objetivos que nos habíamos fijado en el presente trabajo era tener un conocimiento preciso del comportamiento de la frecuencia cardiaca, una variable fundamental, desde nuestro punto de vista, ya que podría ser utilizada como un indicador de la carga fisiológica a la que se ve sometido el futbolista en el transcurso de la competición. Por ello hemos comenzado por describir el comportamiento de este indicador de carga fisiológica tanto a nivel global (para el conjunto de los 6 jugadores que compusieron la muestra), como para cada uno de ellos por separado. El número de registros de frecuencia cardiaca de los que se disponía ascendía a un total de 5.650.

Podemos comenzar por presentar los datos de FC de base y FC máxima (en adelante FCM) de los jugadores observados (tabla 23), ya que nos van a servir para poder analizar de forma rigurosa los valores obtenidos en la competición.

Tabla 23. Valores de FC de base, FC máxima y FC mínima y máxima del partido

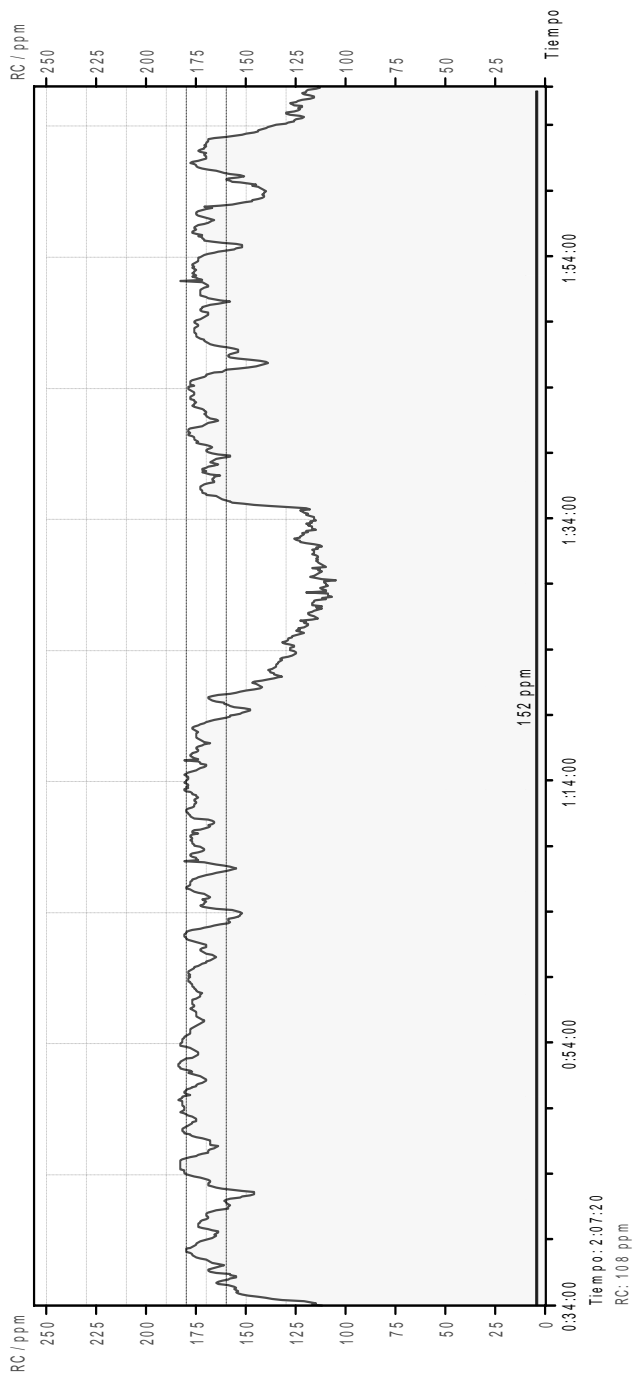
JUGADOR	Puesto Específico	FC de base	FC máxima course navette	FC máxima de partido	FC mínima de partido
Silvinho	Defensa Lateral	41 lat/min.	193 lat/min.	186 lat/min.	112 lat/min.
Giovanella	Centrocampista	40 lat/min.	189 lat/min.	184 lat/min.	115 lat/min.
Sergio	Defensa Central	40 lat/min.	195 lat/min.	186 lat/min.	113 lat/min.
Jandro	Delantero	42 lat/min.	200 lat/min.	191 lat/min.	110 lat/min.
Jesuli	Centrocampista	42 lat/min.	194 lat/min.	191 lat/min.	108 lat/min.
Edú	Delantero	43 lat/min.	192 lat/min.	186 lat/min.	100 lat/min.
Media + Desviación típica		41.3 ± 1.21	193.8 ± 3.65	187.33 ± 2.94	109.67 ± 5.31

Los resultados que se desprenden de la tabla 23 indican que la FC media de base de los jugadores es de 41.3 ± 1.21 lat/min, y que la FCM media obtenida en la competición (187.33 ± 2.94 lat/min) es algo inferior a la obtenida a través de un test de campo de esfuerzo máximo como es la Course Navette (193.8 ± 3.65 lat/min). Además, podemos observar la gran diferencia que existe entre el valor medio máximo (187.33 ± 2.94 lat/min) y el valor medio mínimo (109.67 ± 5.31 lat/min) de FC obtenidos en competición. En los gráficos siguientes se recoge la evolución, cada 5 segundos, del comportamiento de la FC de cada jugador en competición.



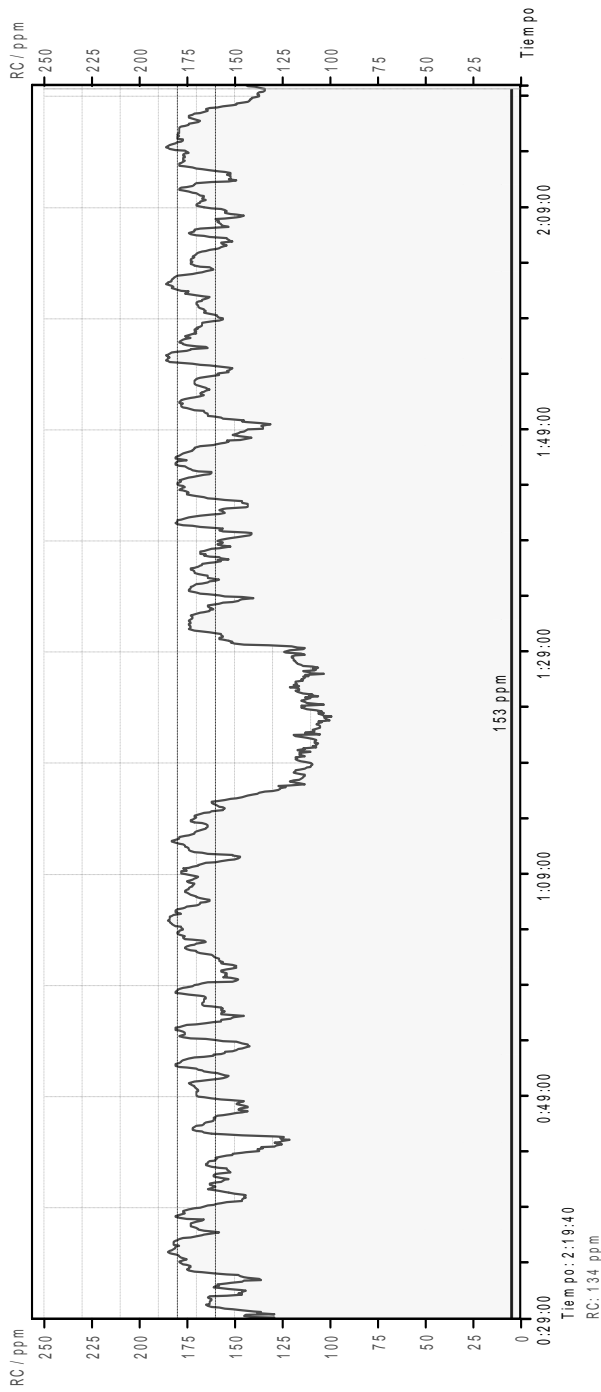
Persona	oscar	Fecha	07/08/2003	Ritmo cardíaco promedio	147 ppm	Límites 1	160 - 180
Ejercicio	Celta Sylvinho	Hora	21:08:06	Ritmo cardíaco máx.	186 ppm	Límites 2	80 - 160
Deporte	Carreteras	Duración	2:14:44.1			Límites 3	80 - 160
Nota	Partido Celta-Olympiakos						
	Selección						
	0:00:00 - 2:14:40 (2:14:40.0)						

Figura 3. Comportamiento de la Curva de Frecuencia Cardíaca en Competición. (Jugador 1: Sylvinho)



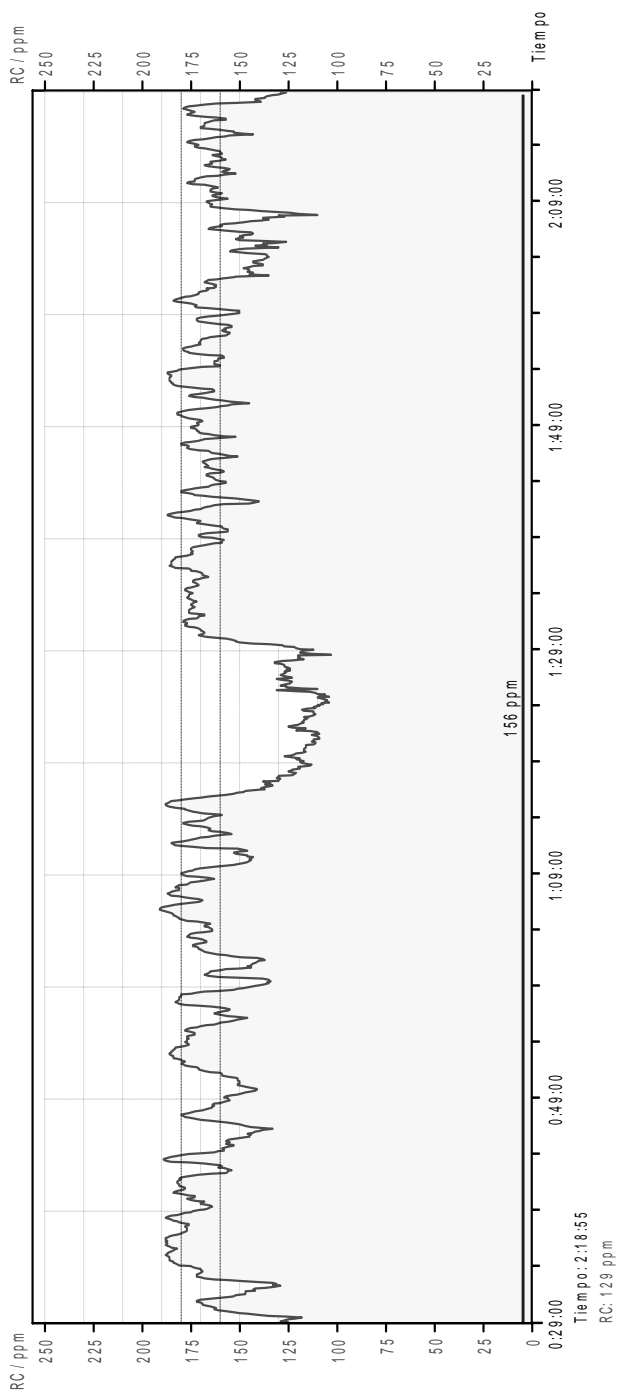
Persona	oscar	Fecha	07/08/2003	Ritmo cardiaco promed	152 ppm	Límites 1	160 - 180
Ejercicio	Celta Giovannella	Hora	21:08:02	Ritmo cardiaco máx.	184 ppm	Límites 2	80 - 160
Deporte	Carreiras	Duración	2:10:40.2			Límites 3	80 - 160
Nota	Partido Celta-Olym piakos			Selección	0:00:00 - 2:10:40 (2:10:40.0)		

Figura 4. Comportamiento de la Curva de Frecuencia Cardiaca en Competición. (Jugador 2: Giovannella)



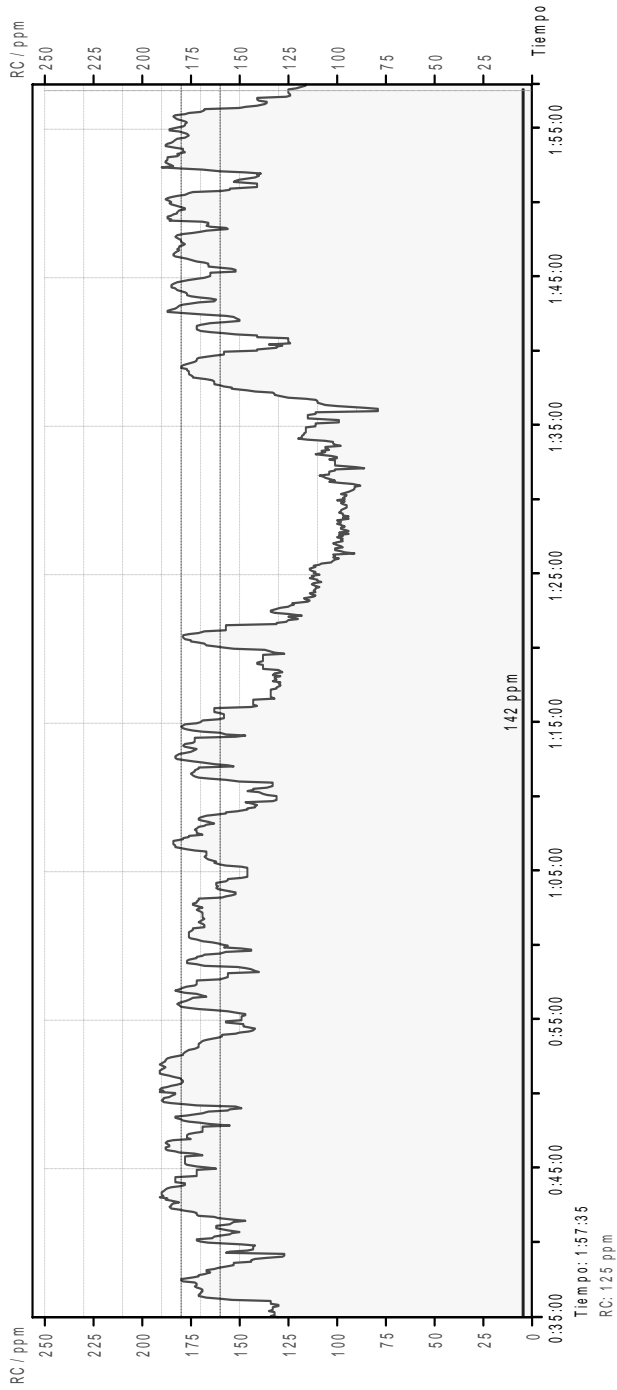
Persona	oscar	Fecha	16/08/2003	Ritmo cardiaco pomed	153 ppm	Límites 1	160 - 180
Ejercicio	Celia Segio	Hora	19:06:46	Ritmo cardiaco máx.	186 ppm	Límites 2	80 - 160
Deporte	Carreas	Duración	2:22:48.8			Límites 3	80 - 160
Nota	R.C. Cella-At. Bilbao						
				Selección	0:00:00 - 2:22:45 (2:22:45.0)		

Figura 5. Comportamiento de la Curva de Frecuencia Cardiaca en Competición. (Jugador 3: Sergio)



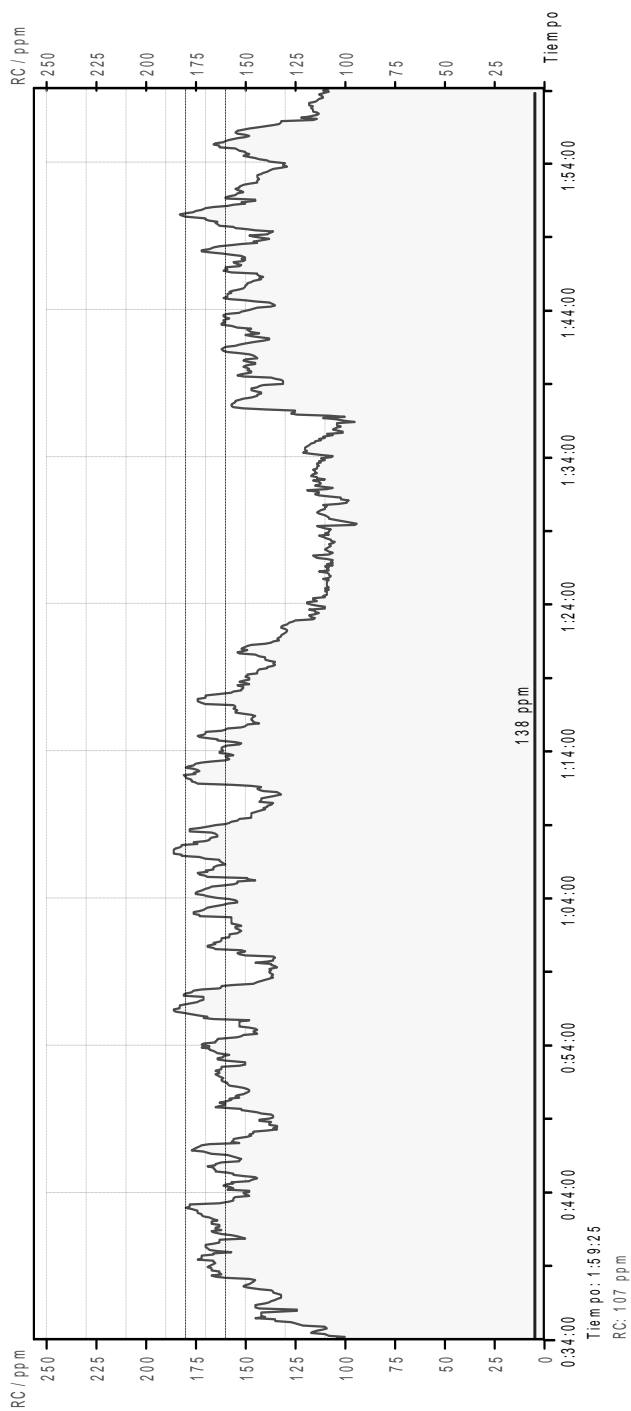
Persona	oscar	Fecha	16/08/2003	Ritmo cardiaco promed	156 ppm	Limites 1	160 - 180
Ejercicio	Cella Jandro	Hora	19:06:53	Ritmo cardiaco m.áx.	191 ppm	Limites 2	80 - 160
Deporte	Carreas	Duración	2:19:39.3			Limites 3	80 - 160
Nota	R.C. Cella-At. Bilbao			Selección	0:00:00 - 2:19:35 (2:19:35.0)		

Figura 6. Comportamiento de la Curva de Frecuencia Cardiaca en Competición. (Jugador 4: Jandro)



Persona	oscar	Fecha	21/08/2003	Ritmo cardiaco promed	142 ppm	Limites 1	160 - 180
Ejercicio	Cella Jesuli	Hora	21:05:37	Ritmo cardiaco m.áx.	191 ppm	Limites 2	80 - 160
Deporte	Carreas	Duración	2:04:21.7			Limites 3	80 - 160
Nota	R.C. Cella-Sevilla			Selección	0:00:00 - 2:04:20 (2:04:20.0)		

Figura 7. Comportamiento de la Curva de Frecuencia Cardiaca en Competición. (Jugador 5: Jesuli)



Persona	oscar	Fecha	21/08/2003	Ritmo cardiaco promedio	138 ppm	Límites 1	160 - 180
Ejercicio	Celta Edú	Hora	21:05:18	Ritmo cardiaco máx.	186 ppm	Límites 2	80 - 160
Deporte	Carreras	Duración	2:02:52.8	Selección	0:00:00 - 2:02:50 (2:02:50.0)	Límites 3	80 - 160
Nota	R.C. Celta-Sevilla						

Figura 8. Comportamiento de la Curva de Frecuencia Cardiaca en Competición. (Jugador 6: Edú)

En el seguimiento de los 6 sujetos que han participado en el estudio, a lo largo de los 3 partidos seleccionados, se identificaron un total de 153 situaciones de variación manifiesta en los valores de frecuencia cardiaca (atendiendo a las condiciones descritas en el apartado 3.3.3.1). De éstas 78 corresponden a incrementos acusados (51%) y 75 a disminuciones (49%). A partir de éstos datos podría decirse que el promedio de variaciones manifiestas, tal y como nosotros las hemos interpretado, que experimentan los valores de FC de un futbolista profesional en el transcurso de un partido se situaría en torno a 25.5 (tantos incrementos acusados y tantas disminuciones).

Si observamos las gráficas referentes a las curvas que manifiesta el comportamiento de la FC en estos jugadores (figuras de la 3 a la 8) podemos ver que los valores oscilan entre una amplia orquilla (100 y 191 lat/min), no siguiendo una pauta uniforme, ni siquiera cíclica ni aleatoria. Este comportamiento viene definido por los constantes incrementos y disminuciones en los valores de FC, por tanto, parece lógico prestar atención al estudio de estos incrementos y disminuciones a la hora de poder explicar su dinámica. Con este objeto, podría ser muy interesante identificar el contexto de la situación de juego que los caracteriza. Sin embargo, si pretendemos obtener información relevante es necesario acotar el análisis a aquellas variaciones en los valores de la FC que supongan una importante carga fisiológica para el jugador en el transcurso del partido.

Como veremos más adelante este comportamiento fluctuante que manifiestan las gráficas de FC de los jugadores estudiados, se puede observar también de forma numérica en el valor que adquiere la desviación típica y el coeficiente de variación de todos los registros que los jugadores han presentado en competición (5.650). Dicho comportamiento puede estar justificado por las propias características de la competición del fútbol, es decir, al tipo de esfuerzo intermitente que demanda la competición, mediatizado por las demandas de cada una de las situaciones de juego en que se ve inmerso el futbolista. Estas situaciones de juego se pueden caracterizar por las claves del contexto en que tienen lugar cada una de ellas: rol del jugador, tipo de oposición, situación con respecto al centro de juego, zona del campo donde se desarrolla, etc.

Se recogen en las siguientes tablas (tablas 24 y 25), los principales estadísticos descriptivos para el comportamiento de la frecuencia cardiaca de cada jugador, así como de su expresión respecto de la FC máxima, y de la FC de reserva (en adelante FCR) de cada uno de los futbolistas.

Tabla 24. Valores de FC y porcentajes respecto a la FC máxima y FC de reserva de cada uno de los jugadores estudiados

Jugador	Puesto Específico	FC media 1 ^o T		%FCM		%FCR		FC media 2 ^o T		%FCM		%FCR		FC media partido		%FCM		%FCR	
		lat/min	lat/min																
Silvinho	Defensa Lateral	167.87	lat/min	86.97%	83.46%	165.53	lat/min	85.76%	81.92%	167.02	lat/min	86.51%	82.87%						
Giovanella	Centrocampista	171.84	lat/min	90.92%	88.48%	166.92	lat/min	88.31%	85.18%	169.87	lat/min	89.92%	87.21%						
Sergio	Defensa Central	164.26	lat/min	84.23%	80.16%	165.96	lat/min	85.10%	81.26%	165.35	lat/min	84.68%	80.73%						
Jandro	Delantero	167.36	lat/min	83.68%	79.34%	165.08	lat/min	82.54%	77.89%	166.18	lat/min	83.09%	78.60%						
Jesuli	Centrocampista	163.84	lat/min	84.45%	80.15%	168.22	lat/min	86.71%	83.03%	165.17	lat/min	85.13%	81.02%						
Edú	Delantero	157.46	lat/min	82.01%	76.81%	150.10	lat/min	78.17%	71.87%	155.23	lat/min	80.85%	75.32%						
Media + Desviación típica		165.43 ± 4.86		85.37 ± 3.15	81.4 ± 4.06	163.63 ± 6.72		84.43 ± 3.61	80.19 ± 4.72	165.06±4.99		85.03 ± 3.08	80.95 ± 4						

Tabla 25. Descriptivos para la FC media en competición de cada uno de los jugadores estudiados

Jugador	Puesto Específico	FC media partido	Desv. Típica	Coef. Var
Silvinho	Defensa Lateral	167.02 lat/min	13.71	8.20%
Giovanella	Centrocampista	169.87 lat/min	10.41	6.12%
Sergio	Defensa Central	165.35 lat/min	12.28	7.42%
Jandro	Delantero	166.18 lat/min	13.85	8.33%
Jesuli	Centrocampista	165.17 lat/min	17.66	10.69%
Edú	Delantero	155.23 lat/min	13.64	8.78%

Como se puede observar en la tabla 24 los valores medios de frecuencia cardiaca de los distintos jugadores analizados resultan bastante similares ($\bar{x}=165.06$; $S_x=4.99$ lat/min.). Sin embargo, este dato no ofrece la posibilidad real de establecer comparaciones rigurosas entre distintos jugadores. Por esta causa hemos recurrido a expresar este valor absoluto en función de la FC máxima de cada uno de los jugadores estudiados, obtenida a través de un test de campo de esfuerzo máximo como es la Course Navette (tabla 23). En concreto, los valores medios obtenidos si se calculan con relación a la frecuencia cardiaca máxima vuelven a ser muy parejos y con una variabilidad relativamente pequeña ($\bar{x}=85.03\%$; $S_x=3.08$).

Es conveniente considerar también la expresión de este valor con respecto a la FC de reserva de cada uno de los jugadores estudiados, tal y como determinaron Karvonen & Vuorimaa (1988), obtenida mediante un planteamiento que tiene en cuenta también la FC de base del jugador. Como puede observarse en la tabla 24, los valores medios obtenidos vuelven a ser muy similares ($\bar{x}=80.95\%$; $S_x=4$).

En definitiva, los resultados obtenidos indican que los valores medios del comportamiento de la FC de los jugadores, sean expresados tanto como valor absoluto, en

función de la FC máxima, o en función de la FC de reserva de cada uno de los futbolistas, resultan muy similares. Por otro lado, el valor medio respecto de la FC de reserva de cada futbolista es inferior al obtenido respecto de la FC máxima. Este hecho se debe a que en el primer caso el espectro de valores sobre el que calcular el porcentaje se reduce ya que, el tramo útil de FC se sitúa entre el valor máximo de FC del jugador y el valor de su FC de base. Por ejemplo, para un jugador con una FC máxima de 195 lat/min y una FC de base de 45 lat/min su tramo útil de FC sería de 150 lat/min, es decir, la diferencia entre 45 lat/min (FC de base) y los 195 lat/min (FC máx), sobre la que calcularíamos el porcentaje que representa un valor determinado, sumándole posteriormente el valor de su FC base. En el caso de ofrecer el valor en función de la FC máxima del jugador, el tramo útil sería de 195 lat/min, es decir, toda la orquilla de valores desde 0 lat/min hasta 195 lat/min.

Por otro lado, podemos constatar que aunque existen diferencias significativas entre los valores medios presentados por los jugadores en el primer tiempo (165.43 ± 4.86 lat/min; 85.37 ± 3.15 % de la FCM; 81.4 ± 4.06 % de la FCR) y los presentados en el segundo tiempo (163.63 ± 6.72 lat/min; 84.43 ± 3.61 % de la FCM; 80.19 ± 4.72% de la FCR), con unos valores medios superiores en el primer tiempo con respecto al segundo, estos resultan ser muy similares.

Tabla 26. Descriptivos para la FC máxima para la primera y segunda parte

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
FCM PRIMERA PARTE	85,2372	2336	7,94185	,16432
FCM SEGUNDA PARTE	84,5451	2336	7,26005	,15021

Como se puede observar en la tabla anterior, los valores medios para la FC máxima de ambos períodos son muy similares, aunque estadísticamente puede hablarse de una diferencia significativa a favor del primer tiempo (t=2.98; Sig=0.003).

Por lo que se refiere a la FC de reserva (tabla 27), de igual modo, los resultados encontrados son muy similares a los comentados anteriormente con relación a la FC máxima. Los promedios obtenidos para ambos períodos son similares aunque también arrojan una diferencia estadísticamente significativa a favor del primer tiempo (t=2.69; Sig=0.007).

Tabla 27. Descriptivos para la FC de reserva para la primera y segunda parte

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
FCR PRIMERA PARTE	81,1720	2337	10,15421	,21005
FCR SEGUNDA PARTE	80,3741	2337	9,27256	,19181

Como ya se había adelantado, existe una importante variabilidad en los registros realizados, tanto a nivel global como para cada uno de los jugadores por separado. En concreto la desviación típica global es de 14.27 y el Coeficiente de Variación de 8.65%, si tomamos los datos como valores absolutos, de 7.51 y 8.83%, respectivamente, si tomamos los datos en función de la FC máxima de cada uno de los futbolistas y, por último, de 9.57 y 11.81%, si expresamos los datos en función de la FC de reserva de cada uno de los futbolistas estudiados. Estos datos aparecen recogidos en las tablas 25, 28, 30, y 31.

En las figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14, y 15, aparece representada de forma gráfica el comportamiento de la frecuencia cardiaca (histogramas y gráficos de caja o *boxplot*), proporcionándonos una mejor comprensión del objeto de estudio.

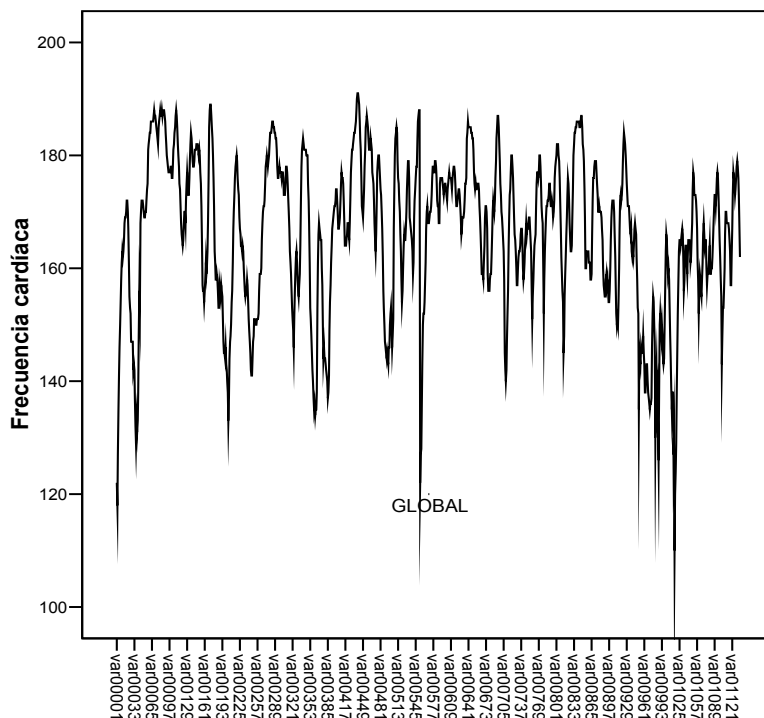


Figura 9. Comportamiento de la curva de FC en competición. (global)

Tabla 28. Descriptivos para los valores de FC en competición. (global)

		Estadístico	Error típ.	
GLOBAL	Media	165,06	,190	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	164,68	
		Límite superior	165,43	
	Media recortada al 5%	165,80		
	Mediana	168,00		
	Varianza	203,880		
	Desv. típ.	14,279		
	Mínimo	100		
	Máximo	191		
	Rango	91		
	Coefficiente de Variación	8,65		
	Amplitud intercuartil	20		
	Asimetría	-,800	,033	
	Asimetría estandarizada	-24,55		
	Curtosis	,299	,065	
Curtosis estandarizada	4,58			

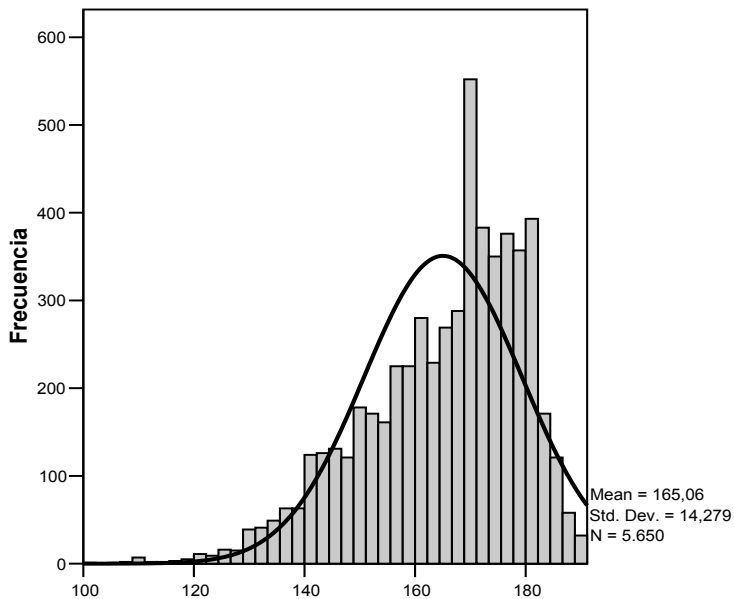


Figura 10. Histograma de los valores de FC en competición. (global)

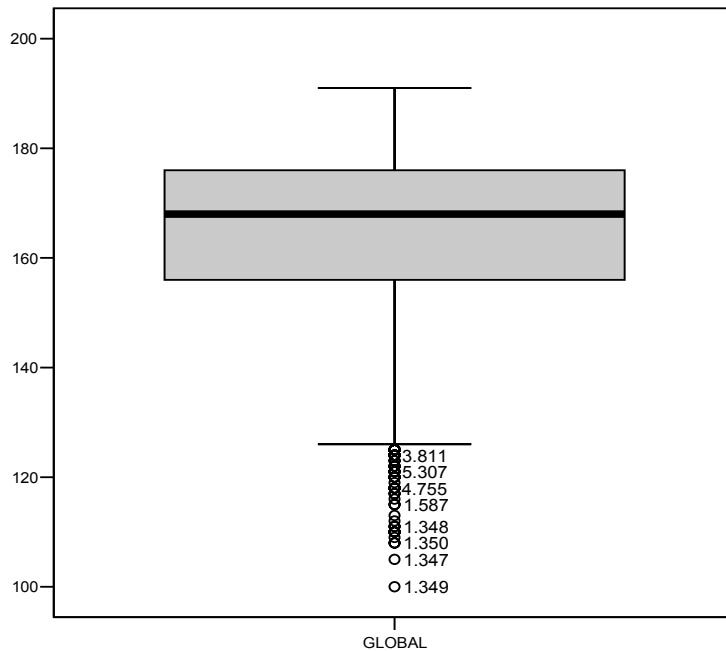


Figura 11. Boxplot de los valores de FC en competición. (global)

Como se puede apreciar en la tabla 28, la media global para la frecuencia cardíaca es de 165.06 lat/min, si bien la mediana es algo mayor (168 lat/min). En cuanto a la variabilidad de la FC, los valores encontrados oscilan entre un mínimo de 100 lat/min hasta 191 lat/min, siendo la desviación típica de 14.27. Un dato que puede contribuir a ilustrar mejor la variación global que experimenta la frecuencia cardíaca es el del Coeficiente de Variación, que expresa en término de porcentaje la variación media experimentada por el indicador objeto de estudio. En este caso, se obtiene un CV de 8.65%. Los estadísticos de asimetría y de curtosis revelan además que las puntuaciones siguen una distribución que no es normal, con valores estandarizados en ambos casos muy superiores a 3. La ausencia de normalidad se ve reflejada tanto en el histograma de la figura 10 (que presenta una clara asimetría negativa), como en el boxplot (figura 11). El incumplimiento del supuesto de normalidad fue contrastado a nivel estadístico mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov, con la correspondiente corrección de Lilliefors ($K-S=0.10$; $Sig<0.001$).

En el gráfico de caja o *boxplot* se puede apreciar de forma clara la *anormalidad* de la distribución, con la presencia de un buen número de casos anómalos (*outliers*) en la parte inferior de la distribución, lo cual explica la asimetría negativa encontrada. La presencia de

estos casos anómalos hace que la media aritmética se desplace hacia la parte inferior de la distribución, haciendo infraestimar la tendencia central de los datos, lo que lleva a aconsejar la utilización de estadísticos alternativos, como puede ser el caso de diferentes Estimadores-M. En la siguiente tabla (29) se recogen precisamente los índices propuestos por Huber, Tukey, Hampel y Andrews. El sentido de su utilización no es otro que el de disponer de una medida más fiable y representativa del comportamiento medio de la frecuencia cardiaca en competición.

Tabla 29. Estimadores-M para a puntuación global de la FC en competición

	<i>Estimador-M de Huber</i>	<i>Biponderado de Tukey</i>	<i>Estimador-M de Hampel</i>	<i>Onda de Andrews</i>
<i>FC</i>	167,31	167,86	166,80	167,88

A continuación se ofrecen también los descriptivos globales en términos de porcentaje respecto a la FC máxima y respecto a la FC de reserva de cada uno de los futbolistas.

Tabla 30. Descriptivos para los valores en términos de porcentaje respecto a la FCM. (global)

		<i>Estadístico</i>	<i>Error típ.</i>	
<i>% FCM</i>	<i>Media</i>	85,0321	,09997	
	<i>Intervalo de confianza para la media al 95%</i>	<i>Límite inferior</i>	84,8361	
		<i>Límite superior</i>	85,2281	
	<i>Media recortada al 5%</i>	85,4169		
	<i>Mediana</i>	86,5000		
	<i>Varianza</i>	56,461		
	<i>Desv. típ.</i>	7,51408		
	<i>Mínimo</i>	52,08		
	<i>Máximo</i>	98,45		
	<i>Rango</i>	46,37		
	<i>Coficiente de Variación</i>	8,83		
	<i>Amplitud intercuartil</i>	10,80		
	<i>Asimetría</i>	-,738	,033	
	<i>Asimetría Estandarizada</i>	-22,36		
	<i>Curtosis</i>	,150	,065	
<i>Curtosis Estandarizada</i>	2,30			

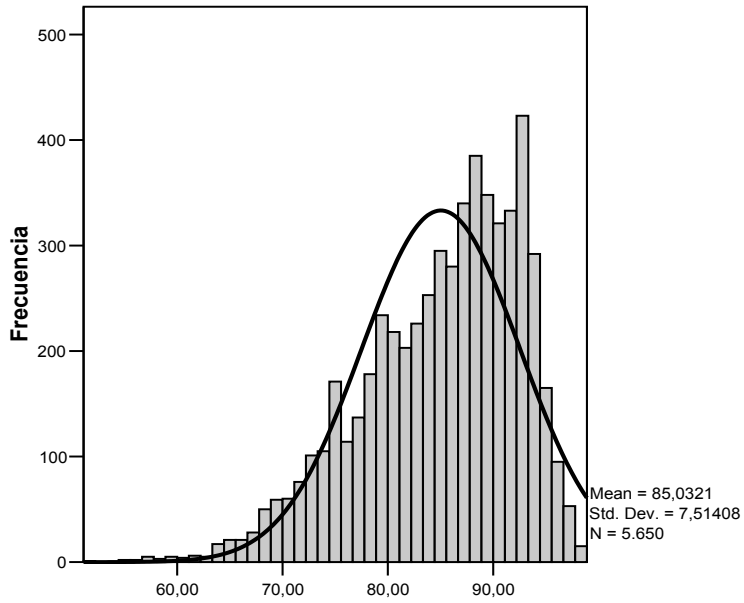
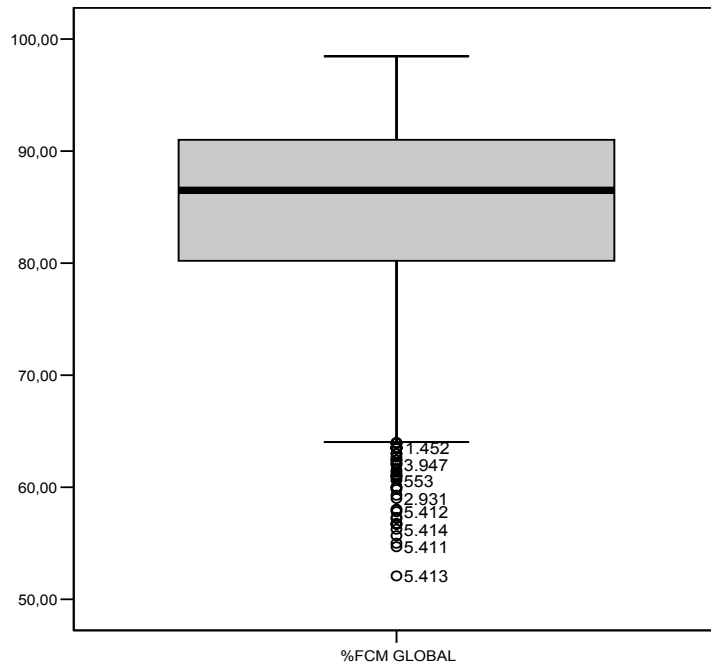


Figura 12. Histograma de los valores en términos de porcentaje respecto a la FCM. (global)



*Figura 13. Boxplot de los valores en términos de porcentaje respecto a la FCM.
(global)*

*Tabla 31. Descriptivos para los valores en términos de porcentaje respecto a la FCR.
(global)*

		Estadístico	Error típ.	
FC RESERVA	Media	80,9813	,12741	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	80,7315	
		Límite superior	81,2311	
	Media recortada al 5%	81,4757		
	Mediana	82,8947		
	Varianza	91,719		
	Desv. típ.	9,57700		
	Mínimo	38,26		
	Máximo	98,03		
	Rango	59,77		
	Coficiente de Variación	11,81		
	Amplitud intercuartil	13,75		
	Asimetría	-,745	,033	
	Asimetría Estandarizada	-22,42		
Curtosis	,160	,065		
Curtosis Estandarizada	2,46			

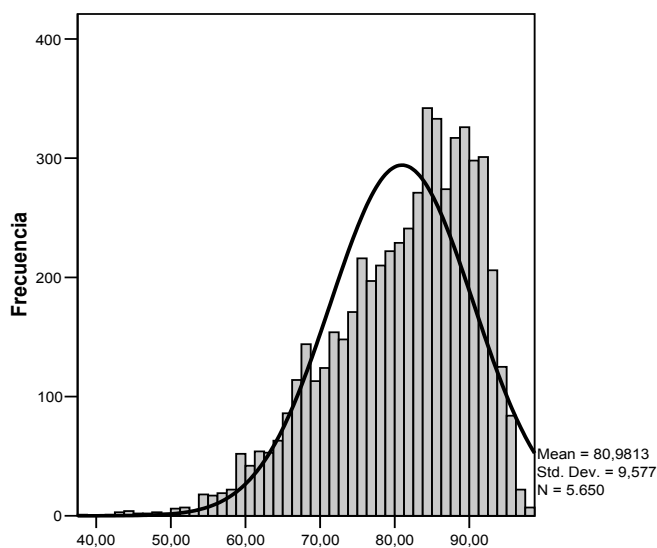


Figura 14. Histograma de los valores en términos de porcentaje respecto a la FCR. (global)

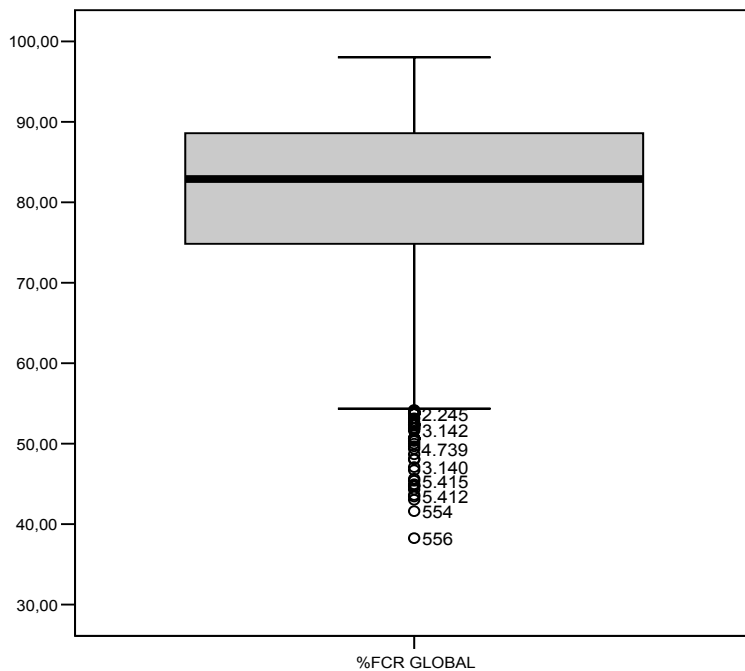


Figura 15. Boxplot de los valores en términos de porcentaje respecto a la FCR. (global)

La tendencia encontrada para el comportamiento de la frecuencia cardiaca en valores absolutos, se reproduce en términos generales tanto para su expresión como el porcentaje respecto a la frecuencia cardiaca máxima como para el porcentaje respecto a la frecuencia cardiaca de reserva de cada uno de los futbolistas estudiados. En el caso de expresar el valor en función del porcentaje respecto a la FCM, la media global es de 85.03%, si bien la mediana es algo mayor (86.5%). En cuanto a la variabilidad de la FC, los valores encontrados oscilan entre un mínimo del 52.08%, hasta un máximo del 98.45%, siendo la desviación típica de 7.51. Por su parte, el Coeficiente de Variación es de 8.83%. Los estadísticos de asimetría y de curtosis muestran de nuevo que se trata de una variable cuya distribución no parece ser normal. El incumplimiento del supuesto de normalidad fue contrastado también a nivel estadístico mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov, con la correspondiente corrección de Lilliefors ($K-S=0.08$; $\text{Sig}<0.001$).

En el caso de expresar el valor en función del porcentaje respecto a la FCR, la media global es de 80.98%, si bien la mediana es algo mayor (82.89%). En cuanto a la

variabilidad de la FC, los valores encontrados oscilan entre un mínimo del 38.26 %, hasta un máximo del 98.03%, siendo la desviación típica de 9.57. Por su parte, el Coeficiente de Variación es de 11.81%. Los estadísticos de asimetría y de curtosis muestran otra vez que se trata de una variable cuya distribución no parece ser normal. El incumplimiento del supuesto de normalidad fue contrastado también a nivel estadístico mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov, con la correspondiente corrección de Lilliefors ($K-S=0.09$; $Sig<0.001$).

En la tabla 32 podemos observar la distribución de los valores de FC, expresados como valores absolutos, como porcentajes respecto a la FCM y como porcentajes respecto a la FCR de cada uno de los futbolistas estudiados. Los datos indican que sólo el 25% de los valores se encuentran por debajo del 80.2% de la FCM y del 74.83% de la FCR de los futbolistas, mientras que el 30% de los valores se corresponden a cifras iguales o superiores al 90.1% de la FCM y al 87.34% de la FCR. Si tenemos además en cuenta los valores máximos alcanzados en ambas variables, podríamos añadir que el 75% de los registros efectuados respecto a la FCM se sitúan entre el 80.2% y el 98.45% de la misma, y entre el 74.83%, y el 98.03% de la FCR de los futbolistas.

Tabla 32. Percentiles para el comportamiento de la frecuencia cardiaca

FC			FCMAX			FCRESERVA		
N	Válidos	565	N	Válidos	5650	N	Válidos	5650
	Perdido	0		Perdidos	0		Perdidos	0
	5	138,0		5	71,0000		5	63,0872
	10	144,0		10	74,3590		10	67,1141
	15	149,0		15	76,5625		15	70,3226
	20	153,0		20	78,6458		20	72,9032
	25	156,0		25	80,2083		25	74,8387
	30	159,0		30	81,5000		30	76,5101
	35	162,0		35	83,0000		35	78,4810
	40	164,0		40	84,1026		40	79,8658
	45	166,0		45	85,4167		45	81,2903
Percentile	50	168,0	Percentiles	50	86,5000	Percentiles	50	82,8947
	55	170,0		55	87,5000		55	84,1772
	60	171,0		60	88,2051		60	85,1613
	65	173,0		65	89,1753		65	86,1842
	70	174,0		70	90,1042		70	87,3418
	75	176,0		75	91,0053		75	88,5906
	80	178,0		80	91,7949		80	89,6774
	85	179,0		85	92,7461		85	90,7895
	90	181,0		90	93,6508		90	91,9463
	95	183,0		95	94,8187		95	93,4211

Para comprobar si existían diferencias significativas entre jugadores con respecto al comportamiento de la FC, bien expresado en valores absolutos, bien en función de la FCM, y FCR de cada jugador, se llevó a cabo un Análisis de Varianza de un Factor. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 33 y se ilustran en los gráficos siguientes (16, 17, y 18). Como era de esperar los resultados arrojan en los tres casos diferencias estadísticamente significativas, lo que revela que el comportamiento de la FC (utilizando como referencia cualquiera de los tres indicadores considerados) es algo directamente vinculado al puesto específico y/o al perfil fisiológico de cada futbolista.

Tabla 33. Resultados del análisis de varianza de un factor

	F	gl	Sig.
FC	110.23	5	<0.0001
% FC MÁXIMA	16825	5	<0.0001
% FC RESERVA	174.95	5	<0.0001

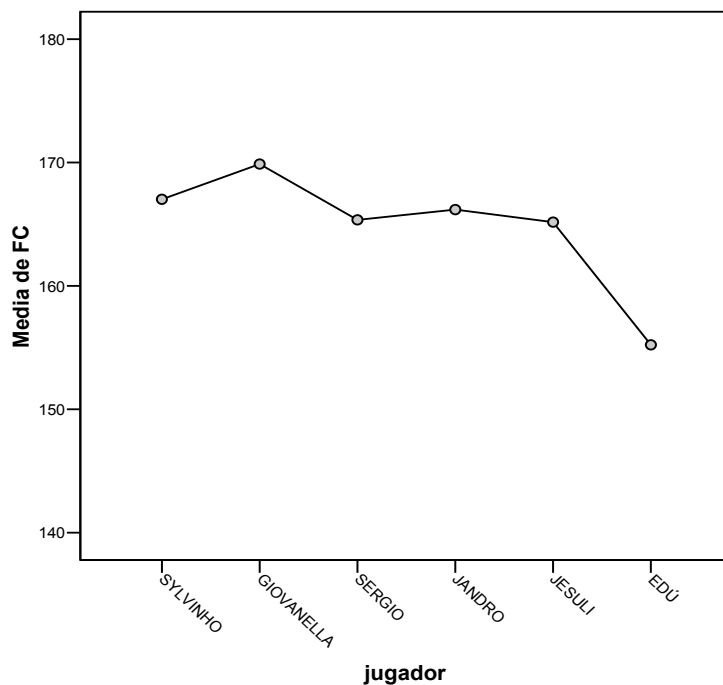


Figura 16. Frecuencia cardíaca media para los seis jugadores participantes

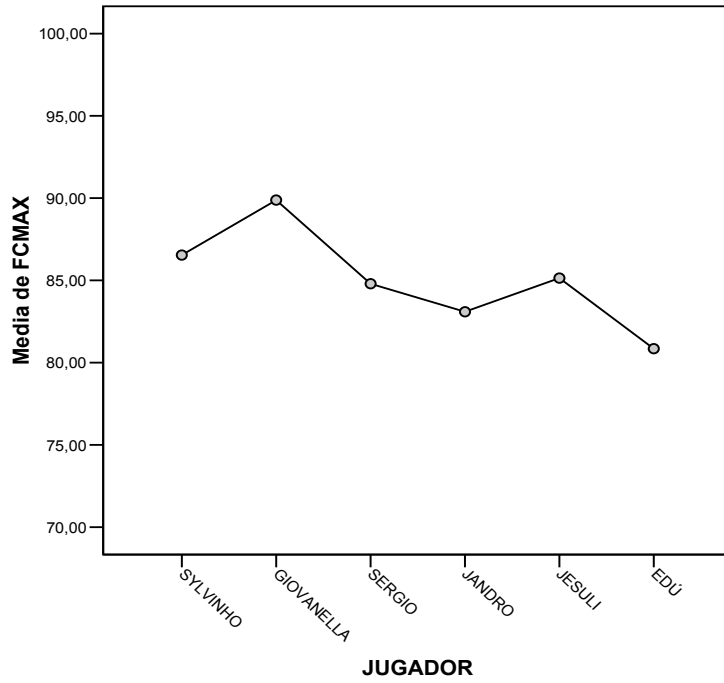


Figura 17. Promedios de la frecuencia cardiaca máxima para los seis jugadores participantes

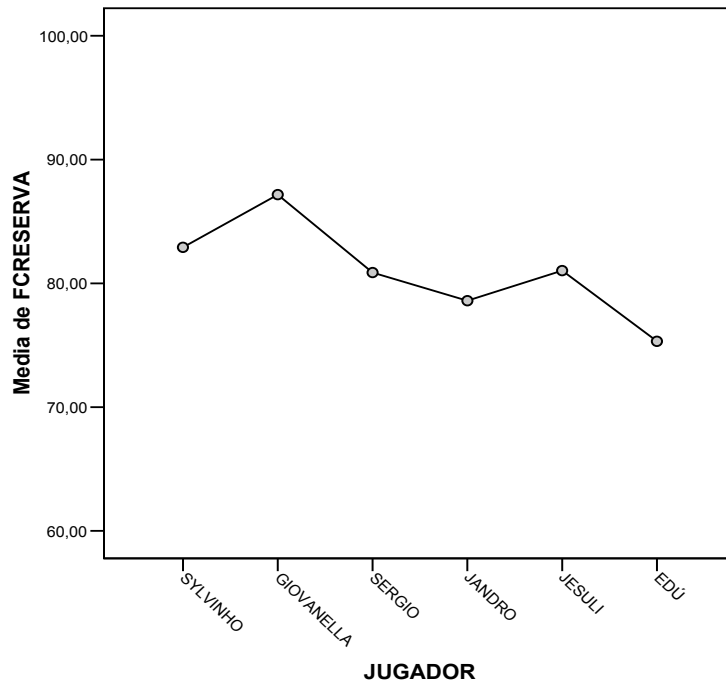


Figura 18. Promedios de la frecuencia cardiaca de reserva para los seis jugadores participantes

4.1.2. CLAVES QUE CARACTERIZAN EL CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DE JUEGO

En la tabla 34 (página siguiente) se recoge el porcentaje de ocasiones en los que el incremento brusco o la disminución en los valores de FC tienen lugar en presencia de los determinados criterios vertebradores de interés.

Una rápida interpretación de la tabla (34) permite extraer ya algunos datos de interés, en la medida en que nos lleva a establecer un primer perfil descriptivo de las situaciones que caracterizan el incremento acusado y la disminución de la FC de los futbolistas en el devenir de la competición. Así podríamos informar de la existencia de una cierta concentración situacional diferencial del incremento acusado y de la disminución que experimentan los valores de FC de los futbolistas profesionales.

En este sentido, el incremento acusado se daría, de forma lógica, en situaciones en las que siempre está el balón en juego, y en situaciones donde el jugador observado se encuentra dentro del centro de juego (88.5% de los casos), y casi nunca (1.3% de los casos) cuando el jugador se encuentra fuera del centro de juego. Además, parece que el elemento

de proximidad del balón con respecto al jugador observado, que comprende las categorías de poseedor, compañero con intervención, y adversario del jugador con balón, pueden caracterizar mayoritariamente, con un 64.1% de los casos, el rol que desempeña el jugador cuando se producen los incrementos bruscos en la FC. La oposición, en estos incrementos acusados, parece caracterizarse mayoritariamente, a tenor de estos primeros resultados, de forma directa, es decir, dentro del espacio de interacción individual inmediato del jugador, con un 62.8% de los casos (categorías: jugador recibe oposición directa, y jugador realiza oposición directa).

También podemos extraer de este primer análisis que durante los incrementos acusados de FC el 65.3% de los casos el jugador se encuentra en las zonas más próximas a la fase de finalización de ambos equipos (zonas defensiva, ultradefensiva, ofensiva y ultraofensiva), y que se producen más incrementos acusados entre el minuto 46 y el 60 (29.5% de los casos) que en cualquier otro tiempo del partido.

Por último, el incremento acusado se produce mayoritariamente cuando el resultado está ajustado (67.9% de los casos), es decir, empate o con un solo gol de diferencia a favor o en contra.

Tabla 34. Distribución de la variación manifiesta del ritmo cardíaco con relación a los distintos criterios del contexto de juego

VARIABLE FILTRO	INCREMENTO ACUSADO FC	DISMINUCIÓN FC
CRITERIOS	CATEGORÍAS	
BALÓN EN JUEGO	100% BALÓN EN JUEGO NUNCA CUANDO NO ESTÁ EN JUEGO	64% NO 36% SÍ
EQUIPO EN POSESIÓN	66.7% SÍ 33.3% NO	51.9% NO 48.1% SÍ
CENTRO DE JUEGO	88.5% DENTRO 1.3% FUERA 5.1% JUGADOR HACIA EL CENTRO 5.1% CENTRO HACIA EL JUGADOR	88.9% FUERA 7.4% DENTRO 3.7 JUGADOR HACIA EL CENTRO NUNCA CUANDO CENTRO HACIA EL JUGADOR
ROL	30.8% POSEEDOR 11.5% COMPAÑERO CON INTERVENCIÓN 24.4% COMPAÑERO SIN INTERVENCIÓN 21.8% ADVERSARIO DEL JUGADOR CON BALÓN 11.5% ADVERSARIO DEL JUGADOR SIN BALÓN	48.1% COMPAÑERO SIN INTERVENCIÓN 48.1% ADVERSARIO DEL JUGADOR SIN BALÓN 3.7% ADVERSARIO DEL JUGADOR CON BALÓN NUNCA CUANDO POSEEDOR O COMPAÑERO CON INTERVENCIÓN

OPOSICIÓN	41% RECIBE DIRECTA 21.8% REALIZA DIRECTA 20.5% RECIBE INDIRECTA 11.5% REALIZA INDIRECTA 5.1% SIN OPOSICIÓN	66.7% SIN OPOSICIÓN 14.8% RECIBE INDIRECTA 11.1% REALIZA INDIRECTA 7.4% RECIBE DIRECTA NUNCA CUANDO REALIZA DIRECTA
ESPACIO DE JUEGO	34.6% CENTRAL 33.3% OFENSIVO 20.5% DEFENSIVO 7.7% ULTRAOFENSIVO 3.8% ULTRADEFENSIVO	51.9% CENTRAL 29.6% OFENSIVO 18.5% DEFENSIVO NUNCA ULTRADEFENSIVO NI ULTRAOFENSIVO
TIEMPO DE PARTIDO	20.5% ENTRE 0-15' 19.2% ENTRE 16-30' 19.2% ENTRE 31-45' 29.5% ENTRE 46-60' 7.7% ENTRE 61-75' 3.8% ENTRE 76-90'	21.3% ENTRE 0-15' 18.7% ENTRE 16-30' 20% ENTRE 31-45' 26.7% ENTRE 46-60' 6.7% ENTRE 61-75' 6.7% ENTRE 76-90'
RESULTADO	67.9% AJUSTADO 32.1% NO AJUSTADO	66.7% AJUSTADO 33.3% NO AJUSTADO

Esta primera aproximación revela un perfil del contexto de la situación de juego, donde el jugador experimenta un incremento acusado en sus valores de FC, caracterizado mayoritariamente por la inmediata proximidad del balón, de los adversarios, es decir, de todo lo que puede conllevar estar situado dentro del centro de juego. También parece lógico que tengan lugar mayoritariamente en zonas de mayor peligro donde existe mayor posibilidad de crear una ocasión de gol o de que la cree el equipo rival.

Por el contrario, esta primera aproximación revela un perfil del contexto de la situación de juego, donde el jugador experimenta un descenso en sus valores de FC, caracterizado mayoritariamente por no estar el balón en juego (64% de los casos), y cuando lo está, por la falta de proximidad del balón y de los adversarios, por la ausencia de oposición (66.7% de los casos), y de forma lógica, en zonas del terreno de juego que no son de máximo peligro, es decir, de todo lo que puede conllevar estar situado fuera del centro de juego (88.9% de los casos).

No obstante la confirmación de dichos perfiles podrá establecerse en la medida en que podamos constatar estadísticamente la presencia de una relación significativa entre el

comportamiento de la FC definido por los incrementos acusados y las disminuciones en sus valores y los diferentes criterios y categorías considerados. Éste es, precisamente, el objetivo abordado en el epígrafe siguiente.

4.2. APROXIMACIÓN BIVARIADA

Bajo esta segunda aproximación se han ido cruzando, uno a uno, la variable filtro (comportamiento de la FC), con cada uno de los diferentes criterios o variables del contexto de la situación de juego consideradas. Los resultados se muestran a continuación.

En primer lugar, como se observa la tabla 35, la distribución de incrementos acusados y disminuciones en los valores de FC, respecto al criterio balón en juego, difiere sustancialmente.

Tabla 35. Comportamiento de la FC en función de si está o no el balón en juego

		FRECUENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
BALÓN EN JUEGO	SÍ	Recuento	27	78	105
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	36,0%	100,0%	68,6%
	NO	Recuento	48	0	48
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	64,0%	,0%	31,4%
Total	Recuento	75	78	153	
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%	

Concretamente, la totalidad de casos de incremento acusado en la FC registrados (78) tienen lugar cuando el balón está en juego. Todo parece indicar, por tanto, que las variaciones que los jugadores experimentan dentro del comportamiento de su ritmo cardíaco están en clara dependencia del hecho de estar o no el balón en juego ($\chi^2 = 69.79$; Sig<0.001). La distribución de la variable filtro (en adelante VF) con relación a si el equipo del jugador observado está o no en posesión del balón (tabla 36), es también diferente.

Tabla 36. Comportamiento de la FC en función de si el equipo del jugador observado se encuentra o no en posesión del balón

		FRECUENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
EQUIPO EN POSESIÓN	SÍ	Recuento	13	52	65
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	48,1%	66,7%	61,9%
	NO	Recuento	14	26	40
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	51,9%	33,3%	38,1%
Total	Recuento	27	78	105	
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%	

Para el incremento acusado de la FC se produce una mayor concentración de casos en la categoría "SÍ". En el 66.7% de las ocasiones en las que se ha registrado un aumento brusco de los valores de FC del jugador observado, el equipo de dicho jugador estaba en posesión del balón. Por su parte, la distribución de casos respecto a la disminución de la FC es casi la misma en las dos opciones ("SÍ" y "NO). A pesar de esta diferencia, el hecho de

aplicar un contraste estadístico nos permite matizar que no se trata de una diferencia significativa, por lo que cabría sostener que el incremento acusado o disminución de los valores de FC es una variable independiente de la posesión de balón por parte del equipo del jugador de referencia ($\chi^2=2.18$; Sig=0.14).

Por lo que se refiere al tercero de los criterios considerado en el presente estudio (centro de juego), en la tabla 37a se puede observar cómo la distribución del incremento acusado y la disminución de la FC difiere de manera notoria.

Tabla 37a. Comportamiento de la FC en función del centro de juego

		FRECUENCIA CARDÍACA			
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO	Total	
CENTRO DE JUEGO	DENTRO	Recuento	2	69	71
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	7,4%	88,5%	67,6%
	FUERA	Recuento	24	1	25
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	88,9%	1,3%	23,8%
	JUGADOR HACIA EL CENTRO	Recuento	1	4	5
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	3,7%	5,1%	4,8%
	CENTRO HACIA EL JUGADOR	Recuento	0	4	4
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	,0%	5,1%	3,8%
Total	Recuento	27	78	105	
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%	

Concretamente, la inmensa mayoría de los casos de incremento acusado tienen lugar cuando el jugador está dentro del centro de juego (88.5%). Todo lo contrario sucede con las disminuciones, ya que el 88.9% se dan cuando el jugador está fuera. La idea de que la variación manifiesta en el comportamiento de la FC de los jugadores depende del criterio centro de juego, se ha visto constatada también a nivel estadístico ($\chi^2=85.61$; Sig<0.001).

Si se calcula la razón de incrementos acusados frente a disminuciones en ambas situaciones (ODD), se obtienen unos resultados claramente distintos. Así en el caso de que el jugador esté en el centro de juego la ODD es de $69/2=34.5$, es decir, por cada disminución tendríamos 34 incrementos acusados de la FC. Por su parte, cuando el jugador está fuera de éste la ODD es de $1/24=0.04$, con lo que la interpretación sería justamente la contraria, por cada incremento acusado en la FC tendríamos 24 disminuciones. Ello nos daría una razón entre ambas ODDS (ODD RATIO) de $862.5 (34.5/0.04)$, lo que permite

informar de la “ventaja” de estar en el centro de juego a la hora de experimentar un incremento severo en los valores de frecuencia cardiaca. En concreto cabría señalar que la probabilidad de que se de un incremento acusado en los valores de FC del jugador es 862 veces mayor cuando éste está en el centro de juego que cuando no lo está. Podríamos decir, por tanto, que la situación que implica una mayor probabilidad de que se “dispare” la frecuencia cardiaca es aquella en la que el jugador está en el centro de juego.

Por su parte, en el caso de que el jugador se dirija hacia el centro de juego el ODD RATIO sería de $4/1=4$, frente $1/24=0.04$, o lo que es lo mismo $4/0.04$, es decir, 100. En otras palabras, la probabilidad de experimentar un aumento considerable en los valores de FC es aproximadamente 100 veces mayor cuando el jugador se dirige hacia el centro de juego que cuando está fuera de éste.

Por último, en el caso de que el sea el centro de juego el que se dirija hacia el jugador no es posible realizar el cálculo del correspondiente ODD RATIO, dado que la frecuencia de aparición de una disminución en los valores de FC bajo esta situación es cero ($4/0=\alpha$). Para intentar salvar este inconveniente, se ha procedido a recodificar el criterio centro de juego en tan solo tres categorías: (1) jugador dentro del centro de juego, (2) jugador fuera del centro de juego y, (3) jugador hacia el centro de juego o centro de juego hacia el jugador. La nueva tabla de contingencia se recoge a continuación.

Tabla 37b. Comportamiento de la FC en función del Centro de Juego recodificado

			FRECUENCIA CARDÍACA		Total
			DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO	
CENTRO DE JUEGO	DENTRO	Recuento	2	69	71
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	7,4%	88,5%	67,6%
	JUGADOR HACIA EL CENTRO/CENTRO HACIA JUGADOR	Recuento	1	8	9
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	3,7%	10,3%	8,6%
	FUERA	Recuento	24	1	25
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	88,9%	1,3%	23,8%
Total	Recuento	27	78	105	
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%	

A partir de esta tabla será posible calcular el ODD RATIO para esta nueva categoría que sería (tomando como referencia la situación en la que el jugador esté dentro del centro de juego) de $8/1$ frente a $69/2$, es decir $34.5/8=4.31$, lo que vendría a reflejar que la

probabilidad de que se “disparen” los valores de FC del jugador es 4.31 veces mayor cuando está en el centro de juego que cuando está próximo a él, bien porque se dirige a éste o porque el centro de juego se dirige a él.

Por su parte, el ODD RATIO con relación a una situación en la que el futbolista estuviese fuera del centro de juego sería de $(8/1)/(1/24)=200$; es decir, la probabilidad de que se “disparen” los valores de FC del jugador es aproximadamente 200 veces mayor cuando el futbolista se dirige al centro de juego o el centro de juego viene hacia él, que cuando está fuera de éste.

En definitiva, este tipo de cálculos llevan a recalcar la fuerte asociación que parece tener el criterio centro de juego con las variaciones en el comportamiento de la FC que experimentan los jugadores en la competición, lo que lo convertiría en un interesante predictor o condicionante de éstas.

Por lo que se refiere al cuarto de los criterios situacionales considerados (el rol del jugador), éste se muestra como un criterio asociado también a las variaciones manifiestas en el comportamiento de la FC ($\chi^2=31.8$; Sig<0.001).

Tabla 38a. Comportamiento de la FC en función del Rol del Jugador

		FRECUENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
ROL	POSEEDOR	Recuento	0	24	24
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	,0%	30,8%	22,9%
	ATACANTE QUE INTERVIENE SOBRE BALÓN	Recuento	0	9	9
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	,0%	11,5%	8,6%
	ATACANTE QUE NO INTERVIENE SOBRE BALÓN	Recuento	13	19	32
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	48,1%	24,4%	30,5%
	ADVERSARIO DEL JUGADOR CON BALÓN	Recuento	1	17	18
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	3,7%	21,8%	17,1%
	ADVERSARIO DEL JUGADOR SIN BALÓN	Recuento	13	9	22
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	48,1%	11,5%	21,0%
	Total	Recuento	27	78	105
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%

Como se puede comprobar en la tabla 38a, la distribución de los incrementos acusados y disminuciones en los valores de frecuencia cardiaca a lo largo de las distintas categorías en el criterio rol difieren notablemente. En el caso de los incrementos severos se puede comprobar como el 30.8% se dan cuando el propio jugador registrado es el poseedor del balón. Por su parte, en ningún caso se ha detectado una disminución en este tipo de situaciones, ni siquiera cuando el futbolista observado interviene en alguna acción sobre el balón, lo que imposibilita el cálculo de las OOD RATIO correspondientes. Con la finalidad de salvar este inconveniente se ha procedido a recodificar el criterio rol del jugador únicamente en tres categorías, agrupando bajo una misma, las categorías “poseedor”, “atacante que interviene sobre el balón” y “adversario del jugador con balón”. El resultado se recoge en la tabla 38b.

Tabla 38b. Comportamiento de la FC en función del Rol del Jugador recodificado

		FRECUENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
ROL	PROXIMIDAD AL BALÓN	Recuento	1	50	51
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	3,7%	64,1%	48,6%
	ATACANTE QUE NO INTERVIENE SOBRE BALÓN	Recuento	13	19	32
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	48,1%	24,4%	30,5%
	ADVERSARIO DEL JUGADOR SIN BALÓN	Recuento	13	9	22
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	48,1%	11,5%	21,0%
Total	Recuento	27	78	105	
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%	

De la tabla anterior se puede deducir que la situación que implica una mayor probabilidad de que el jugador experimente un incremento acusado en los valores de su frecuencia cardiaca es aquella en la que ejerce un rol de proximidad al balón (bien como poseedor, o bien como atacante o adversario, pero siempre con intención de alcanzar y jugar el balón). Comparativamente, este rol de proximidad implica que la probabilidad de que se produzca un incremento acusado en los valores de FC es 34.25 veces mayor que cuando el futbolista ejerce un rol de atacante que no interviene sobre el balón, y 72.25 veces mayor que cuando el jugador desarrolla el rol de adversario de jugador sin balón.

Algo muy similar puede decirse respecto del criterio oposición (tabla 39a). Se ha constatado estadísticamente que las variaciones manifiestas en el comportamiento de la FC no son independientes de este quinto criterio ($\chi^2=49.82$; Sig<0.001). Buena parte de los

incrementos acusados tienen lugar cuando el jugador recibe o realiza directa o indirectamente una acción de oposición, y tan sólo en un 4% de los casos cuando es ajeno a ésta. Justo lo contrario podría decirse de las disminuciones, excepcionales (2%) cuando el jugador de referencia está siendo objeto de oposición directa por parte de un contrario, o incluso cuando él mismo la está realizando (0%). Con el objetivo de poder calcular las correspondientes ODD RATIO se ha procedido también a recodificar el criterio en cuestión (tabla 39b).

Tabla 39a. Comportamiento de la FC en función de la Oposición

		FRECUCENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
OPOSICIÓN	RECIBE DIRECTA	Recuento	2	32	34
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	7,4%	41,0%	32,4%
	RECIBE INDIRECTA	Recuento	4	16	20
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	14,8%	20,5%	19,0%
	REALIZA DIRECTA	Recuento	0	17	17
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	,0%	21,8%	16,2%
	REALIZA INDIRECTA	Recuento	3	9	12
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	11,1%	11,5%	11,4%
	SIN OPOSICIÓN	Recuento	18	4	22
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	66,7%	5,1%	21,0%
	Total	Recuento	27	78	105
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 39b. Comportamiento de la FC en función de la Oposición recodificada

		FRECUCENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
OPOSICIÓN	RECIBE/REALIZA DIRECTA	Recuento	2	49	51
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	7,4%	62,8%	48,6%
	RECIBE/REALIZA INDIRECTA	Recuento	7	25	32
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	25,9%	32,1%	30,5%
	SIN OPOSICIÓN	Recuento	18	4	22
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	66,7%	5,1%	21,0%
Total	Recuento	27	78	105	
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%	

De la tabla anterior se puede deducir que la situación que implica una mayor probabilidad de que el jugador experimente un incremento acusado en los valores de su frecuencia cardíaca es aquella en la que la oposición es directa (independientemente de si la realiza o la recibe el jugador de referencia). Bajo esa situación de oposición directa la probabilidad de que se produzca un incremento acusado en los valores de FC es 6.86 veces mayor que cuando la oposición es de tipo indirecto, y 110.3 veces mayor que cuando no recibe ni realiza oposición alguna.

Por lo que se refiere al espacio de juego, los datos del presente estudio sustentan la hipótesis de la independencia de éste criterio y el comportamiento de la frecuencia cardíaca ($\chi^2=4.76$; Sig=0.31).

Tabla 40. Comportamiento de la FC en función del Espacio de Juego

		FRECUENCIA CARDÍACA		Total	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
ESPACIO DE JUEGO	ULTRADEFENSIVO	Recuento	0	3	3
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	,0%	3,8%	2,9%
	DEFENSIVO	Recuento	5	16	21
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	18,5%	20,5%	20,0%
	CENTRAL	Recuento	14	27	41
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	51,9%	34,6%	39,0%
	OFENSIVO	Recuento	8	26	34
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	29,6%	33,3%	32,4%
	ULTRAOFENSIVO	Recuento	0	6	6
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	,0%	7,7%	5,7%
	Total	Recuento	27	78	105
		% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%

Lo mismo puede decirse respecto al tiempo de juego, criterio que no parece guardar relación alguna con el comportamiento de la frecuencia cardíaca ($\chi^2=0.77$; Sig=0.97). Como se puede apreciar en la tabla 41 la distribución de las variaciones manifiestas experimentadas en éste resulta bastante similar tanto en el caso de los incrementos acusados como de las disminuciones, abarcando en general todos los intervalos del partido, si bien tienden a concentrarse en los dos primeros tercios de éste.

Tabla 41. Comportamiento de la FC en función del Tiempo de Juego

		FRECUCENCIA CARDÍACA		Total
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO	
TIEMPO DE PARTIDO	Recuento	16	16	32
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	21,3%	20,5%	20,9%
	Recuento	14	15	29
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	18,7%	19,2%	19,0%
	Recuento	15	15	30
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	20,0%	19,2%	19,6%
	Recuento	20	23	43
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	26,7%	29,5%	28,1%
	Recuento	5	6	11
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	6,7%	7,7%	7,2%
	Recuento	5	3	8
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	6,7%	3,8%	5,2%
	Recuento	75	78	153
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%

Por último, con relación al resultado (último criterio considerado en el presente estudio), la conclusión a la que nos llevan los datos resulta muy similar a las del espacio y tiempo de Juego, al mostrarse como un elemento que no parece ejercer influencia alguna sobre las variaciones manifiestas en los valores de frecuencia cardiaca experimentados por los jugadores ($\chi^2=0.029$; Sig=0.86). Como se observa en la tabla 42, la distribución de estas variaciones manifiestas (si bien tienden a darse con mayor frecuencia cuando el resultado está igualado), resulta muy pareja en el caso de disminuciones y de incrementos acusados.

Tabla 42. Comportamiento de la FC en función del Resultado

		FRECUCENCIA CARDÍACA		Total
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO	
AJUSTADO	Recuento	50	53	103
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	66,7%	67,9%	67,3%
NO AJUSTADO	Recuento	25	25	50
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	33,3%	32,1%	32,7%
Total	Recuento	75	78	153
	% de FRECUENCIA CARDÍACA	100,0%	100,0%	100,0%

La contrastación realizada mediante el estadístico Chi-cuadrado permite verificar si dos variables son o no independientes, no obstante, no proporciona información acerca de la fuerza de asociación entre ellas. En la tabla 43 se recoge el valor y la significación del Chi-cuadrado, junto con cuatro medidas de asociación. Dos de ellas están basadas en éste (Coeficiente de Contingencia y la V de Cramer) y las otras dos en la reducción proporcional del error (Tau de Goodman y Kruskal, y el Coeficiente de Incertidumbre). Las dos primeras corrigen el valor estadístico del Chi-cuadrado, haciéndole tomar un valor entre 0 y 1, y además minimizan el efecto del tamaño de la muestra sobre la cuantificación del grado de asociación. Un valor próximo a 0 significa que las variables contrastadas son independientes, y un valor cercano al 1 indica una asociación máxima. Las otras dos medidas evalúan la asociación mostrando en qué proporción se reduce la probabilidad de cometer un error al clasificar un caso en alguna de las categorías de una variable, utilizando la otra como predictor. Así, 1 significa que se ha reducido el error por completo, y 0 que esa variable no contribuye en nada a reducir el error en la predicción.

Tabla 43. Medidas de asociación entre la FC y los diferentes criterios considerados

CRITERIOS	χ^2	<i>Sig</i>	<i>Coef. Contin</i>	<i>V Cramer</i>	<i>Tau Goodman y Kruskal</i>	<i>Coef. Incertidumbre</i>
BALÓN EN JUEGO	69.79	<0.001	0.56	0.69	0.47	0.43
EQUIPO EN POSESIÓN	2.18	0.14	---	---	---	---
CENTRO DE JUEGO	85.61	<0.001	0.67	.90	0.81	0.73
ROL	31.80	<0.001	0.43	0.55	0.30	0.32
OPOSICIÓN	49.82	<0.001	0.56	0.68	0.47	0.41
ESPACIO DE JUEGO	4.76	0.31	---	---	---	---
TIEMPO DE JUEGO	0.77	0.97	---	---	---	---
RESULTADO	0.029	0.86	---	---	---	---

Tanto los estadísticos basados en el Chi-cuadrado como los basados en la disminución proporcional del error, muestran que son concretamente 4 los criterios que presentan un mayor nivel de asociación con la presencia de variaciones manifiestas en el comportamiento de la FC de los futbolistas. Concretamente (y por orden de importancia relativa) serían: (1) el centro de juego, (2) el hecho de que esté o no el balón en juego, (3) la

oposición y, por último, (4) el rol del jugador. Precisamente, con relación al centro de juego, podría decirse que disponer de la información referida a este criterio permitiría reducir el error en la predicción de un posible cambio significativo en los valores de FC, en un 73%.

Por el contrario, criterios como el tiempo de juego, el resultado, el espacio de juego o, incluso, el hecho de que el equipo al que pertenece el jugador registrado esté o no en posesión del balón, se confirman como elementos totalmente secundarios y, por tanto, no se configuran como variables relevantes de cara a la elaboración de un modelo explicativo/predictivo de la variación manifiesta en el comportamiento del ritmo cardíaco del futbolista en el contexto real de juego. En definitiva, a partir de estos nuevos análisis si se pueden confirmar desde un punto de vista estadístico los perfiles apuntados a nivel descriptivo, con los criterios o contexto de situaciones de juego colectivas asociadas al incremento acusado y la disminución de los valores de la FC, respectivamente.

4.3. HACIA UN MODELO INTEGRADOR

A pesar de que los análisis realizados hasta este punto proporcionan evidencias acerca de la importancia particular que pueden tener distintos tipos de criterios, sobre el hecho de que tenga lugar o no un incremento acusado o disminución en los valores de la frecuencia cardíaca de los sujetos, la utilización del análisis multivariante (y más concretamente, la Regresión Logística Binaria) permitirá identificar la combinación lineal que mejor se ajusta a los datos empíricos y que proporciona al investigador una explicación más parsimoniosa de los mismos. En otras palabras, si bien el interés inicial del presente trabajo era profundizar en el conocimiento de uno de los indicadores fundamentales de la carga fisiológica que supone la competición deportiva, a través del conocimiento de como es el comportamiento que experimenta la frecuencia cardíaca de los sujetos, en concreto, de los incrementos acusados y las disminuciones en sus valores, así como de los indicadores asociados a éstos, el interés último es llegar a elaborar un modelo explicativo-predictivo que permita a los profesionales poder elaborar estrategias adecuadas de entrenamiento que procuren adaptaciones específicas a las demandas de la competición en el fútbol profesional.

Así pues, en este último apartado se llevará a cabo un análisis de regresión logística binaria, utilizando como unidad de análisis aquellas situaciones en las que se había producido un incremento severo o una disminución en el comportamiento de la frecuencia

cardiaca del jugador en competición, de acuerdo a las condiciones establecidas (epígrafe 3.3.3.1.). Se disponía, por tanto, de un total de 153 casos para el análisis.

La variable filtro o VD utilizada fue el comportamiento de la frecuencia cardiaca de los futbolistas, y como criterios o VI, tres de los cuatro criterios o variables del contexto de la situación de juego cuya asociación había resultado estadísticamente significativa en los diferentes análisis bivariados descritos en el epígrafe anterior. Nótese que tres de éstos son de carácter politómico, mientras que la VD o filtro es dicotómica. En concreto, las variables consideradas para el análisis fueron las siguientes:

- VF o VD: COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA:
 - ✓ Incremento Acusado
 - ✓ Disminución
- Criterio₁ o VI₁: CENTRO DE JUEGO. Tres categorías:
 - ✓ Jugador Dentro del Centro de Juego
 - ✓ Jugador Hacia el Centro de Juego o Centro de Juego hacia el Jugador
 - ✓ Jugador Fuera del centro de Juego
- Criterio₂ o VI₂: ROL. Tres categorías:
 - ✓ Proximidad al balón
 - ✓ Jugador atacante que no interviene sobre el balón
 - ✓ Adversario de jugador sin balón
- Criterio₃ o VI₃: OPOSICIÓN. Tres categorías:
 - ✓ Jugador que recibe o realiza oposición directa
 - ✓ Jugador que recibe o realiza oposición indirecta
 - ✓ Jugador no recibe ni realiza oposición

Cabe señalar también que se prescindió de un criterio a priori relevante como es el criterio balón en juego, dado que supone un valor fijo para el resto de los criterios incluidos en el análisis. Dicho de otro modo, sólo es posible hablar de centro de Juego, rol u oposición, cuando el balón está en juego. Una interpretación razonable podría ser que el hecho de que el balón esté en juego supone una primera condición necesaria pero no suficiente para que el incremento acusado de los valores de la frecuencia cardiaca de los futbolistas pueda tener lugar.

El modelo que se pretende poner a prueba podría ser expresado del siguiente modo:

$$FC (\text{Incremento acusado Vs. Disminución}) = \alpha + \beta_1 (\text{Centro de Juego}) + \beta_2 (\text{Rol}) + \beta_3 (\text{Oposición}) + \varepsilon$$

Donde la probabilidad de encontrar un incremento acusado o disminución en los valores que componen el comportamiento de la FC del futbolista profesional en competición vendría dada por la siguiente expresión:

$$P (Y=1) = [1 / (1 + e^{-(\alpha + \beta_1 \text{ Centro de Juego} + \beta_2 \text{ Rol} + \beta_3 \text{ Oposición})})]$$

Mientras que

$$\ln (p/1-p) = \alpha + \beta_1 (\text{Centro de Juego}) + \beta_2 (\text{Rol}) + \beta_3 (\text{Oposición})$$

Para la estimación del modelo se utilizó el método de pasos, y como condición de selección de las variables la Probabilidad Condicional. En dicho método de selección se parte de un modelo nulo y progresivamente se van incorporando aquellos criterios cuyo estadístico sea significativo y con una probabilidad asociada menor.

Como resultado el análisis establece dos pasos, en el primero de ellos el criterio que entra a formar parte de la ecuación es el centro de juego y, en el segundo, se incorpora el rol. Los indicadores de bondad de ajuste del modelo se recogen en la tabla 44, cuya información puede completarse con la matriz de clasificación de la tabla 45.

Tabla 44. Indicadores de la bondad de ajuste del modelo

	χ^2	Gl	Sig.	-2LL	R ² Cox y Snell	R ² Nagelkerke
PASO 1	86.81	2	<0.0001	32.89	0.56	0.82
PASO 2	93.04	4	<0.0001	26.87	0.58	0.86

Tabla 45. Resultados de la clasificación (matriz de confusión)

Observado		Pronosticado			
		FRECUENCIA CARDÍACA		Porcentaje correcto	
		DISMINUCIÓN	INCREMENTO ACUSADO		
Paso 1	FRECUENCIA CARDÍACA	DISMINUCIÓN	24	3	88,9
		INCREMENTO ACUSADO	1	77	98,7
	Porcentaje global				96,2
Paso 2	FRECUENCIA CARDÍACA	DISMINUCIÓN	24	3	88,9
		INCREMENTO ACUSADO	1	77	98,7
	Porcentaje global				96,2

En primer lugar, cabe señalar que el modelo posee una capacidad explicativa muy elevada. En términos de varianza explicada tendríamos entre un 58% y un 86%, si tomamos como referencia los dos pseudo-R ofrecidos por el programa. En términos de porcentaje de casos correctamente clasificados nos situaríamos en un porcentaje por encima del 96%. Cabe señalar además que el modelo posee una capacidad explicativa aceptable en ambos grupos, si bien permite explicar mejor los incrementos acusados (98.7%) que las disminuciones en los valores de la frecuencia cardiaca (88.9%). Por otra parte, conviene señalar que el porcentaje de casos correctamente clasificados es el mismo en ambos pasos, lo que podría poner en entredicho la pertinencia de incorporar un segundo criterio al modelo. Precisamente, las variables que entran a formar parte de la ecuación y sus parámetros estimados se recogen en la tabla 46.

Tabla 46. Variables retenidas por el modelo

		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1	CENTROJ			29,404	2	,000	
	CENTROJ(1)	6,719	1,247	29,011	1	,000	828,000
	CENTROJ(2)	5,257	1,472	12,758	1	,000	192,000
	Constante	,814	,546	2,225	1	,136	2,257
Paso 2	CENTROJ			,909	2	,635	
	CENTROJ(1)	23,806	7259,607	,000	1	,997	2,18E+10
	CENTROJ(2)	22,458	7259,607	,000	1	,998	5,67E+09
	ROL			3,055	2	,217	
	ROL(1)	2,271	1,299	3,055	1	,080	9,691
	ROL(2)	19,406	7259,607	,000	1	,998	2,68E+08
Constante	,676	,595	1,292	1	,256	1,966	

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: CENTROJ.

b. Variable(s) introducida(s) en el paso 2: ROL.

Como se puede observar, el análisis revela la importancia del centro de juego, frente al resto de criterios planteados en el modelo. En concreto, los coeficientes $\text{Exp}(B)$ asociados indican la medida en que aumenta la proporción de incrementos acusados en el comportamiento de la FC de los jugadores, en función de que éstos estén o no en el centro de juego o que se aproximen a éste. Más concretamente, tomando como referencia el último nivel del criterio (jugador fuera del centro de juego), el coeficiente obtenido para la categoría dentro del centro de juego es de 828, lo cual refleja la “ventaja” (si puede llamársele así) u Odd Ratio, que implica para el jugador el hecho de estar en esa situación a la hora de experimentar un incremento acusado en los valores de su frecuencia cardiaca. Este resultado, por otra parte, viene a coincidir básicamente, con el encontrado en el análisis bivariado mostrado en el epígrafe anterior. Por su parte, el coeficiente asociado a la segunda categoría del criterio (jugador hacia el centro de juego o centro de juego hacia el jugador”), revela que la probabilidad de experimentar un incremento acusado en los valores de la FC es 192 veces mayor que cuando el futbolista está fuera del centro de juego.

Por lo que se refiere al segundo paso que establece el análisis, cabe señalar que se incorpora un segundo criterio con capacidad explicativa significativa: el rol desempeñado por el futbolista. No obstante, los errores estándar asociados a las distintas categorías de los criterios retenidos son excesivamente altos, lo que se traduce en unos parámetros estimados excesivamente elevados y no significativos. Ello es consecuencia de una de las limitaciones del propio análisis señaladas por diferentes autores (Silva, 1994; Catena, Ramos y Trujillo, 2003), y es el hecho de que el número de casos sea relativamente bajo, con relación al número de variables utilizadas. Efectivamente, en el presente trabajo contamos únicamente con 102 casos completos para el análisis y con tres criterios predictores, con otras tantas categorías cada uno ($3 \times 3 \times 3$), lo que deriva en 27 combinaciones o casillas. Como se observa en la tabla 47, en 9 de éstas combinaciones las casillas están vacías.

Tabla 47. Frecuencias observadas para las distintas combinaciones entre predictores

			ROL			
			PROXIMIDAD BALÓN	JUGADOR ATACANTE QUE NO INTERVIENE SOBRE EL BALÓN	ADVERSARIO DEL JUGADOR SIN BALÓN	
			Recuento	Recuento	Recuento	
CENTRO DE JUEGO	FUERA	OPOSICIÓN	RECIBE/REALIZA DIRECTA	0	2	0
			RECIBE/REALIZA INDIRECTA	0	4	1
			SIN OPOSICIÓN	0	8	10
	DENTRO	OPOSICIÓN	RECIBE/REALIZA DIRECTA	38	5	3
			RECIBE/REALIZA INDIRECTA	9	7	5
			SIN OPOSICIÓN	0	3	1
	JUGADOR HACIA EL CENTRO/CENTRO HACIA JUGADOR	OPOSICIÓN	RECIBE/REALIZA DIRECTA	1	2	0
			RECIBE/REALIZA INDIRECTA	3	1	2
			SIN OPOSICIÓN	0	0	0

En definitiva, la realización de un análisis de regresión logística ha permitido alcanzar un modelo explicativo parsimonioso, centrando nuestra atención en uno de los criterios a priori relevantes: el centro de juego, que pasaría por ser el elemento clave a la hora de explicar y/o pronosticar los incrementos acusados y las disminuciones que experimentan los valores de la frecuencia cardiaca de los futbolistas en situación de competición. Este resultado, por otra parte, coincide básicamente con las evidencias obtenidas a partir de un análisis bivariado de los datos, donde sucesivamente se fueron poniendo en relación de forma individual la variable objeto de estudio (comportamiento de la FC) con distintos criterios potencialmente interesantes.

En un segundo plano, no sin importancia aunque con un papel secundario o residual se situarían criterios como el rol desempeñado por el jugador y el tipo de oposición que éste realiza o recibe. En este sentido, todo parece indicar que cualquiera de ellos resulta por sí solo relevante y con una interesante capacidad explicativa, pero es cuando se pone en relación con el centro de juego cuando pasa a ocupar un lugar secundario, posiblemente por la fuerte asociación que mantienen entre ellas. Prueba de ello es que el centro de juego guarda una relación estrecha tanto con el rol, como con la oposición.

Con la intención de salvar los inconvenientes encontrados al aplicar el análisis de Regresión Logística se llevó a cabo un análisis de Regresión Categórica, mediante el procedimiento de Escalamiento Óptimo implementado en el paquete estadístico SPSS12.0. Los resultados (tablas 48 y 49) revelan que es posible obtener un modelo con una alta capacidad explicativa ($R^2=0.82$).

Por otra parte, el análisis permite confirmar la importancia del centro de juego ($\beta=0.84$) como el elemento fundamental de cara a predecir los posibles incrementos acusados o disminuciones en el comportamiento de la frecuencia cardiaca. No obstante, entraría a formar parte de la ecuación de regresión un segundo elemento (el rol desempeñado por el jugador; $\beta=-0.09$) con un papel secundario, aunque estadísticamente significativo. El hecho de que ambos criterios tengan coeficientes negativos se debe a la codificación realizada sobre ambos, donde la categoría en la que teóricamente se presumía más probable un incremento acusado de los valores de la FC era la primera, siendo menos probable la última.

Tabla 48. Indicadores de la bondad de ajuste del modelo

F	Gl	Sig.	R ²	R ² Ajustado
77.84	6	<0.0001	0.82	0.81

Tabla 49. Parámetros estimados del modelo

	Coeficientes tipificados		gl	F	Sig.
	Beta	Error típ.			
CENTRO DE JUEGO	-,841	,050	2	278,844	,000
ROL	-,099	,043	2	5,162	,007
OPOSICIÓN	-,076	,051	2	2,188	,118

Por último, en la tabla 50 se recogen las correlaciones entre los tres criterios. Efectivamente se puede constatar que las tres variables tienen una correlación significativa entre ellas, lo que podría explicar en buena medida el hecho de que únicamente el modelo retenga prácticamente solo uno de ellos, el centro de juego. En definitiva, todo parece indicar que estamos refiriéndonos a criterios o constructos que a nivel teórico son independientes, pero que en la práctica están íntimamente relacionados.

Tabla 50. Matriz de correlaciones entre predictores

			CENTRO DE JUEGO	ROL	OPOSICIÓN
Rho de Spearman	CENTRO DE JUEGO	Coeficiente de correlación	1,000	,525**	,600**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	105	105	105
	ROL	Coeficiente de correlación	,525**	1,000	,608**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000
		N	105	105	105
	OPOSICIÓN	Coeficiente de correlación	,600**	,608**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	105	105	105

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

5. DISCUSIÓN ►

El hecho de haber realizado una investigación teniendo por objeto el estudio del comportamiento de la FC del futbolista en competición no es algo nuevo dentro del ámbito de las ciencias del deporte, ya que, existen diversos trabajos como los de Seliger (1968); Agnevik (1970); Potiron-Josse, Hubert, Ginet et Suaudeau (1980); De Bruyn-Prevost et Thillens (1983); Ekblom (1986); Van Gool, Van Gerven & Boutmans (1987); Rohde & Espersen (1988); Soares (1988); Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catilina et Coudert (1988); Fornaris y cols (1989); Ali & Farrally (1991b); Bosco (1991); Pirnay, Geurde y Marechal (1993); Jiménez, Mendiluce y Ostolaza (1993); Bangsbo (1994); Castellano, Masach y Zubillaga (1996); Godik y Popov (1998); Noguez Martínez (1998); Ferreira (2002), entre otros que, en diferentes grupos de población de futbolistas, se han ocupado de estudiar dicha cuestión.

Existen, no obstante, dos elementos que podrían dotar a este estudio de un especial interés. Por un lado, nos hemos centrado en el futbolista profesional, con todos los inconvenientes y peculiaridades que conlleva, y por otro lado, no hemos centrado el estudio de forma exclusiva en los valores que presenta la FC del futbolista como indicador de carga fisiológica, sino que hemos analizado el comportamiento, para poder aislar intervalos del mismo que consideramos importantes desde el punto de vista fisiológico, y analizar el contexto de la situación de juego que tiene lugar en los mismos. Dicho análisis se ha llevado a cabo en base a ocho criterios que creemos son cruciales para poder explicar las situaciones de juego: balón en juego, equipo en posesión de balón, centro de juego, rol, oposición, espacio de juego, tiempo de juego, y resultado.

Siguiendo el orden de los objetivos planteados, cabe señalar (a nivel descriptivo), de forma previa al comportamiento propio de la FC del futbolista en competición, que el valor medio de FC de base de los jugadores objeto de estudio (41.3 ± 1.21 lat/min) se ha mostrado claramente inferior a los registrados por Schmid y cols (1983) y Dickhuth, Simon, Bachl, Lehmann & Keul (1981) con un 50 ± 9 y un 54.6 ± 4.4 lat/min respectivamente, y a los registrados por Reilly (1994b) y Sözen y cols (2000) con un valor medio de 64.6 ± 7.4 lat/min, todos ellos tomados de futbolistas profesionales. Además, el valor medio de FC de base de la muestra de este estudio parece contar con un mayor grado de homogeneidad que las de los autores anteriormente citados.

Por otro lado, el valor medio de FC máxima de los futbolistas de este estudio ha sido de 193.8 ± 3.65 lat/min, obtenido mediante una prueba de campo como es la *Course Navette*. Los resultados de otros estudios que también han dispuesto de una muestra de

futbolistas profesionales han sido obtenidos a través de test de esfuerzo máximo en laboratorio, por lo que a la hora de comparar nuestros resultados con los derivados de estos estudios habrá que hacerlo con cierta prudencia. Para minimizar este sesgo, escogeremos sólo aquellos que han sido realizados en cinta rodante por la mayor especificidad que presentan respecto a aquellos realizados en cicloergómetro. Por tanto, el valor medio de FC máxima de nuestra muestra resulta similar a la presentada, por Hollmann y cols (1981), por Bangsbo & Mizuno (1988), y a la registrada por Castellano, Masach y Zubillaga (1996) con un valor medio de 193.6 ± 10.3 , de 193, y de 193.13 ± 4.22 lat/min respectivamente, no obstante, también se muestra superior a la registrada por Casajús (2001), y Santos, Costa y Appell (2002) con un valor medio de 185 ± 4 y 185.5 ± 8.4 lat/min respectivamente.

Es preciso añadir en este sentido, que no existe un consenso a la hora de determinar el protocolo más adecuado para obtener el valor de FC máxima de un futbolista profesional. Boudet, Garet, Bedu, Albuissou & Chamoux (2002) sugirieron que era preciso, a este respecto, manejar toda la información posible sobre el pico de FC máxima para minimizar el riesgo potencial de subestimar o sobreestimar cuando calibramos la intensidad del ejercicio a través de la FC. En nuestro caso el valor medio de FCM obtenido mediante la *Course Navette* (193.8 ± 3.65 lat/min) se muestra ligeramente superior al valor medio de FCM obtenido en el partido por los futbolistas (187.23 ± 2.34).

Adentrándonos ya en el comportamiento que presenta la FC del futbolista profesional de esta muestra (5.650 registros), es necesario matizar, de forma previa, que a la hora de poder establecer una comparación rigurosa con otros trabajos es necesario expresar este comportamiento en base a un porcentaje, bien respecto de la FC máxima, bien respecto de la FC de reserva (según la fórmula de Karvonen & Vuorimaa, 1988) de cada futbolista, tal y como ya se ha ido describiendo en el capítulo de resultados. De esta forma, podremos llegar a extraer información relevante de una población de deportistas muy heterogénea en cuanto a edad, puesto específico, nivel de condición física, etc. En este sentido, nuestra preferencia en este capítulo irá encaminada a expresar los resultados en función de la FC de reserva del futbolista debido a su mayor rigurosidad para preservar la individualidad de cada jugador en cuanto a este indicador de carga fisiológica, salvo cuando la forma de expresar los resultados de otros trabajos nos obliguen a adaptarnos para poder establecer la pertinente discusión.

Respecto al comportamiento de la FC en sí, podemos confirmar que este sigue una distribución que parece no ser normal, con una asimetría negativa, fluctuando entre una

amplia orquilla de valores (100-191 lat/min; 52.08-98.45% de la FCM; y 38.26-98.03% de la FCR) tal y como se ha descrito también en los trabajos de Ekblom (1986); Soares (1988); Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catilina et Coudert (1988); Astrand y Rodahl (1986); Rohde & Espersen (1988); Bosco (1991); Pirnay, Geurde y Marechal (1993); Bangsbo (1998); Godik y Popov (1998); y Nogues Martínez (1998). Es necesario apreciar que esta importante variabilidad en los registros puede ser ilustrada por la desviación típica global (9.57 si los tomamos los datos en función de la FCR) de todos los registros realizados, así como por el Coeficiente de Variación (11.81% en función de la FCR) que hemos expresado en los resultados en forma de valores absolutos, en función de la FCM y en función de la FCR. Conviene precisar, no obstante, que los valores de nuestro estudio se concentran principalmente entre el 74.83% y el 98.03% de la FCR, con un 75% de los resultados encuadrados en esta orquilla. Este hecho, suscribe la afirmación de Ferreira (2002) sobre la naturaleza intermitente del esfuerzo en el fútbol, realizado a una intensidad variable cerca de los valores submáximos.

El valor medio de este comportamiento se sitúa en el 85.03% de la FCM, y en el 80.95% de la FCR. En este caso, tomaremos el valor medio de la muestra respecto de la FC máxima, ya que, son muy escasos los estudios realizados dentro de este ámbito que hallan expresado sus resultados en función de la FC de reserva del futbolista profesional. Por tanto, éste resulta muy similar a los determinados por Ekblom (1986); Van Gool, Van Gerven & Boutmans (1987); Fornaris y cols (1989); Castellano, Masach y Zubillaga (1996); y García y Ardá (2005), con un 80 – 90%; 84.9 - 86.7%; 80 – 91%; 87.11% \pm 2.09; y un 87.65% \pm 2.55, respectivamente, inferior a los determinados por Agnevik (1970); Potiron-Josse, Hubert, Ginet et Suaudeau (1980); Chamoux, Fellmann, Mombaerts, Catilina et Coudert (1988) con un 93%; \pm 90%; y 90% respectivamente, y superior a los determinados por Seliger (1968); Jiménez, Mendiluce y Ostolaza (1993); y Nogués Martínez (1998), con un 80%; 81-83%; y un 80.74% \pm 3.89, respectivamente.

También hemos podido constatar que aunque los valores medios de FC del primer tiempo (85.37 \pm 3.15 % de la FCM; 81.4 \pm 4.06 % de la FCR), y segundo tiempo (84.43 \pm 3.61 % de la FCM; 80.19 \pm 4.72% de la FCR), son similares, existen diferencias significativas en cuanto a que son ligeramente inferiores en el segundo tiempo con respecto al primero, tal y como también han descrito otros autores (De Bruyn-Prevost et Thillens, 1983; Van Gool, Van Gerven & Boutmans, 1988; Ali & Farrally, 1991b; Jiménez, Mendiluce y Ostolaza, 1993; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Bangsbo, 1994; y Ferreira, 2002).

Por último, toda vez que la literatura revisada había puesto de manifiesto la existencia de diferencias significativas en las demandas fisiológicas de los jugadores en función de la demarcación ocupada dentro del sistema táctico del equipo (Kacani y Horsky, en Sanuy, Peirau, Biosca y Perdrux, 1995; Pirnay, Geurde y Marechal, 1993; Godik y Popov, 1998; Mombaerts, 2000; Ali & Farrally, 1991b; Castellano, Masach y Zubillaga, 1996; Godik y Popov, 1998; Nogués Martínez, 1998; Pablos y Huertas, 2000; y Ferreira, 2002), en el presente estudio, aunque los valores medios del comportamiento de la FC han resultado muy similares, se ha podido constatar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el comportamiento de la FC de cada uno de los jugadores objeto de estudio, lo que podría inducir a pensar que este comportamiento está directamente vinculado al desempeño que realiza cada jugador dentro del sistema táctico, es decir, a cada puesto específico. No obstante, debemos precisar que el comportamiento de la FC, como ya hemos apuntado anteriormente, no viene definido por el valor medio de dicho comportamiento, sino por los constantes incrementos y disminuciones que sufre en sus valores, fruto de las propias características de la competición del fútbol, es decir, del tipo de esfuerzo intermitente que demanda, mediatizado por las demandas de cada una de las situaciones de juego en que se ve inmerso el futbolista. En este sentido, se han encontrado un promedio por partido de 25.5 variaciones o fluctuaciones importantes y severas en el comportamiento de la FC de los futbolistas.

Situándonos en un segundo nivel de análisis, si estas fluctuaciones severas caracterizan el comportamiento de la FC del futbolista, cabría preguntarse ¿Cuál es el contexto de la situación de juego que caracteriza los incrementos acusados, y cuál las disminuciones en dicho comportamiento? A tenor de los resultados, podemos decir que el contexto de la situación de juego característico de los incrementos acusados y de las disminuciones es sustancialmente distinto. Por un lado, el contexto que caracteriza la situación de juego que “vive” el jugador cuando se produce un incremento acusado en sus valores de FC es aquel donde mayoritariamente tiene lugar la inmediata proximidad del balón, de los adversarios, es decir, de todo lo que puede conllevar estar situado dentro del centro de juego, en las zonas del terreno de juego de mayor peligro donde existe mayor posibilidad de crear una ocasión de gol o de que la cree el equipo rival. Por el contrario, el contexto que caracteriza la situación de juego que tiene lugar cuando se produce una disminución en los valores de FC del futbolista es aquel donde mayoritariamente no está el balón en juego, y cuando lo está, donde hay ausencia de proximidad del balón y de los adversarios, ausencia de oposición, y en zonas del terreno de juego que no son de máximo peligro, es decir, de todo lo que puede conllevar estar situado fuera del centro de juego.

La constatación de las diferencias en el contexto de juego desde un punto de vista estadístico ofrece una visión más precisa del problema. En concreto, los estadísticos basados en el Chi-cuadrado han mostrado que son cuatro los criterios que presentan una asociación significativa con el comportamiento de la FC (incrementos acusados y disminuciones): el centro de juego, el hecho de que el balón esté o no en juego, la oposición, y por último el rol que desempeña el futbolista. Por el contrario los criterios que hacen mención al tiempo de juego, resultado, espacio de juego, y equipo que tiene la posesión de balón se han confirmado como elementos totalmente secundarios que no se configuran como criterios relevantes.

En un tercer nivel de análisis, nos planteamos la pertinencia de elaborar un modelo explicativo que permita a los profesionales un conocimiento más exhaustivo sobre las demandas fisiológicas de la competición. Para ello se recurrió a la utilización del análisis multivariante y más concretamente de la Regresión Logística Binaria y la Regresión Categórica. Ambos análisis permitieron identificar un modelo explicativo parsimonioso, mostrando que el centro de juego es el elemento clave a la hora de explicar y/o pronosticar los incrementos acusados y las disminuciones que experimentan los valores de la frecuencia cardiaca de los futbolistas en situación de competición. En un segundo plano, no sin importancia aunque con un papel secundario o residual se situarían criterios como el rol desempeñado por el jugador y el tipo de oposición que éste realiza o recibe. Estos resultados, coinciden básicamente con las evidencias encontradas en los niveles de análisis previos. En este sentido, todo parece indicar que cualquiera de estos tres criterios resulta por sí solo relevante a la hora de explicar los cambios experimentados en la FC, pero es debido a la correlación significativa que existe entre ellos, que el centro de juego relegue al resto a un papel secundario. En definitiva, todo parece indicar que estamos refiriéndonos a elementos que definen el contexto de la situación de juego que a nivel teórico son independientes, pero que en la práctica están íntimamente relacionados.

Si nos centramos en aquellas variaciones del comportamiento de la FC más relevantes desde el punto de vista de la carga fisiológica que tiene que soportar el jugador, podemos constatar que el contexto de la situación de juego “tipo” que tiene lugar cuando se producen los incrementos acusados hace referencia a un contexto donde el jugador está en dentro del centro de juego, donde ejerce un rol de proximidad al balón, bien como poseedor, como atacante que interviene sobre el balón, o como adversario del jugador con balón, y donde la oposición que recibe o realiza es de forma directa. En clara contraposición, el contexto de la situación de juego “tipo” que tiene lugar cuando se producen variaciones en el

comportamiento de la FC de los jugadores, que implican una disminución en sus valores, hace referencia a un contexto donde el jugador está fuera del centro de juego, donde no ejerce un rol de proximidad al balón, y donde hay ausencia de oposición.

Los resultados del presente estudio están además en consonancia con los datos que han manejado otros autores en diferentes JDC a la hora de determinar que acciones del juego suponían una mayor carga fisiológica, medida a través de la FC, para el jugador durante el entrenamiento y la competición, como ha sido el caso del Baloncesto (Colli y Faina, 1987; Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos y Menchinelli, 1987; Zaragoza, 1996), del Hockey patines (Blanco, Enseñat y Balagué, 1994), del Voleibol (Moras y Zurita, 1999), e incluso del Fútbol (Ferret, Eclache, Quard, Jacques et Viret, 1980; Fornaris y cols, 1989; García y Ardá, 2005), donde, tal y como reseñábamos en la primera parte de este trabajo, parecen indicar que aspectos como la oposición directa, que se puede producir en un 1x1, en el salto para el rebote, en el remate, en el bloqueo, en la lucha por la posesión del balón o de la bola, etc., y la posesión del balón, que tiene lugar en el lanzamiento, el dribling, etc, entre otras, pueden ser las acciones de mayor exigencia en cuanto al comportamiento de la FC y por tanto de mayor carga fisiológica en cuanto a este indicador, es decir, son acciones que por definición están directamente relacionadas con el hecho de que el jugador esté o no en el centro de juego. Sin embargo, no debemos olvidar que la mayoría de estos estudios han analizado la FC pico que los jugadores presentaban en cada una de las acciones del juego objeto de estudio, comparándolas posteriormente, no teniendo en cuenta el porcentaje de incremento en los valores de FC del jugador o de disminución, tal y como ha tenido lugar en el presente estudio.

A la vista de todas estas consideraciones, el hecho de que el centro de juego sea la variable que posee un mayor protagonismo, junto con otras secundarias como el rol y la oposición, a la hora de explicar los incrementos acusados en el comportamiento de la FC, debe atraer la atención de los entrenadores y preparadores físicos en el sentido de que para preparar al futbolista de cara a que pueda asumir debidamente las demandas fisiológicas y físicas impuestas por la competición no basta con elicitarlas fuera de contexto, sino que deben ser consideradas en el entrenamiento junto con determinadas claves que definan el contexto situacional del juego para poder reproducir lo más fielmente posible la situación de competición. Es por ello que un aspecto fundamental del entrenamiento, en este sentido, es que el jugador debe verse implicado directamente en la situación de juego, formando parte activa de ésta, estando, por tanto, en el centro de juego o próximo a él, de tal forma que la tarea de entrenamiento propuesta pueda reproducir la referencia clave (junto con otras de

carácter más secundario) y excitar así unas condiciones de carga o estrés fisiológico en el jugador muy similares a los de competición.

Por otro lado, es necesario matizar ciertas cuestiones relevantes de este estudio como es el caso de que pudieran existir factores que pudieran alterar los valores que componen el comportamiento de la FC de los futbolistas durante la competición. A este respecto, al igual que en el estudio de García y Ardá (2005) con jugadores amateurs, no encontramos indicio alguno de que pudiera tener lugar este hecho, primero, debido a la selección de los jugadores que compusieron la muestra que contabilizaban un importante número de partidos como profesionales (el rango de temporadas como profesional era de entre 6 y 14 para los jugadores de la muestra, tabla 20), minimizaba el riesgo de una excesiva ansiedad y un bajo control de la situación de competición, segundo, debido a que no hubo ningún caso de recuperación insuficiente entre la última sesión de competición o entrenamiento y el partido donde fueron objeto de estudio, tercero, debido a que ningún jugador presentó una excesiva pérdida de fluidos o deshidratación durante los partidos que han formado parte de la muestra, cuarto, debido a que ninguno de los jugadores se estaba medicando en el período que supuso la toma de datos, y quinto, debido a que no ha tenido lugar ningún fenómeno anómalo de los descritos dentro del apartado que hace mención a las variables extrañas.

También es necesario tener cierta cautela en la generalización de los resultados, dado que se trata de partidos de pretemporada y ello pudiera, en cierta medida, condicionar los resultados, debido a que el nivel de implicación de los jugadores podría ser algo menor, sin embargo, esta circunstancia se trató de minimizar por el hecho de ser partidos contra equipos rivales de primer nivel (Sevilla, Ath de Bilbao, y Olympiakos) y siempre con un trofeo en juego. Se trata además del comportamiento de tan sólo 6 sujetos el que se analiza, y en tan sólo 3 partidos. No obstante, estos datos y los resultados presentados pueden tomarse como una primera aproximación o referencia para sucesivos estudios. Es necesario considerar a este respecto la enorme dificultad que tiene para los investigadores que desarrollan su labor en este ámbito poder disponer de una muestra amplia y debidamente controlada, que permita garantizar la validez de los resultados.

En referencia a los sucesivos estudios que se podrían plantear, se podrían considerar otras opciones a la hora de definir que condiciones tiene cumplir el comportamiento de la FC del futbolista para que se pueda determinar que ha tenido lugar un incremento brusco o una disminución en sus valores, por ejemplo, teniendo en cuenta para

esta definición el valor de FC de base del jugador los días previos a la toma de datos. También podemos considerar la posibilidad de tener en cuenta otros criterios o de establecer otro sistema de categorías distinto del diseñado para este caso, cambiando las ya diseñadas o incluyendo otras que se puedan considerar relevantes. Podemos también valorar la posibilidad de comparar estos resultados con los obtenidos para otra población de futbolistas de menor nivel competitivo (2ª División B, Tercera División Nacional), o de distinta categoría evolutiva (juveniles, cadetes), o incluso de otra nacionalidad (Premier League, Calcio, Campeonato Paulista, Liga Argentina). También podríamos avanzar en el diseño de tareas de entrenamiento que respondan de manera específica a las necesidades que se plantean, en cuanto al comportamiento que presenta la FC del futbolista profesional, debido a las exigencias de carga fisiológica que tiene la competición.

6. CONCLUSIONES ▶

Las conclusiones a las que se han llegado en este estudio están en clara conexión con los objetivos que nos habíamos planteado al comienzo de esta parte referente a la investigación empírica:

1. El comportamiento de la FC, de los jugadores profesionales de fútbol de esta muestra, sigue una distribución que no es normal, con una asimetría negativa, fluctuando entre una amplia orquilla de valores, que puede ser ilustrada por los valores que adquieren la desviación típica (9.57 en función de FCR) y el coeficiente de variación (11.81% en función de FCR) de todos los registros realizados.
2. Al hilo de la conclusión anterior, debemos pensar que el comportamiento de la FC está definido por los constantes incrementos y disminuciones en sus valores. En este caso hemos encontrado 25.5 variaciones manifiestas en el comportamiento de la FC del futbolista profesional en competición.
3. De los ocho criterios que hemos considerado para definir el contexto de la situación de juego, los estadísticos basados en el Chi-cuadrado han mostrado que son cuatro los que presentan una asociación significativa con los incrementos acusados y las disminuciones en los valores de FC de los jugadores: centro de juego, balón en juego, oposición, y rol del jugador.
4. En un tercer nivel de análisis, la regresión logística binaria ha determinado que es el centro de juego el indicador clave para explicar los incrementos acusados y las disminuciones que los futbolistas sufren en sus valores de FC. Este hecho se ve corroborado también mediante el análisis de regresión categórica. No obstante, los criterios rol del jugador, y oposición aparecen en un segundo plano, no sin importancia, resultando cualquiera de ellos por sí solo relevante y con una interesante capacidad explicativa, pero es cuando se ponen en relación con el centro de juego cuando pasan a ocupar un lugar secundario, ello es debido a la correlación significativa que existe entre ellos.
5. El contexto de la situación de juego “tipo” que tiene lugar cuando se producen los incrementos acusados en el comportamiento de la FC de los jugadores, hace referencia a una situación donde el jugador está dentro del centro de juego, donde ejerce un rol de proximidad al balón, bien como poseedor, como atacante que interviene sobre el balón, o como adversario del jugador con balón, y donde la oposición que recibe o realiza es de

forma directa. En clara contraposición, el contexto de la situación de juego “tipo” que tiene lugar cuando se producen variaciones en el comportamiento de la FC de los jugadores, que implican una disminución en sus valores, hace referencia a una situación donde el jugador está fuera del centro de juego, donde no ejerce un rol de proximidad al balón, y donde hay ausencia de oposición.

En definitiva, este trabajo nos ha permitido conocer en mayor profundidad el comportamiento de la FC del futbolista profesional en competición, y la estrecha relación que puede llegar a mantener con determinados criterios que definen el contexto de la situación de juego.

Somos conscientes de las limitaciones de este estudio debido a lo reducido de la muestra y al periodo en que fueron tomados los datos, no obstante, creemos que los resultados de este trabajo pueden resultar de utilidad para entrenadores y preparadores físicos del fútbol a la hora de disponer de una mayor información sobre la que poder diseñar aspectos específicos del entrenamiento de los futbolistas.

No cabe duda de que este trabajo es una primera aproximación sobre la que ir construyendo un conocimiento mucho más profundo de los factores que afectan al rendimiento del futbolista en competición, ya que es necesario dotar de una mayor solidez a este todavía joven campo de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ▶

- Acklan, J. (1998). *Precision Training*. Auckland: Reed Books.
- Agnevik, G. (1970). *Fotboll. Idrottsfysiologi. Rapport n° 7*. Stockholm: Trygg-Hansa.
- Ali, A., & Farrally, M. (1991a). A computer-video aided time motion analysis technique for match analysis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31 (1), 82-88.
- Alí, A., & Farrally, M. (1991b). Recording soccer player's heart rates during matches. *Journal of Sports Sciences*, 9 (2), 183-189.
- Álvarez, J. (2001). Estudio del perfil cardiovascular y metabólico en jugadores profesionales y amateurs de fútbol-sala. Resumen Tesis Doctoral. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 64, 110.
- Álvarez, J., Serrano, E., Giménez, L., Manonelles, P., y Corona, P. (2001a). Perfil cardiovascular en el fútbol sala. Adaptaciones al esfuerzo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 82, 143-148.
- Álvarez, J., Serrano, E., Giménez, L., Manonelles, P., y Corona, P. (2001b). Perfil cardiovascular en el fútbol sala. Respuesta inmediata al esfuerzo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 83, 199-204.
- Álvarez del Villar, C. (1985). *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Madrid: Gymnos.
- Andersson, B., Grönhagen, A., Lindholm, H., Ohlsson, K., & Ekblom, B. (1983). Jämförande studier över fysik prestation och fysiologisk reaktion vid fotbollssped. *GIH Fysiologiska Institutionen III*. Stockholm: Karolinska Institute.
- Anguera, M.T. (1983). *Manual de prácticas de observación*. México: Trillas.
- Anguera, M.T. (1991). Proceso de categorización. En M.T. Anguera (Ed.), *Metodología observacional en la investigación psicológica* (pp. 115-167). Barcelona: P.P.U., vol I.
- Anguera, M.T., Blanco, A., Losada, J.L. y Hernández, A. (2000). La metodología observacional en el deporte: conceptos básicos. *Lecturas: Educación Física y Deportes. Revista digital*, 24. efdeportes.com
- Añó, V. (2003). *Organización y gestión de actividades deportivas*. Barcelona: INDE.
- Apor, P. (1988). Successful formulae for fitness training. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids and W.J. Murphy (Eds). *Science and Football* (pp. 95-107). London: E.&F.N. SPON.
- Ardá, A. (1998a). Análise da condição biológica en futbolistas xuvenis. *Actas, VI Congreso de Educación Física e Ciencias de Deporte dos Países de lingua Portuguesa* (pp. 241-242). INEF Galicia. Universidad de A Coruña.
- Ardá, A. (1998b). *Análisis de los patrones de juego en fútbol a 7. Estudio de las acciones ofensivas*. Tesis Doctoral no publicada, INEF Galicia, Universidad de A Coruña.
- Ardá, A., y Anguera, M.T. (1999). Observación de la acción ofensiva en fútbol a 7. Utilización del análisis secuencial en la identificación de patrones de juego ofensivo. En M.T. Anguera (coord.), *Observación en deporte y conducta cinético-motriz: aplicaciones* (pp. 107-128). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

- Ardá, A., y Casal, C. (2003). *Metodología de la enseñanza del fútbol*. Barcelona: Paidotribo.
- Arteaga, M., Torre, F., y Delgado, M. (2002). Influencia del esfuerzo físico anaeróbico en el tiempo de reacción visual. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 16 (1), 13-21.
- Astrand, P.O., & Rodahl, K. (1986). *Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Aziz, A.R., Chia, M., & Teh, K.C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40 (3), 195-200.
- Balsom, P. (1993). Test de campo para evaluar la capacidad de aceleraciones repetidas de los jugadores de fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 7 (2), 35-39.
- Bangsbo, J. (1994). Physiological demands. In B. Ekblom (Ed.), *Football (Soccer). Handbook of Sports Medicine and Science* (pp. 43-58). I.O.C. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Bangsbo, J. (1996). Requerimientos energéticos en el fútbol. *Training Fútbol*, 4, 35-43.
- Bangsbo, J. (1997). The physiology of intermittent activity in football. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 43-53). London: E&FN SPON.
- Bangsbo, J. (1998). *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. Barcelona: Paidotribo.
- Bangsbo, J., & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sports Medicine*, 13 (2), 125-132.
- Bangsbo, J., & Mizuno, M. (1988). Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retraining and their relation to performance. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids and W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 114-124). London: E.&F.N. SPON.
- Bangsbo, J., Nørregard, L., & Thorsø, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16 (2), 110-116.
- Bangsbo, J., Nørregard, L., & Thorsø, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13 (2), 152-157.
- Barbero, J.C. (1998). El entrenamiento de los deportes de equipo basado en estudios biomecánicos (análisis cinemática) y fisiológicos (frecuencia cardiaca) de la competición. *Lecturas: Educación Física y Deportes. Revista digital*, 11. efdeportes.com.
- Barbero, J.C., Granda, J., y Soto, V.M. (2004). Análisis de la frecuencia cardiaca durante la competición en jugadores profesionales de fútbol sala. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 77, 71-78.
- Bauer, G., y Ueberle, H. (1988). *Fútbol: factores de rendimiento, dirección de jugadores y del equipo*. Barcelona: Martínez Roca.

- Bayer, C. (1992). *La enseñanza de los juegos deportivos colectivos*. Barcelona: Hispano Europea.
- Bezerra, P. (1997). La velocidad del jugador en posesión del balón. *Training Fútbol*, 14, 6-15.
- Bezerra, P. (2000). Pertinencia do exercício de treino no futebol. *Actas 8º Congresso de Educação Física e Ciências do Desporto dos países de Língua Portuguesa* (pp. 19-20). Faculdade de Motricidade Humana. Universidad Técnica de Lisboa.
- Bhanot, J.L. (1988). Maximal anaerobic power of indian soccer layers according to playing position. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 172-174). London: E.&F.N. SPON.
- Bichon, M. (1991). La preparación física del futbolista. *El Entrenador Español*, 51, 50-54.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Barcelona: Paidotribo.
- Blanco, A. (1997). Valoración de las cargas de entrenamiento en fútbol profesional. *El Entrenador Español*, 73, 34-48.
- Blanco, A., Enseñat, A., y Balagué, N. (1994). Hockey sobre patines: niveles de frecuencia cardiaca y lactacidemia en competición y entrenamiento. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 36, 26-36.
- Blanco, A., y Enseñat, A. (1998). Validez de los monitores de ritmo cardiaco Baumann & Haldi 6000 y Polar sport tester. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 13 (4), 14-17.
- Blázquez, D. (1986). *Iniciación a los deportes de equipo*. Barcelona: Martínez Roca S.A.
- Bosco, C. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- Bosco, C. (1993). *Aspectos específicos del fútbol*. Conferencia curso de postgrado Preparación Física en Deportes de Equipo. INEF Galicia, Universidad de A Coruña, no publicado.
- Boudet, G., Garet, M., Bedu, M., Albuisson, E., & Chamoux, A. (2002). Median maximal heart rate calibration in different conditions: laboratory, field, and competition. *International Journal of Sports Medicine*, 23 (4), 290-297.
- Braga, A., Valdés, H.M., y Ferreira, M.R. (2004). Factores de estresse no futebol. *Lecturas: Educación Física y Deportes. Revista digital*, 73. efdeportes.com.
- Brettschneider, W.D. (1990). I giochi sportivi al microscopio. *SdS. Rivista di Cultura Sportiva*, 9 (20), 2-6.
- Brewer, J., & Davis, J.A. (1992). A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 10 (2), 146-147.

- Brochado, M., y Kokubun, E. (1998). Resposta da frecuencia cardiaca ao salto em trampolim acrobático: efeito da complexidade da série. *Actas VI Congreso de Educación Física e Ciencias do Deporte dos países de Lingua Portuguesa* (pp. 268). INEF Galicia. Universidad de A Coruña.
- Buceta, J.M. (1998). *Psicología del entrenamiento deportivo*. Madrid: Dykinson.
- Buceta, J.M. (1999). *Psicología. Curso nivel-3. Entrenador Nacional de Fútbol*. Madrid: R.F.E.F.
- Bueno, I., Montes, R., Candel, J., Tárrega, L., y Giner, A. (2000a). Evaluación de las diferencias entre el tiempo de reacción ojo-mano y ojo-balón entre jugadores de fútbol del Valencia CF. *Archivos de Medicina del Deporte*, 17 (78), 309-314.
- Bueno, I., Montes, R., Candel, J., Tárrega, L., Giner, A., y de los Santos, J. (2000b). La visión en el fútbol: estudio de diferentes habilidades visuales. *Archivos de Medicina del Deporte*, 17 (77), 225-232.
- Bury, T., Marechal, R., Malieu, P., & Pirnay, F. (1998). Immunological status of competitive football players during the training season. *International Journal of Sports Medicine*, 19 (5), 364-370.
- Buscá, B., Pont, J., Artero, V., y Riera, J. (1996). Propuesta de análisis de la táctica individual ofensiva en el fútbol. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 43, 63-71.
- Cable, N.T., & Bullock, S. (1996). Thermoregulatory responses during and in recovery from aerobic and anaerobic exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, suppl 202.
- Campeiz, J.M., y De Oliveira, P.R. (2000). A caracterização do esforço físico realizado no futebol profissional. *Actas 8º Congreso de Educação Física e Ciências do Desporto dos Países de Língua Portuguesa* (pp. 107). Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.
- Carré, F. (1994). Hypertrophie cardiaque d'adaptation du sportif: les limites physiologiques. *Science et Sport*, 9, 73-80.
- Casajús, J.A. (1999). Valoración del rendimiento físico. *En bases biológicas y fisiológicas del deporte* (pp. 55-90). Curso nivel-3. Entrenador Nacional de Fútbol. Madrid: R.F.E.F.
- Casajús, J.A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (4), 463-469.
- Casajús, J.A., y Aragonés, M.T. (1991). Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Composición corporal y somatotipo (parte I). *Archivos de Medicina del Deporte*, 8 (30), 147-151.
- Casajús, J.A., y Aragonés, M.T. (1997). Estudio cineantropométrico del futbolista profesional Español. *Archivos de Medicina del Deporte*, 59, 177-184.
- Castañer, M. (1999). Elaboración de un sistema de categorías para la observación de la comunicación cinética no-verbal de los docentes. En M.T. Anguera (coord.), *Observación en deporte y conducta cinético-motriz: aplicaciones* (pp. 71-106). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

- Castelo, J. (1994). *Futebol. Modelo técnico-táctico do jogo*. Lisboa: Universidade técnica de Lisboa.
- Castelo, J. (1999). *Fútbol. Estructura y dinámica del juego*. Barcelona: INDE.
- Castellano, J. (2000). El aspecto físico dentro de los contextos de interacción en fútbol. *Training Fútbol*, 55, 16-25.
- Castellano, J., y Hernández Mendo, A. (2002). Observación y análisis de la acción de juego en el fútbol. En A. Ardá, J. Garganta, y C. Lago (Eds.), *A investigação em futebol. Estudos Ibéricos* (pp. 15-27). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Castellano, J., Masach, J., y Zubillaga, A. (1996). Cuantificación del esfuerzo físico del jugador de fútbol en competición. *Training Fútbol*, 7, 27-41.
- Castillo, J.M. (1997). Suplementación líquida durante un partido de fútbol. *Training Fútbol*, 19, 36-42.
- Catena, A., Ramos, M.M., y Trujillo, H.M. (2003). *Análisis multivariado. Un manual para investigadores*. Madrid: Biblioteca nueva.
- Cavanagh P.R., & Williams, K.R. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 30-35.
- Cazorla, G., et Farhi, A. (1998). Exigences physiques et physiologiques actuelles. *EPS*, 273, 60-66.
- Cibich, B. (1991). Application of sport science to jockey. *Sport Coach*, 14 (2), 3-6.
- Coca, S. (1985). *Hombres para el fútbol. Una aproximación humana al estudio psicológico del futbolista en competición*. Madrid: Gymnos.
- Cochrane, C., & Pyke, F. (1976). Physiological assessment of the Australian soccer squad. *Australian Journal of Health Physical and Education Recreational*, 75, 21-25.
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement of partial credit. *Psychological Bulletin*, 70, 213-220.
- Colli, R., y Faina, M. (1987). Investigación sobre el rendimiento en basket. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1 (2), 3-10.
- Cometti, G., Maffiuletti, N.A., Pousoon, M., Chatard, J.C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, sub-elite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22 (1), 45-51.
- Cottin, F., Papelier, Y., Durbin, F., Maupu, P., et Escourrou, P. (2001). Étude comparative de l'analyse spectrale de la fréquence cardiaque au tours de l'exercice sur ergocycle et de l'entraînement en judo. *Science & Sports*, 16 (6), 295-305.
- Crouter, S.E., Albright, C., & Basset, D.R. (2004). Accuracy of Polar S410 heart rate monitor to estimate energy cost of exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (8), 1433-1439.

- Cruz, A. (1999). *Fútbol. Análisis del juego. Terapia correctora*. Madrid: Gymnos.
- Csanádi, A. (1984). *El Fútbol*. Barcelona: Planeta.
- Cuevas, F. (1980). Estudio de las pruebas funcionales de valoración biológica efectuadas a los jugadores del Athletic club de Bilbao (I parte). *El Entrenador Español*, 4, 53-61.
- Chamoux, A., Fellmann, N., Mombaerts, E., Catilina, P., et Coudert, J. (1988). Football Professionel. Sur le terrain, suivi de l'entraînement par la fréquence cardiaque et la lactatémie. *Médecine du Sport*, 62 (2), 88-93.
- Chatard, J.C. (1998). Intérêts des mesures de fréquence cardiaque. *EPS*, 273, 33-35.
- Chatard, J.C., Belli, A., Padilla, S., Duranceau, M., Candau, R., y Lacour, J.R. (1991). La Capacidad física del calciatore. *SdS. Scuola dello Sport*, 24, 74-78.
- Chesler, R., Michielli, D., Aron, M., & Stein, R. (1997). Cardiovascular response to sudden strenuous exercise: an exercise echocardiographic study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (10), 1299-1303.
- Dal Monte, A., Gallozi, C., Lupo, S., Marcos, E., y Menchinelli, C. (1987). Evaluación funcional del jugador de baloncesto y balonmano. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 94, 243-252.
- Davies, P., Cooke, C., & King, R. (1997). Fluid loss and replacement in English premier league soccer players. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 54-59). London: E&FN SPON.
- Davis, J.A., Brewer, J., & Atkin, D. (1992). Pre-season physiological characteristics of English first and second division soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 10 (6), 541-547.
- De Bruyn-Prevost, P., et Thillens, M.R. (1983). Évolution de la fréquence cardiaque et du taux d'acide lactique sanguin lors de rencontres de football. *Médecine du Sport*, 57 (2), 48-51.
- de Dios Beas, J., García-Contreras, J., García, J., y Fernández, V. (1998). Variaciones fisiológicas en la medición del electrocardiograma en deportistas (I). Variaciones en la frecuencia cardíaca, línea isoeléctrica e intervalos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 15 (64), 163-166.
- De Mata, F. (1992). La valoración física y su repercusión en el entrenamiento. *Ciencia y Técnica del Fútbol*. R.F.E.F. Madrid: Gymnos.
- Deroanne, R., Pirnay, F., Servais, J.L., et Petit, J.M. (1971). Contrôle physiologique du joueur de football en compétition. *A.D.E.P.S. Sport*, 2, 61-71.
- Del Villar, F., y Fuentes, J.P. (2001). *Nuevas perspectivas de investigación en las ciencias del deporte*. Universidad de Extremadura: Cáceres.
- Dickhuth, H., Roecker, K., Niess, A., Hipp, A., & Heitkamp, H.C. (1996). The Echocardiographic determination of volume and muscle mass of the heart. *International Journal of Sports Medicine*, 17, suppl 3, S132-S139.

- Dickhuth, H., Simon, G., Bachl, N., Lehmann, M., & Keul, J. (1981). Zur höchst-und dauerleistungsfähigkeit von Bundesligafussballspielern. *Leistungssport*, 11, 148-152.
- Diem, C. (1966). *Historia de los deportes*. Edición Luis de Caralt.
- Di Salvo, V., & Pigozzi, F. (1998). Physical training of football players based on their positional rules in the team. Effects on performance related factors. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38 (4), 294-297.
- Domínguez, E., Patiño, D., Ramallo, R., Riveiro, J., Rodríguez, A., y Valverde, A. (1993a). *Vaciado bibliográfico y discusión sobre los diferentes parámetros del fútbol*. INEF Galicia, Universidad de A Coruña. No publicado.
- Domínguez, E., Patiño, D., Ramallo, R., Riveiro, J., Rodríguez, A., y Valverde, A. (1997). La estructura energética y condicional en el fútbol. *Training Fútbol*, 22, 38-54.
- Domínguez, E., Valverde, A., y Martín, R. (1993b). Nueva concepción y organización de los deportes colectivos. Mapa conceptual del fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 7 (2), 3-11.
- Dopico, J., e Iglesias, E. (1997). Propuesta de utilización simultánea de video y pulsómetro en la caracterización del esfuerzo en Judo. *En Recursos de actuaciones metodológicas para la enseñanza del entrenamiento, la gestión y organización de la actividad física y del deporte*. INEF Castilla y León. Junta de Castilla y León.
- D'Ottavio, S. (2001). *El rendimiento del joven futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- D'Ottavio, S., y Tranquilli, C. (1992). La prestazione del giocatore di calcio. *SdS. Scuola dello Sport*, 24, 74-78.
- Downs, D.S., & Abwender, D. (2002). Neuropsychological impairment in soccer athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42 (1), 103-107.
- Drust, B., & Reilly, T. (1997). Heart rate responses of children during soccer play. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 196-200). London: E&FN SPON.
- Drust, B., Reilly, T., & Rienzi, E. (1998). Analysis of work-rate in soccer. *Sport Exercise and Injury*, 4, 151-155.
- Dufour, W. (1982). *Cursus techniek van voetbal*. Vrije Universiteit Brussel: HILOK.
- Dufour, W. (1990). Las técnicas de observación del comportamiento motor en el fútbol: la observación tratada por ordenador. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4 (4), 16-24.
- Dufour, W. (1993). Computer-asisted scouting in soccer. In T. Reilly, J. Clarys & A. Stibbe (Eds.), *Science and Football II* (pp. 160-166). London: E. & F.N. Spon.
- Dunbar, G., & Power, K. (1997). Fitness profiles of English professional and semi-professional soccer players using a battery of field tests. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 27-31). London: E&FN SPON.
- Duque, D. (1997). Estudio de los ritmos de carrera del futbolista en competición. *El Entrenador Español*, 72, 43-49.

- Ebine, N., Rafamantanantsoa, H.H., Nayuki, Y., Yamanaka, K., Tashima, K., Ono, T., Sayito, S., & Jones, P. (2002). Measurement of total energy expenditure by the doubly labelled water method in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 20 (5), 391-397.
- Eclache, J.P., Viret, R., Quard, P., et Ferret, J.M. (1981). Analyse de quelques données biométriques et énergétiques de footballeurs professionnels Lyonnais. *Cinésiologie*, 20, 63-70.
- Eklblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*, 3, 50-60.
- Eklblom, B. (1993). Un test de campo para jugadores de fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 7 (2), 40-43.
- Faina, M., Gallozzi, C., Lupo, S., Colli, R., Sassi, R., & Marini, C. (1988). Definition of the physiological profile of the soccer player. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 158-163). London: E.&F.N. SPON.
- Faina, M., Marini, C., Sardella, F., Alippi, F., de Angelis, M., Tiberi, M., Colli, R., Broccardo, D., Merni, F., Borgossi, A.M., y Fiorella, P. (1992). La scienza e il controllo de'll allenamento. *SdS. Scuola dello sport*, 26, 7-14.
- Ferrández Sebastián, J. (1997). Factores de rendimiento físicos y técnicos en fútbol. *Training Fútbol*, 20, 26-35.
- Ferrauti, A., Neumann, G., Weber, K., & Keul, J. (2001). Urine catecholamine concentrations and psychophysical stress in elite tennis under practice and tournament conditions. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (2), 269-274.
- Ferreira, L. (2002). Análise da performance em futebol. Estudo comparativo da frequência cardíaca e das ações táctico-técnicas defensivas em equipas de diferente nível competitivo, no escalao sub-16 e sub-17. *Dissertação de Mestrado nao publicada*, FCDEF-UP.
- Ferret, J.M., Eclache, J., Quard, S., Jacquet, A., et Viret, A. (1980). Approche énergétique de l'entraînement d'une équipe professionnelle de football. *Cinésiologie*, 77, 15-25.
- Ferret, J.M., Mathian, B., Dupuis, J.M., Martin, G., de Peretti, E., et David, M. (2004). Variations des taux d'androgènes et de cortisol au cours de six saisons chez des footballeurs professionnels. *Science & Sports*, 19, 19-27.
- Filaire, E., Sagnol, M., Ferrand, C., Maso, F., & Lac, G. (2001a). Psychophysiological stress in judo athletes during competitions. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (2), 263-268.
- Filaire, E., Bernain, X., Sagnol, M., & Lac, G. (2001b). Preliminary results on mood state, salivary testosterone:cortisol ratio and team performance in a professional soccer team. *European Journal of Applied Physiology*, 86 (2), 179-184.
- Fornaris, E., Vankerschaver, J., Vanuxem, D., Zakarian, H., Commandré, F., et Vanuxem, P. (1989). Football. Aspects énergétiques. *Médecine du Sport*, 63 (1), 32-36.
- Fox, E. (1987). *Fisiología del deporte*. Buenos Aires: Editorial médica panamericana.

- Fradua, J.L. (1997). *La visión de juego en el futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- Fradua J.L., Roales, J., y Raya, A. (2002). Efectos del entrenamiento de la visión periférica en el rendimiento del jugador de fútbol. En A. Ardá, J. Garganta, y C. Lago (Eds.), *A investigação em futebol. Estudos Ibéricos* (pp. 41-50). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Fuso, L., Di Cosmo, V., Nardecchia, B., Sammarro, S., Pagliari, G., & Pistelli, R. (1996). Maximal inspiratory pressure in elite soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36 (1), 67-71.
- Garatachea, N., y De Paz, J.A. (2001). Fiabilitat del método de monitorizació de la freqüència cardíaca en l'estimació del cost energètic VO₂. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 136, 29-35.
- García, O. (2002). Estudio sobre la caracterización de las conductas de juego de la competición en el fútbol, en los periodos donde el jugador presenta unos valores de frecuencia cardíaca entre el 90 y el 100% de su máxima. *Trabajo de investigación tutelado: medición y control de los parámetros bioenergéticos en el deporte: Estudio práctico*. Programa de Doctorado Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Avances e investigación. Departamento de Medicina. Universidad de A Coruña. No publicado.
- García, O., y Ardá, T. (2004). Análisis de los factores que condicionan la eficacia en el golpeo a balón parado en el fútbol. *Lecturas: Educación Física y Deportes. Revista digital*, 69. efdeportes.com
- García, O., y Ardá, T. (2005). Análisis de la frecuencia cardíaca en el contexto competitivo en el fútbol. *Training Fútbol*, 111, 34-42.
- García, O., Dopico, J., e Iglesias, E. (2000a). Revisión y análisis de los métodos empleados para la determinación de las variables fisiológicas que caracterizan los esfuerzos en el fútbol. *Actas 8º Congreso de Educação Física e Ciências do Desporto dos Países de Língua Portuguesa* (pp. 46). Faculdade de Motricidade Humana. Universidad Técnica de Lisboa.
- García, O., Dopico, J., e Iglesias, E. (2000b). Revisión y análisis de las diferentes propuestas metodológicas utilizadas para la determinación de las demandas condicionales en el fútbol. *Actas I Congreso de la asociación Española de Ciencias del Deporte* (pp. 51-60). Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura.
- García, O., Lago, C., Longa, R., y Rodríguez, R. (1997). *Análisis del modelo competitivo en el fútbol*. INEF Galicia, Universidad de A Coruña. No publicado.
- García, J., Villa, J.G., y Moreno, C. (1999). Diferencias cineantropométricas según la posición ocupada en el campo en futbolistas profesionales y amateurs de un club de fútbol profesional. *Training Fútbol*, 37, 32-50.
- García Manso, J.M. (1999). *Alto Rendimiento. La adaptación y la excelencia deportiva*. Madrid: Gymnos.
- García Manso, J.M., Navarro Valdivielso, M., y Ruiz Caballero, J.A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.

- Garganta, J.M. (1986). A preparação do jovem futebolista. *Dossier Horizonte*, 15, 1- 22.
- Garganta, J.M. (1988). A formação do jogador de futebol. *Dossier Horizonte*, 25, 23- 40.
- Garganta, J.M. (1997). Modelação táctica do jogo de futebol. Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento. *Dissertação de doutoramento nao publicada*, Faculdade de Ciencias do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Garganta, J.M. (2000). Análisis del juego en el fútbol. El recorrido evolutivo de las concepciones, métodos e instrumentos. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14 (2), 5-14.
- Georgescu, M., y Motroc, I. (1984). Capacidad de esfuerzo anaeróbia y aeróbia de los futbolistas. *El Entrenador Español*, 22, 24-27.
- Gerish, G., Rutmöller, E., & Weber, K. (1988). Sportsmedical measurements of performance in soccer. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 60-67). London: E. & F.N. SPON.
- Gil, A., y Dalmau, L.I. (1999). Análisis de la estructura condicional y coordinativa en el fútbol. *Training Fútbol*, 35, 16-22.
- Gilman, M.B. (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Medicine*, 21 (2), 73-79.
- Gilman, M.B. & Wells, C.L. (1993). The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. *International Journal of Sports Medicine*, 14 (6), 339-344.
- Godik, M.A., y Popov, A.V. (1998). *La preparación física del futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- Golomazov, S., y Shirva, B. (1997). *Futebol. Preparação Física*. Brasil: Lazer & Sport. Universidade Estadual de Londrina.
- Gómez, P.T., y Soto, D. (2004). VO₂máx y umbral anaeróbico en futbolistas profesionales y juveniles. Repercusiones en el entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 18 (2), 37-41.
- Gómez López, M. (2000). Relaciones temporales y frecuencia de las acciones en el desarrollo de un partido de fútbol. Análisis comparativo Francia 98 y liga Española 98-99. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14 (4), 23-29.
- Gómez Perlado, J.C. (1991). Valoración de la capacidad física de trabajo del futbolista. *El Entrenador Español*, 49, 53-58.
- González Alonso, J. (1998). Separate and combined influences of dehydration and hyperthermia on cardiovascular responses to exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 19, Suppl 2, S111-S114.
- González Badillo, J.J., Alvaro, J., Dorado, A., González, J., Navarro, F., Molina, J., Portoles, J., y Sánchez, F. (1995). Modelo de análisis de los deportes colectivos basado en el rendimiento en competición. *INFOCOES*, 1 (0), 21-40.

- González Badillo, J.J., y Gorostiaga Ayestarán, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: INDE.
- González Iturri, J.J., y Fernández de Prado, J. (1987). Seguimiento ergométrico de un equipo de fútbol profesional. *El Entrenador Español*, 34, 17-23.
- González, C., Ureña, A., Santos, J., Llop, F., y Navarro, F. (2001). Un estudio sobre la respuesta cardiaca durante la competición de voleibol en el líbero y en los centrales. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 137, 17-23.
- Gorostiaga Ayestarán, E. (1993). Bases científicas del fútbol: Aplicación al entrenamiento. *El Entrenador Español*, 56, 37-47.
- Goubert, P.H., & Cazorla, G. (1989). Evaluation directe des courses et contraintes énergétiques du footballeur. *Tesis B.E.* 3, No publicada.
- Gray, A.L., Johnson, T.A., Ardell, J.L., & Massari, V.J. (2004a). Parasympathetic control of the heart II. A novel interganglionic intrinsic cardiac circuit mediates neural control of the heart rate. *Journal of Applied Physiology*, 96 (6), 2273-2278.
- Gray, A.L., Johnson, T.A., Lauenstein, J.M., Newton, S.S., Ardell, J.L., & Massari, V.J. (2004b). Parasympathetic control of the heart III. Neuropeptide Y-immunoreactive nerve terminals synapse on three populations of negative chronotropic vagal preganglionic neurons. *Journal of Applied Physiology*, 96 (6), 2279-2287.
- Gregoire, J., Tuck, S., Yamamoto, Y., & Hughson, R.L. (1996). Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender and physical training. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21 (6), 455-470.
- Gréhaigne, J.F. (2001). *La organización del juego en el fútbol*. Barcelona: INDE.
- Grosgeorge, B. (1990). *Observation et entrainement en sports collectives*. Paris: INSEP-public.
- Gullstrand, L. (1996). Physiological responses to short-duration high-intensity intermittent rowing. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21 (3), 197-208.
- Haskell, W., Yee, M., Evans, A., & Iby, P. (1993). Simultaneous measurement of heart rate and body motion to quantitate physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (1), 109-115.
- Hedelin, R., Bjerle, P., & Henriksson-Larsén, K. (2001). Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (8), 1394-1398.
- Hernández, A., y Molina, M. (2002). Cómo usar la observación en la psicología del deporte: principios metodológicos. *Lecturas: Educación Física y Deportes. Revista digital*, 49. efdeportes.com
- Hernández Moreno, J. (1992). Una metodología de la observación de la acción de juego en fútbol: cuantificación del tiempo de pausa y de participación y de las acciones técnicas. *Ciencia y Técnica del Fútbol*. R.F.E.F. Madrid: Gymnos.

- Hernández Moreno, J. (1994). *Análisis de las estructuras del juego deportivo*. Barcelona: INDE.
- Hernández Moreno, J. (1998). Cuantificación del espacio recorrido y el tiempo invertido para recorrerlo (ritmo) por el jugador de fútbol durante un encuentro: los casos de Ronald Koeman y Vlado Gudelj. *El Entrenador Español*, 76, 40-57.
- Hérvas, M., Giménez, J., Rodríguez, R., Cano, D., García, P., y Tormo, V. (1987). Estudio ECG y Ecocardiográfico de un grupo de sujetos profesionales del fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte*, 4 (14), 139-143.
- Hiilloskorpi, H., Fogelholm, M., Laukkanen, R., Pasanen, M., Oja, P., Mänttari, A., & Natri, A. (1999). Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 20 (7), 438-443.
- Hjortskov, N., Rissén, D., Blangsted, A.K., Fallentin, N., Lundberg, U., & Sogaard, K. (2004). The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *European Journal of Applied Physiology*, 92 (1-2), 84-89.
- Hohmann, A., y Brack, R. (1983). Giochi sportivi e diagnosi della prestazione. *SdS. Rivista di Cultura Sportiva*, 3, 36-41.
- Hollmann, W. (1980). Característica deportivo- médica del esfuerzo en el fútbol. *El Entrenador Español*, 3, 30-33.
- Hollmann, W. Liesen, H. Mader, A. Heck, H. Rost, R. Dufaux, B. Schürch, P. Lagerström, D. and Föhrenbach, R. (1981). Zur höchst-und dauerleistungsfähigkeit der deutschen fußball-spietenspieler. *Deutsche Zeitschrift für Sportsmedizin*, 32 (5), 113-120.
- Hopkins, W.G. (1991). Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Medicine*, 12 (3), 161-183.
- Iellamo, F., Pigozzi, F., Parisi, A., Di Salvo, V., Vago, T., Norbiato, G., Lucini, D., & Pagani, M. (2003). The stress of competition dissociates neural and cortisol homeostasis in elite athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43 (4), 539-545.
- Iellamo, F., Pigozzi, F., Spataro, A., Lucini, D., & Pagani, M. (2004). T-Wave and Heart rate variability changes to asses training in World-class athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (8), 1342-1346.
- Iglesias, X., y Rodríguez, F. (1995). Caracterización de la frecuencia cardiaca y la lactacidemia en esgrimistas durante la competición. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 32 (123), 21-32.
- Izaguirre, G. (1993). Estudio comparativo de la evolución de la frecuencia cardiaca en entrenamientos y partidos de fútbol. *El Entrenador Español de Fútbol*, 59, 18-26.
- Jacobs, I., Westlin, N., Karlsson, J., Rasmusson, M., & Houghton, B. (1982). Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 48, 297-302.
- Jensen-Urstad, K., Saltin, B., Ericson, M., Storck, N., & Jensen-Urstad, M. (1997). Pronounced resting bradycardia in male elite runners is associated with high heart rate variability. *Scandinavica Journal Medicine Sciences Sports*, 7, 274-278.

- Jiménez, R. (1993). *Perfil fisiológico durante el entrenamiento y la competición*. Conferencia curso de postgrado Preparación Física en Deportes de Equipo. INEF Galicia, Universidad de A Coruña, no publicado.
- Jiménez, R. (1996). Perfil fisiológico del fútbol. *Training Fútbol*, 3, 25-32.
- Jiménez, R., Mendiluce, J., y Ostolaza, J. (1993). Estudio fisiológico sobre el fútbol juvenil. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 2, 22-27.
- Karlsson, H.G. (1969). *Kolhydratomsättning under en fotbollsmatch*. Report Department of Physiology III, reference 6. Stockholm: Karolinska Institute.
- Karvonen, J., Chwalbinska-Moneta, J., & Säynäjäkangas, S. (1984). Comparison of heart rates measured by ECG and microcomputer. *The Physician and Sports Medicine*, 12 (6), 65-69.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Medicine*, 5 (5), 303-311.
- Kawakami, Y., Nozaki, D., Matsuo, A., & Fukunaga, T. (1992). Reliability of measurement of oxygen uptake by a portable telemetric system. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 409-414.
- Kindermann, W. (1983). Leistungsdiagnostik in Spielsportarten (Fussball, Handball). In R. Flöthner & W. Hort (Eds.), *Sportmedizin im Mannschaftssport* (pp. 22-34). Erlangen: Penmed Verlag.
- Kirkendall, D.T. (1985). The applied sport science of soccer. *The Physician and Sports Medicine*, 13, 53-59.
- Kirkendall, D.T. (1993). Effects of nutrition on performance in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (12), 1370-1374.
- Köning, D., Huonker, M., Schmid, A., Halle, M., Berg, A., & Keul, J. (2001). Cardiovascular metabolic and hormonal parameters in professional tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (4), 654-658.
- Konzag, I., Döbler, H., y Herzog, H. (1995). *Fútbol. Entrenarse jugando*. Barcelona: Paidotribo.
- Krümmelbein, U., Buhl, C., Cai, D.Y., & Nowacki, P. (1989). Neue methode und ergebnisse der sportartspezifischen leistungsdiagnostik im fussball. In D. Böning y cols (Eds.), *Sport – rettung oder risiko fiir die gesundheit?* (pp. 442-445). Colonia: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Kuzon, W., Rosenblatt, J., Huebet, S., Leatt, P., Plyley, J., Mckee, N., & Jacobs, I. (1990). Skeletal muscle fiber type, fiber size and capillary supply in elite soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (2), 99-102.
- Lacour, J.R., y Chatard, J.C. (1985). Aspectos fisiológicos del fútbol. *El Entrenador Español de Fútbol*, 5, 32-35.
- Lacuesta, F. (1997). *Tratado de fútbol. Técnica, acciones de juego, estrategia y táctica*. Madrid: Gymnos.

- Lago, C. (2000). *La acción motriz en los deportes de equipo de espacio común y participación simultánea*. Tesis Doctoral no publicada. INEF Galicia, Universidad de A Coruña.
- Lasierra, G., y Lavega, P. (1993). *1015 juegos y formas jugadas de iniciación a los deportes de equipo*. Barcelona: Paidotribo.
- Laukkanen, R.M.T., & Virtanen, P.K. (1998). Heart rate monitors: State of the art. *Journal of Sports Sciences*, 16, suppl. S3-S7.
- Legaz, A., Serrano, E., González, J.J., y Calderón, F. (2000). La ecocardiografía en la valoración de grupos homogéneos de deportistas de elite: aspectos básicos. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14 (2), 21-26.
- Legaz, A., Serrano, E., González, J.J. Calderón, F., y Navarro, F. (2000). Relación entre el volumen telediastólico del ventrículo izquierdo y el rendimiento en competición en deportistas masculinos de elite que compiten desde 100 metros hasta maratón: diseño transversal y longitudinal. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14 (3), 31-39.
- Leger, L., & Thivierge, M. (1988). Heart rate monitors: validity, stability and functionality. *The Physician and Sports Medicine*, 16 (5), 143-151.
- López Calbet, J.A. (1997). Factores determinantes del consumo máximo de oxígeno: papel del sistema cardiovascular. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 11 (1), 13-18.
- López Calbet, J.A. (1998). *Evaluación de la potencia y de la capacidad anaeróbica*. Conferencia curso de postgrado de Experto Universitario en Preparación Física. INEF Galicia, Universidad de A Coruña, no publicado.
- López Calbet, J.A., García, B., Fernández, A., y Chavarren, J. (1995). Validez y fiabilidad del umbral de FC como índice de condición física aeróbica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 12 (50), 435-444.
- López, C., Casajús, J.A., Terreros, J.L., y Aragonés, M.T. (1988). Análisis de la curva de recuperación de la frecuencia cardiaca. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 25 (95), 29-36.
- López, C., y López, F. (1997). Estudio de la frecuencia cardiaca en jugadores de categoría cadete en partidos oficiales. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 48, 62-67.
- Lourenço, M., y Saturno, A. (2000), Alterações causadas pelo nível de hidratação na frequência cardiaca de atletas. *Actas 8º Congresso de Educação Física e Ciências do Desporto dos países de Língua Portuguesa* (pp. 54). Faculdade de Motricidade Humana. Universidad Técnica de Lisboa.
- Luhtanen, P. (1988). Reliability of video observation of individual techniques used in soccer. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 356-360). London: E. & F.N. SPON.
- Luhtanen, P. (1989). Biomeccanica del calcio. *SdS. Scuola dello sport*, 15, 61-70.
- Luhtanen, P. (1994). Biomechanical aspects. In B. Ekblom (Ed.), *Football (soccer)*, (pp. 59-77). International Olympic Committee. London: Blackwell Scientific Publications.

- Marina Evrard, M. (1990). Valoración de la frecuencia cardiaca en gimnasia artística. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 27 (104), 137-147.
- Martínez, J.L., Pérez, E., y Perarnau, O. (2004). Análisis de la competición. En F. Drobnic, J.M. González de Suso, y J.L. Martínez (Eds.), *Fútbol. Bases científicas para un óptimo rendimiento* (pp. 13-20). Madrid: Ergon.
- Masach, J. (1992a). Valoración y control del trabajo aeróbico-anaeróbico del jugador de fútbol (1ª Parte). *El Entrenador Español de Fútbol*, 53, 38-51.
- Masach, J. (1992b). Valoración y control del trabajo aeróbico-anaeróbico del jugador de fútbol (2ª Parte). *El Entrenador Español de Fútbol*, 54, 46-55.
- Masach, J. (1998). Análisis de las sesiones de una temporada de fútbol. *El Entrenador Español de Fútbol*, 77, 46-57.
- Mateos, P.M. (2001). *Técnicas de investigación en motivación*. Documentación curso sobre Investigación en motivación. Programa de doctorado 2000-2002: Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Avances e investigación, Universidad de A Coruña, no publicado.
- Mayhew, S.R., & Wenger, H.A. (1985). Time-motion analysis of professional soccer. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 49-52.
- McArdle, W., Katch, F., y Katch, V. (1990). *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano*. Madrid: Alianza Deporte y C.S.D.
- Medelli, J., Jullien, H., et Freville, M. (1989). Apport des tests de laboratoire au controle del entraînement du footballeur. *STAPS*, 10 (19), 17-27.
- Mercer, T., Gleeson, N., & Mitchell, J. (1997). Fitness profiles of professional soccer players before and after pre-season conditioning. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 112-117). London: E&FN SPON.
- Mitchell, J. (1990). Neural control of the circulation during exercise. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 22, 141-154.
- Mombaerts, E. (2000). *Fútbol. Del análisis del juego a la formación del jugador*. Barcelona: INDE.
- Montanari, G. (1992). *Test fisiológicos de valoración del futbolista*. I Congreso Ciencia y Técnica del Fútbol, R.F.E.F. Madrid: Gymnos.
- Moras, G., y Zurita, C. (1999). Valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la frecuencia cardiaca en el voleibol. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 55, 77-84.
- Moreno Serrano, M. (1993). Consideraciones a las tendencias del fútbol actual. *El Entrenador Español*, 57, 24-28.
- Morganroth, D., Barry, J., Maron, D., Walter, L., Henry, D., & Stephen, E. (1975). Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Annals of Internal Medicine*, 82, 521-524.

- Mustafa, K.Y., & Mahmoud, E.D.A. (1979). Evaporative water loss in African soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 19, 181-183.
- Nogués Martínez, R. (1998). Análisis de las modificaciones de frecuencia cardiaca de futbolistas no profesionales durante la competición. *Training Fútbol*, 25, 42-46.
- Nowacki, P., Cai, D., Bulh, C., & Krümmelbein, U. (1988). Biological performance of German soccer players (professionals and juniors) tested by special ergometry and treadmill methods. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 145-157). London: E. & F.N. SPON.
- O'Donoghue, P.G., Boyd, M., Lawlor, J., & Bleakley, E.W. (2001). Time-motion analysis of elite, semi-professional and amateur soccer competition. *Journal of Human Movement Studies*, 41(1), 1-12.
- Ogushi, T., Ohashi, J., Nagahama, H., Isokawa, M., & Suzuki, S. (1992). Work intensity during soccer match-play: A case study. *Journal of Sports Sciences*, 10 (2), 168.
- Ohashi, J., Togari, H., Isokawa, M., & Suzuki, S. (1988). Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 329-333). London: E. & F.N. SPON.
- Oida, E., Moritani, T., & Yamori, Y. (1997). Tone-entropy análisis on cardiac recovery after dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 82, 1794-1801.
- Olivós, R. (1997). *Fútbol: análisis del juego*. Sevilla: Wanceulen.
- Pablos, C., Navarro, E., Salvador, S., Benavent, J., González, E., Chillarón, E., Cervera, L., Giner, A., y Martí, M.T. (2000). Efectos sobre la mejoría de la fuerza y el ratio testosterona/cortisol de dos métodos de entrenamiento de fuerza explosiva del tren inferior en el periodo competitivo de deportes de equipo. *Consejo Superior de Deportes. Serie ICd*, 23, 95-132.
- Pablos, C., y Huertas, F. (2000). Entrenamiento integrado: justificación de las propuestas de entrenamiento y evaluación de rendimiento aero-anaeróbico en el fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14 (3), 5-15.
- Papelier, Y., et Cottin, F. (1997). La mesure de la fréquence cardiaque. *EPS*, 267, 73-78.
- Parals, J. (1993). Valoración de la frecuencia cardiaca en regatistas de TDV: clases Lechner y Funboard. *Apunts. Medicina de L'Esport*, 30 (115), 37-49.
- Penel, H.P., y Traversian, P. (1998). Partidos asistidos por ordenador. *Ciencia y Vida*, 9 (7), 48-52.
- Pette, D. (2002). The adaptative potential of skeletal muscle fibers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27 (4), 423-448.
- Picazos, J., y Barbany, J.R. (2000). Frecuencia cardiaca y glucemia en la competición de vela. *Actas I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte* (pp. 295-301). Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura.

- Pinaud, P. (1998). Percepción visual en los deportes de equipo. *Conferencia curso de postgrado de Experto Universitario en Preparación Física*. INEF Galicia, Universidad de A Coruña, no publicado.
- Pinto, J. (1991). A caracterização do esforço no futebol e algumas das suas implicações no treino. Do libro as ciencias do desporto e a prática desportiva. *Actas II Congreso de Educação Física dos Países de Língua Portuguesa* (pp. 23-34). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto.
- Pirnay, F., Geurde, P., y Marechal, R. (1993). Necesidades fisiológicas de un partido de Fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 7 (2), 45-52.
- Pohl, A.P., O'Halloran, M.W., & Pannall, P.R. (1981). Biochemical and physiological changes in football players. *Medical Journal of Australia*, 1, 467-470.
- Polito, M.D., y Farinatti, P.T.V. (2003). Despostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 3 (1), 79-91.
- Portolés, J.V. (1996). El trabajo de fuerza en el futbolista de elite. *Training Fútbol*, 6. 13-25.
- Potiron-Josse, M., Hubert, M., Ginet, J., et Suaudeau, M.J.C. (1980). Etude télémétrique de la fréquence cardiaque chez le footballeur de haut-niveau lors de l'entraînement et lors de matches amicaux. *Médecine du Sport*, 54 (5), 291-295.
- Rebelo, A.N. (1993a). Caracterização do esforço em futebol. *Actas A Ciencia do Desporto a Cultura e o Homen* (pp. 315-327). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto. Câmara Municipal do Porto.
- Rebelo, A.N. (1993b). Caracterização da actividade física do futebolista em competição. *Espaço. Revista de Ciência do Desporto dos Países de Lengua Portuguesa*, 1 (2), 95-104.
- Reilly, T. (1994a). Motion characteristics. In B. Ekblom (Ed.), *Football (Soccer). Handbook of Sports Medicine and Science* (pp. 31-42). I.O.C. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Reilly, T. (1994b). Physiological profile of the player. In B. Ekblom (Ed.), *Football (Soccer). Handbook of Sports Medicine and Science* (pp. 78-94). I.O.C. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15 (3), 257-263.
- Reilly, T. (2000). The Physiological demands of soccer. In J. Bangsbo (Ed.), *Soccer & Science. In an interdisciplinary perspective* (pp. 91-105). Copenhagen: Munksgaard. Institute of exercise and sport sciences. University of Copenhagen.
- Reilly, T., & Ball, D. (1984). The net physiological cost of dribbling a soccer ball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55, 267-271.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18 (9), 669-683.

- Reilly, T., & Bowen, T. (1984). Exertional costs of changes in directional modes of running. *Perceptual and Motor Skills*, 58, 149-150.
- Reilly, T., & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87-97.
- Rico-Sanz, J. (1997a). Evaluaciones de rendimiento en futbolistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (59), 207-212.
- Rico-Sanz, J. (1997b). Evaluaciones fisiológicas en futbolistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (62), 485-491.
- Rico-Sanz, J., Zehnder, M., Buchli, R., Kühne, G., & Boutellier, U. (1999). Noninvasive measurement of muscle high-energy phosphates and glycogen concentrations in elite soccer players by ^{31}P - and ^{13}C -MRS. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31 (1), 1580-1586.
- Rico-Sanz, J., Zehnder, M., Buchli, R., Dambach, M., & Boutellier, U. (1999). Muscle glycogen degradation during simulation of a fatiguing soccer match in elite soccer players examined by noninvasively ^{13}C -MRS. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31 (1), 1587-1593.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (2), 162-169.
- Rodríguez, F. (1999). Bases metodológicas de la valoración funcional. Ergometría. En J.J. González Iturri y J.A. Villegas (Eds.), *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales* (pp. 234-271). Monografía FEMEDE nº 6. Pamplona: Federación Española de Medicina del Deporte.
- Rodríguez, F., Iglesias, X., y Tapiolas, J. (1996). Gasto energético y valoración metabólica en el fútbol. *Training Futbol*, 9, 25-33.
- Rohde, C., & Espersen, T. (1988). Work intensity during soccer training and match-play. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 68-75). London: E. & F.N. SPON.
- Roi, G.S., Perondi, F., Venturati, G., Nanni, G., Palaia, G., Famedi, D., Mandarino, F., y Rosa, E.M. (2000). Frecuencia cardiaca ed allenamento nel gioco del calcio. *SdS. Scuola dello sport*, 49, 47-51.
- Rost, R. (1987). *Athletics and the Heart*. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- Ruiz, J.G. (2001). *El entrenamiento de la fuerza en el fútbol*. Lérida: Agonos.
- Saltin, B. (1973). Metabolic Fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5, 137-146.
- Sampedro, J. (1997). Perspectivas de investigación en el deporte de alto rendimiento. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 4 (3), 4-6.
- Sanderson, F.H. (1974). *Dynamic visual acuity and ball games ability*. Unpublished doctoral dissertation, University of Leeds, United Kingdom.

- Sans, A., y Frattarola, C. (1995). *Reglamento de fútbol actualizado y comentado*. Barcelona: Paidotribo.
- Santos, P., y Soares, J. (2002). Determinação do limiar aeróbio-anaeróbio em futebolistas de elite, em função da posição ocupada na equipa. En A. Ardá, J. Garganta, y C. Lago (Eds.), *A investigação em futebol. Estudos Ibéricos* (pp. 137-143). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Santos, J.A., Costa, O., y Appell, H.J. (2002). Estudio comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nivel competitivo. En A. Ardá, J. Garganta, y C. Lago (Eds.), *A investigação em futebol. Estudos Ibéricos* (pp. 129-136). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Sanuy, X., Peirau, X., Biosca, P., y Perdrix, R. (1995). Fisiología del fútbol: revisión bibliográfica. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 42, 55-60.
- Schmid, P., Dickhuth, H., Lehmann, M., Huber, G., Berg, A., & Keul, J. (1983). Labordiagnostische ergebnisse von fussball-und handball-spielern. *Deutsche Zeitschrift für Sportsmedizin*, 12, 365-375.
- Schwabberger, G., Pessenkofer, H., Schmid, P., Sauseng, N., König, H., Konrad, H., Tschetschounik, R., Frisch, C., & Keul, J. (1984). Vergleichende labor-und felduntersuchungen zur trainingsbegleitenden leistungsdiagnostik bei mittelstreckenläufern und schwimmern. *Leistungssport*, 4, 25-31.
- Seliger, V. (1968). Heart rate as an index of physical load in exercise. *Scripta Medica, Medical Faculty, Brno University*, 41, 231-240.
- Shephard, R.J. (1999). Biology and medicine of soccer: An update. *Journal of Sports Sciences*, 17 (10), 757-786.
- Silva, L.C. (1994). *Excursión a la regresión logística en ciencias de la salud*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Singer, R.N. (1972). *Coaching, athletics and psychology*. New York: McGraw-Hill.
- Sledziewski, D., y Ksionda, G. (1982). Investigación sobre los condicionantes de la efectividad de juego en el fútbol. *El Entrenador Español*, 12, 33-38.
- Sledziewski, D. (1987). Problemas del desarrollo de la velocidad en el entreno de futbolistas. *El Entrenador Español*, 32, 26-33.
- Smaros, G. (1980). Energy usage during a football match. In L. Vecchiet (Ed.), *1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football* (pp. 795-801). Roma: D. Guanello.
- Smodlaka, V. (1978). Cardiovascular aspects of soccer. *The Physician and Sports Medicine*, 6, 66-70.
- Soares, J. (1988). Abordagem fisiológica do esforço intermitente. *Dissertação de doutoramento não publicada*, ISEF-UP.
- Solomonko, V. (1979). Biotelemetry on the field (soccer). *Soviet Sports Review*, 14, 152-153.

- Sözen, A., Akkaya, V., Demirel, S., Kudat, H., Tükek, T., Ünal, M., Beyaz, M., Güven, Ö., & Korkut, F. (2000). Echocardiographic findings in professional league soccer players. Effect of the position of the players on the echocardiographic parameters. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40 (2), 150-155.
- Sproviero, E., De Vito, G., Felci, U., Macaluso, A., & Marchettoni, P. (2002). Physiological evaluation of elite young soccer players. A longitudinal study. *Medicina dello Sport*, 55 (3), 181-188.
- Stockhausen, W., Grathwohl, D., Bürklin, C., Spranz, P., & Keul, J. (1997). Stage duration and increase of work load in incremental testing on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 76, 295-301.
- Strudwick, A., Reilly, T., & Doran, D. (2002). Anthropometric and fitness profiles of elite players in two football codes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42 (2), 239-242.
- Suay, F., Salvador, A., y González-Bono, E. (2001). *Bases neurofisiológicas de la motivación*. Documentación curso sobre Investigación en motivación. Programa de doctorado 2000-2002: Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Avances e investigación, Universidad de A Coruña, no publicado.
- Talaga, J. (1979). Consideraciones sobre el fútbol actual. *El Entrenador Español*, 2, 55-62.
- Talaga, J. (1985). *La táctica del fútbol*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Terkelsen, A.J., Andersen, O.K., Mølgaard, H., Hansen, J., & Jensen, T.S. (2004). Mental stress inhibits pain perception and heart rate variability but not a nociceptive withdrawal reflex. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180 (4), 405-414.
- Tıryaki, G., Tuncel, F., Yamaner, F., Agaoglu, S., Gümüşpdađ, H., & Acar, M. (1997). Comparison of the physiological characteristics of the first, second and third league Turkish soccer players. In T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes (Eds.), *Science and Football III* (pp. 32-36). London: E&FN SPON.
- Tokmakidis, S.P., Tsopanakis, A., Tsarouchas, E., Kioussis, T., & Hadjikonstantinou, S. (1992). Physiological profile of Greek professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 10 (2), 169-169.
- Tumilty, McA., Hahn, A., Telford, R., & Smith, R. (1988). Is lactic acid tolerance an important component of fitness for soccer. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 81-86). London: E. & F.N. SPON.
- Tumilty, D. (1993). Physiological Characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine*, 16 (2), 80-96.
- Valente, A., y Santos, P. (2002). Limiar aeróbio-anaeróbio e distancia percorrida en jogo. Estudo numa equipa de futebol profissional da 1ª liga portuguesa. En A. Ardá, J. Garganta, y C. Lago (Eds.), *A investigação em futebol. Estudos Ibéricos* (pp. 201-210). Faculdade de Ciencias do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Vales, A. (1998). *Optimización de los sistemas de juego en el fútbol. El balongrama como sistema de observación para el análisis de los sistemas de juego en el fútbol. Tesis doctoral no publicada*. INEF Galicia, Universidad de A Coruña.

- Van Gool, D., Van Gerven, D., & Boutmans, J. (1988). The physiological load imposed on soccer players during real match-play. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 51-59). London: E. & F.N. SPON.
- Verstappen, F., & Bovens, F. (1989). Interval testing with football players at a laboratory. *Science and Football*, 2, 15-16.
- Vidalin, H. (1999). Fatigue, stress, entrainemt, comment s'évaluer. *Cinésiologie*, 187, 161.
- Vila, J., y Fernández, M.C. (1990). Activación y Conducta. En VVAA (Eds.), *Tratado de Psicología general 8* (pp. 1-45). Granada: Alhambra-universidad.
- Voguelaere, P., Balagué, N., y Martínez, M. (1985). Fútbol: una aproximación fisiológica. *Apunts, medicina de l'esport*, 86, 103-107.
- Vogelaere, P., De Meyer, F., Duquet, W., & Vandevelde, P. (1986). Validation du Sport tester PE 3000 en fonction de l'enregistrement Holter. *Science & Sports*, 1 (4), 321-329.
- Weineck, E.J. (1994). *Fútbol total: el entrenamiento físico del futbolista*. Barcelona: Paidotribo.
- Wennlund, A., Wahrenberg, H., Hagström-toft, E., Bolinder, J., & Arner, P. (1994). Lipolitic and cardiac responses to various forms of stress in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 408-413.
- White, J.E., Emery, T.M., Kane, J.E., Groves, R., & Risman, A.B. (1988). Pre-season fitness profiles of professional soccer players. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 164-171). London: E. & F.N. SPON.
- Whitehead, E.N. (1975). *Conditioning for sport*. Yorkshire: E.P. Publising Co. Ltd.
- Wilkins, H.A., Petersen, S.R., & Quinney, H.A. (1991). Time-motion analysis and heart rate responses to amateur Ice hockey officiating. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16 (4), 302-307.
- Williams, M., Lee, D., & Reilly, T. (1999). *A quantitative analysis of matches played in the 1991-92 and 1997-98 seasons*. A report for the F.A. Technical Department. Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University.
- Winkler, W. (1983). Spielerbeobachtung bei fussballspielen im zusammenhang mit spielerpositionen, spielsystemen und laufbelastung. *Leistungsfussball*, 21, 63-68.
- Winterbottom, W. (1959). *Soccer Coaching*. Kingswood: Naldreth.
- Wisløff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (3), 462-467.
- Withers, R.T., Maricic, Z., Wasilewski, S., & Kelly, L. (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 159-176.
- Yagüe, P. (2002). Fútbol: requerimientos físicos y fisiológicos de la competición, perfil funcional del jugador. *Training Fútbol*, 72, 32-43.

- Yagüe, J.M., y Paz, J. (1995). Aproximación al conocimiento de la eficacia en el fútbol. *El Entrenador Español*, 64, 46-52.
- Yagüe, J.M. (2001). Las demandas energéticas del fútbol en competición. *Training Fútbol*, 68, 30-39.
- Yamanaka, K., Haga, S., Shindo, M., Narita, J., Koseki, S., Matsuura, Y., & Eda, M. (1988). Time and motion analysis in top class soccer games. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 334-340). London: E. & F.N. SPON.
- Zaragoza, J. (1996). Baloncesto: conclusiones a partir del análisis de la actividad competitiva. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 10 (2), 21-27.

ANEXOS ▶

ANEXO 1

**PLANILLA DE RECOGIDA DE DATOS. PRETEMPORADA RC CELTA DE VIGO
2003.**

PARTIDO:		FECHA:	
JUGADOR	DORSAL	PULSÓMETRO	
PUESTO ESPECÍFICO:		SISTEMA DE JUEGO:	

TIEMPO DE INICIO PRIMERA PARTE:
NOTAS:
TIEMPO DE FINALIZACIÓN DE LA PRIMERA PARTE:

TIEMPO DE INICIO DE LA SEGUNDA PARTE:
NOTAS:
TIEMPO DE FINALIZACIÓN DE LA SEGUNDA PARTE:

ANEXO 2

