

DEPARTAMENT D' ACTIVITAT FÍSICA I ESPORT

EFFECTOS DE LA INGESTA DEL ÁCIDO
DOCOSAHEXAENOICO (DHA) SOBRE LA VELOCIDAD DE
REACCIÓN Y EL BIENESTAR PSICOLÓGICO EN MUJERES
DEPORTISTAS.

HÉCTOR ESTEVE IBÁÑEZ

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Servei de Publicacions
2012

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 14 d'octubre de 2011 davant un tribunal format per:

- Dr. Juan García Manso
- Dr. Gonzalo Cuadrado Sáez
- Dr. Paulino Padial Puche
- Dra. Belén Feriche Fernández
- Dr. Vicente Carratalà Deval

Va ser dirigida per:

Dr. Carlos Pablos Abella

Dr. José Francisco Guzmán Luján

Dra. Cristina Blasco Lafarga

©Copyright: Servei de Publicacions
Héctor Esteve Ibáñez

I.S.B.N.: 978-84-370-8837-2

Edita: Universitat de València

Servei de Publicacions

C/ Arts Gràfiques, 13 baix

46010 València

Spain

Telèfon:(0034)963864115



Facultat de Ciències de
l'Activitat Física i l'Esport

Departament d'Educació Física i Esportiva

***EFFECTOS DE LA INGESTA DE
ÁCIDO DOCOSAHEXAENOICO
(DHA) SOBRE LA VELOCIDAD DE
REACCIÓN Y EL BIENESTAR
PSICOLÓGICO EN MUJERES
DEPORTISTAS***

Tesis Presentada por
Héctor Esteve Ibáñez

Bajo la dirección de
Dr. Carlos Pablos Abella
Dr. Jose Francisco Guzmán Luján
Dra. Cristina Blasco Lafarga

Para optar al título de Doctor por la
Universitat de València

VALENCIA, 2011

A Irene, per tots aquests anys.

A tota la meua família, per l'imprescindible suport.

En el record, al meu iaio Blas i a tots els que ja no estan.

A l'Esport, una forma de vida.

“sense vosaltres açò no ho haguera aconseguit,

sense vosaltres la meua vida no tindria sentit”

AGRADECIMIENTOS

Con mucha alegría y satisfacción de llegar a la recta final de este camino, deseo ahora, dejar constancia de mi agradecimiento a todas y cada una de las personas que de una forma u otra han ayudado a que esto fuera posible.

En primer lugar, agradecer enormemente la confianza, trabajo, apoyo, dedicación y paciencia de mis tres directores de tesis, ayudándome en todo momento a mantener la ilusión y las ganas de seguir adelante en este camino que como ellos dicen, es simplemente un paso para acceder a otro camino más largo y atractivo dentro del mundo de la investigación. Por tanto, Dr. Carlos Pablos, Dr. José Francisco Guzmán y Dra. Cristina Blasco, muchas gracias por todo. De los tres he aprendido muchísimo, tanto de sus conocimientos y experiencia como de su actitud y bondad como personas. Me considero una persona muy afortunada por tener a tres directores de tesis como ellos.

Al equipo Decanal de la Facultad de Ciencias del Deporte de la UCV por la confianza y apoyo prestado. En especial a la Dra. Ana Pablos, tanto por su colaboración en esta investigación, como por la confianza depositada en mi persona para la docencia universitaria, experiencia que me está cautivando.

A la Junta directiva y a todos los nadadores del club de natación “Club Deportivo UPV Natación Master”, por estos fantásticos 4 años en los que he sido su entrenador (entrenamientos, competiciones, celebraciones, quedadas, viajes, etc.). A pesar de los madrugones, su confianza, apoyo, comprensión y gratitud, se han convertido en parte de mi vida, haciendo que el día a día fuera más ameno durante todo este tiempo que hemos pasado juntos.

ADEMÁS,

Sin la ayuda y apoyo de los miembros de la “Unidad de Investigación del Rendimiento Físico y Deportivo (UIRFIDE)” de la Facultat de Ciències de l’Activitat Física i l’Esport de la Universitat de València, así como por sus instalaciones y material, esta investigación no se podría haber llevado a cabo, por lo que gran parte del mérito de este trabajo pertenece a todos ellos.

Agradecer el imprescindible apoyo e interés del Dr. José Antonio Villegas de la Universidad Católica de Murcia.

A los dos equipos de fútbol femenino participantes (Valencia C.F. y Levante U.D), en especial a sus preparadores físicos por todas las facilidades prestadas, así como por el interés que han mostrado en esta investigación.

También dar las gracias, a todos mis amigos “colivencs”, que a pesar de la distancia, siempre están ahí, ya sea en Onil o fuera de él, siempre están abiertos a pasar buenos momentos y en buena compañía.

Por último, mencionar a todos los compañeros de batallas deportivas, de esos grandes momentos y experiencias inolvidables que nos brinda el deporte y que tanto nos permiten desconectar del día a día. Todos ellos, siempre dispuestos a entrenar, competir y a disfrutar de este privilegio de la vida junto a mí: a los orientadores, a los triatletas, a los nadadores, a los raiders y a todos los que han compartido estas experiencias conmigo y lo seguirán haciendo, un abrazo.

PUBLICACIONES Y DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS

Parte del trabajo realizado para la Tesis Doctoral que aquí se presenta, ha sido aceptado para su publicación en una revista científica internacional de impacto. Este artículo será publicado durante los meses de Junio-Julio. Del mismo modo, fruto de esta investigación fue una ponencia defendida recientemente en un congreso internacional. Ambas aportaciones se resumen a continuación.

Artículos aceptados para publicar en revistas científicas internacionales (*JCR*):

- Guzmán, J., **Esteve, H.**, Pablos, C., Blasco, C., Pablos, A. and Villegas, J.A. (2011). DHA rich fish oil improves complex reaction time in female elite soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine (JSSM)*. Artículo aceptado, pendiente de publicación en Junio-Julio de 2011.

Comunicación presentada en forma de ponencia en el *VI CONGRESO INTERNACIONAL DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CIENCIAS DEL DEPORTE*, celebrado en Elche del 5 al 8 de Octubre de 2010:

- **Esteve, H.**, Guzmán, J., Pablos, C., Pablos, A. and Blasco, C. (2010). Los ácidos grasos Omega 3 aumentan la eficacia de reacción compleja de futbolistas femeninas de élite.

Además, parte del desarrollo de esta investigación se ha realizado gracias a la subvención, concedida por el Consell Valencià de l'Esport (CVE), para estudios e investigaciones en Ciencias del Deporte, durante el curso académico 2008-2009:

- Nombre del proyecto: Ingesta de Ácidos Grasos Poliinsaturados en mujeres deportistas. (Ref. BL08-162). De esta subvención se pudo obtener parte del material necesario para llevar a cabo este estudio, así como una beca de colaboración, que facilitó la ejecución de este trabajo durante el doctorado.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 LOS ÁCIDOS GRASOS	7
1.2.1 Ácidos grasos saturados	11
1.2.2 Ácidos grasos insaturados	11
1.2.3 Los Ácidos Grasos Poliinsaturados	12
1.2.4 Omega-3 vs Omega-6.....	16
1.3 LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3	21
1.4 EL ÁCIDO DOCOSAHEXAENOICO (DHA).....	25
1.4.1 Mecanismos de actuación del DHA.....	27
1.4.2 Beneficios de la utilización del DHA	31
1.4.3 Inconvenientes del DHA	38
1.5 ÁCIDOS GRASOS, DHA, ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE	40
1.5.1 Ácidos Grasos durante el ejercicio físico.....	42
1.5.2 Omega 3 en la práctica deportiva	43
1.5.3 Mecanismos de actuación de los Omega 3 en el E. Físico ...	45
1.5.4 El DHA en el deporte.....	50
1.5.5 Tiempo de Reacción y DHA	51
1.5.6 DHA y Bienestar Psicológico.....	58
1.5.7 DHA en la población femenina	61
CAPÍTULO II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	65
2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	67
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO.....	68

2.3	HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.....	69
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		71
3.1	MUESTRA.....	73
3.2	PROCEDIMIENTO	76
3.2.1	Obtención del consentimiento	77
3.2.2	Criterios de selección y exclusión	77
3.2.3	Protocolo experimental.....	78
3.3	MATERIAL E INSTRUMENTAL.....	80
3.3.1	Agilidad: <i>Test de Agilidad de Illinois</i>	80
3.3.2	Tiempo de Reacción Selectivo Complejo: prueba: " <i>Tiempo de Reacciones Múltiples</i> ".....	83
3.3.3	Estado de ánimo: <i>POMS (Profile of mood states)</i>	87
3.3.4	Bienestar psicológico: <i>PGWB (Psychological General Well-Being Index)</i>	93
3.4	DISEÑO Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	96
3.4.1	Variables independientes	96
3.4.2	Variables dependientes	96
3.4.3	Variables extrañas.....	96
CAPÍTULO IV. RESULTADOS		101
4.1	AGILIDAD.....	102
4.2	TIEMPO DE REACCIÓN SELECTIVO COMPLEJO	104
4.2.1	Tiempo medio de reacción general (TMRG).....	105
4.2.2	Tiempo medio de reacción aciertos (TMRA)	108
4.2.3	Precisión.....	112
4.2.4	Índice de eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC) .	114
4.3	ESTADO DE ÁNIMO (POMS)	119

4.4 BIENESTAR PSICOLÓGICO (PGWB).....	132
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	143
5.1 DISCUSIÓN.....	145
5.2 CONCLUSIONES	163
CAPÍTULO VI. ANEXOS	165
1. Anexo 1 (consentimiento).....	167
2. Anexo 2 (POMS)	168
3. Anexo 3 (Índice de Bienestar Psicológico General)	169
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA	171

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Numeración de los átomos de carbono de un AG.	8
- Figura 2. Distribución de las familias de A.G según su saturación.	10
- Figura 3. Familias de ácidos grasos omega-9, omega-6 y omega-3.	13
- Figura 4. Tabla de los AG esenciales según Dupont, 1999.	14
- Figura 5. Concentración de los AG en los tejidos.	19
- Figura 6. Metabolismo de los AG Omega-3 y Omega-6.	22
- Figura 7. DHA utilizado en la investigación.	25
- Figura 8. Procesos pro-inflamatorios.	30
- Figura 9. Participantes de los dos equipos de la muestra.	75
- Figura 10. Esquema del procedimiento del estudio.	78
- Figura 11. Test de Agilidad de Illinois.	80
- Figura 12. Test de Illinois y sistema de fotocélulas.	82
- Figura 13. Sistema computarizado Commodore 1084 utilizado.	85

- Figura 14. <i>Ejemplo de la recogida de datos en “Tiempo de reacciones múltiples”.</i>	85
- Figura 15. <i>Cuestionario POMS utilizado.</i>	89
- Figura 16. <i>Perfil Iceberg.</i>	90
- Figura 17. <i>Perfil Iceberg Invertido.</i>	91
- Figura 18. <i>Cuestionario PGWB utilizado.</i>	93
- Figura 19. <i>Gráficos de la variable Agilidad.</i>	104
- Figura 20. <i>Gráficos de la variable TMRG.</i>	108
- Figura 21. <i>Gráficos de la variable TMRA.</i>	111
- Figura 22. <i>Gráficos de la variable Precisión.</i>	114
- Figura 23. <i>Gráfico del Índice de eficacia (IERSC) según tratamiento.</i>	118
- Figura 24. <i>Gráfico del Índice de eficacia (IERSC) según equipo.</i>	119
- Figura 25. <i>Gráficos de la variable Estado de Ánimo (EA).</i>	122
- Figura 26. <i>Gráficos del perfil del EA según tratamiento.</i>	129
- Figura 27. <i>Gráfico conjunto del perfil del EA según equipo.</i>	130
- Figura 28. <i>Gráficos por separado del perfil del EA según equipo.</i>	131
- Figura 29. <i>Gráficos de la variable Bienestar Psicológico (BP).</i>	135

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. <i>Muestra en su totalidad.</i>	73
- Tabla 2. <i>Participantes del Equipo 1 (Levante U.D.).</i>	74
- Tabla 3. <i>Participantes del Equipo 2 (Valencia C.F.).</i>	74
- Tabla 4. <i>Participantes del Grupo Control.</i>	75
- Tabla 5. <i>Participantes del Grupo Experimental.</i>	75
- Tabla 6. <i>Estadísticos descriptivos de la Agilidad.</i>	102

- Tabla 7. <i>Contrastes multivariados de la Agilidad.</i>	103
- Tabla 8. <i>Estadísticos descriptivos del TMRG.</i>	105
- Tabla 9. <i>Contrastes univariados del TMRG.</i>	106
- Tabla 10. <i>Comparación por pares del TMRG.</i>	106
- Tabla 11. <i>Estadísticos descriptivos del TMRA.</i>	109
- Tabla 12. <i>Contrastes univariados del TMRA.</i>	110
- Tabla 13. <i>Comparación por pares TMRA.</i>	110
- Tabla 14. <i>Estadísticos descriptivos de la Precisión.</i>	112
- Tabla 15. <i>Contrastes univariados de la Precisión.</i>	113
- Tabla 16. <i>Estadísticos descriptivos del IERSC.</i>	115
- Tabla 17. <i>Contrastes univariados del IERSC.</i>	116
- Tabla 18. <i>Comparación por pares del IERSC.</i>	116
- Tabla 19. <i>Comparación por pares del IERSC según Equipo.</i>	117
- Tabla 20. <i>Estadísticos descriptivos del Estado de Ánimo.</i>	120
- Tabla 21. <i>Contrastes intra-sujetos del Estado de Ánimo.</i>	121
- Tabla 22. <i>Efectos inter-sujetos del Estado de Ánimo.</i>	121
- Tabla 23. <i>Estadísticos descriptivos por dimensiones del POMS.</i>	123
- Tabla 24. <i>Contrastes intra-sujetos por dimensiones del POMS.</i>	127
- Tabla 25. <i>Comparación por pares de la Fatiga según Equipo.</i>	128
- Tabla 26. <i>Estadísticos descriptivos del Bienestar Psicológico.</i>	133
- Tabla 27. <i>Contrastes intra-sujetos del Bienestar Psicológico.</i>	133
- Tabla 28. <i>Efectos inter-sujetos del Bienestar Psicológico.</i>	134
- Tabla 29. <i>Estadísticos descriptivos por dimensiones del PGWB.</i>	136
- Tabla 30. <i>Contrastes intra-sujetos por dimensiones del PGWB.</i>	140
- Tabla 31. <i>Efectos inter-sujetos por dimensiones del PGWB.</i>	141

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- AG *Ácido Graso*
- ALA o LNA *Ácido α -linoleico*
- ARA o AA *Ácido Araquidónico*
- COOH *Grupo carboxilo*
- COX *Ciclooxigenasas*
- DAG *Diacilgliceroles*
- DHA *Ácido Docosahexaenoico*
- DHGLA *Ácido dihomo- ω -linoleico*
- DPA *Ácido docosapentaenoico*
- EPA *Ácido Eicosapentaenoico*
- GLA *Ácido γ -linoleico*
- HDL *Lipoproteína de alta densidad*
- LA *Ácido Linoleico*
- LDL *Lipoproteína de baja densidad*
- LNA *Ácido alfa linoléico*
- NH₂ *Grupo funcional amino*
- n-3 *Omega 3*
- ω -3 *Omega 3*
- OH *Grupo hidroxilo*
- OL *Ácido Oleico*
- PC *Fosfatidilcolina*
- PE *Fosfatidiletanolamina*
- PG *Prostaglandina*

- PGWB..... *Psychological General Well-Being Index*
- PKC *Proteína quinasa C*
- POMS *Profile of mood states*
- PPARs *Receptores activados por proliferadores de peroxisomas*
- PUFA's..... *AG poliinsaturados (Polyunsaturated fatty acids)*
- RXR *Receptor X retinoide*

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

El estilo de vida de las sociedades actuales, cada vez más avanzadas e industrializadas, puede estar provocando un deterioro en la salud de las personas. La abundante tecnología existente hoy en día en muchos ámbitos de la vida facilita importantes actividades del ser humano (como la investigación y el desarrollo). No obstante, muchas veces este avance de la humanidad (en gran parte representado por la comodidad, facilidades, automatización, etc.) conlleva cambios en los hábitos y actividades de la vida diaria que acaban convirtiéndose en sedentarismo, incorrecta alimentación, sobrepeso, hipertensión, colesterol, depresión, aislamiento social, etc., cambios que impiden llevar un estilo de vida saludable. Para contrarrestar estos inconvenientes y el desequilibrio de vivir en una sociedad avanzada y desarrollada, cada vez está cobrando más importancia el conjunto de métodos, actividades, sistemas o formas de actuación que ayudan a mantener un nivel óptimo de salud en las personas.

Dado que las causas de este desequilibrio son variadas, las aproximaciones a su solución también pretenden ser multifactoriales. Una dieta equilibrada y la suplementación alimentaria, junto con un correcto y eficaz ejercicio físico que active a las personas, se presentan como un buen método combinado para combatir y acabar con alguna de las principales lacras que afectan a la salud en las sociedades informatizadas e industrializadas, y poder así, conseguir unos hábitos saludables y una mejor calidad de vida.

Hoy en día, la suplementación a base de extractos o derivados de alimentos naturales que nos aportan los nutrientes básicos y necesarios para el cuerpo humano (fundamentalmente vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, hidratos de carbono y proteínas), es ya muy variada y eficaz. En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones con el fin de comprobar qué sustancias pueden ayudar, sobre qué organismos o sistemas pueden ayudar, y si es rentable su utilización. La variedad es muy amplia. Y de hecho, en las sociedades ricas prácticamente ya no existe carencia que no se

pueda complementar. No obstante, hay que seguir investigando en este aspecto para encontrar nuevas ayudas nutricionales, para mejorar las existentes y para demostrar los numerosos efectos beneficiosos que estas ayudas pueden tener en la salud de las personas, ya sean deportistas, niños, tercera edad, mujeres, enfermos, lesionados, o cualquier otro grupo de población.

Dentro de la larga lista de ayudas nutricionales y suplementación existente, ha cobrado cierta importancia y está siendo protagonista en los tiempos actuales, la ingesta de Ácidos Grasos Poli-insaturados (Polyunsaturated fatty acids, PUFAs), incorporada al grupo de suplementos que tiene por objetivo ayudar y evitar carencias del organismo tanto en personas sanas para mantener unos niveles de salud óptimos, como para los deportistas en fases de duro entrenamiento, durante los periodos competitivos, los tratamientos de lesiones, etc. En este sentido, cabe recordar que de forma tradicional, la suplementación deportiva se ha relacionado con la provisión de energía, la recuperación muscular o las deficiencias inmunológicas, entre otros, por lo que principalmente se ha prestado atención a los hidratos de carbono, las proteínas, o las vitaminas, etc. No obstante, debido a los importantes efectos que los ácidos grasos poliinsaturados producen en el bienestar y la salud de la personas, recientemente estos AG, y más en concreto los Omega-3, han entrado en la suplementación deportiva desde diferentes ópticas.

Concretamente, si nos ceñimos al tema que aquí nos preocupa, la nutrición (y por ende, la suplementación) aplicada a la mejora del rendimiento deportivo, se hace necesario resaltar la importancia del DHA (ácido docosahexaenoico), que con 22 carbonos y 6 dobles enlaces, es un ejemplo extremo de ácido graso poli-insaturado (PUFA) Omega-3. En los últimos años hemos asistido a la popularización del DHA, concretamente a su genérico Omega 3, por su adhesión artificial a muchos alimentos básicos (huevos, galletas, cereales, carnes y productos lácteos en general) con el fin de hacer llegar a la mayor parte de la población los beneficios de este nutriente. Se trata de un Ácido Graso (AG) esencial y necesario para el organismo humano,

pudiéndose encontrar en alimentos como los pescados, moluscos, crustáceos y algas (Castro-González, 2002).

Además de cumplir su función nutritiva, se ha demostrado que el DHA también produce importantes y abundantes efectos beneficiosos para la salud de las personas, incluso está relacionado con la mejora de un gran número de patologías y enfermedades (Stillwell and Wassall, 2003). Y lo que es más, que tiene numerosos beneficios psicológicos, aumentando el vigor y disminuyendo los estados de ánimo negativos (Fontani, Corradeschi, Felici, Alfatti, Migliorini, and Lodi, 2005).

Ante el auge y la comercialización de este tipo de suplemento, parece necesario profundizar en cuáles de sus características pueden hacerlo más interesante para la mejora del rendimiento deportivo, sobre qué mecanismos actúa, y, en caso de ser realmente un potenciador del rendimiento, sobre qué poblaciones y deportes puede producir las mayores ganancias. Igualmente es necesario conocer aspectos metodológicos como: en qué dosis suplementar, en qué momentos de la periodización deportiva, durante cuánto tiempo, etc. La revisión de la bibliografía muestra que aún existen muchas lagunas científicas en torno a su uso y en la mayoría de los aspectos citados anteriormente, al menos en lo referente a su aplicación al ámbito de la mejora del rendimiento, probablemente debido a lo reciente de este auge comercial.

Con esa intención se ha llevado a cabo esta investigación: con el propósito de dar un primer paso en el conocimiento sobre las aportaciones de este tipo de suplementos; así como para hacer una llamada de atención sobre la necesidad de profundizar en la difusión de sus efectos. De esta forma se decidieron varios objetivos generales. Por un lado, se revisaron y comprobaron algunos de los importantes beneficios que puede tener este ácido graso DHA para el organismo, sistema cardiovascular, estado de ánimo, etc., los cuales, están siendo demostrados científicamente en las últimas décadas. Por otro lado, se quiso buscar y demostrar algunos de los posibles beneficios que este AG puede tener en las personas sanas y activas, e incluso ver qué puede

aportar este AG al deporte de élite, puesto que parece ser que el DHA puede tener efectos beneficiosos sobre los deportistas, tanto sobre su salud como sobre algunos factores del rendimiento. De cumplirse esta premisa, el DHA podría ser considerado un suplemento o ayuda ergogénica.

El tema principal se planteó por la creciente importancia observada de los Omega-3, y en concreto se eligió el ácido docosahexaenoico (DHA), por los numerosos y significativos efectos que se están demostrando de este AG en el organismo, debidos a su presencia o no en la dieta. A partir de aquí, se aplicó al deporte por su posible efecto ergogénico, y para relacionar los importantes beneficios del DHA con actividades y disciplinas en los que este AG pudiera favorecer algunos procesos, debido a su forma de intervenir y actuar en el organismo, y por tanto, poder así obtener unos resultados significativos. A su vez, se empleó una muestra femenina, en primer lugar, debido a las escasas investigaciones que relacionaban a la mujer con los temas planteados, y en segundo lugar, porque se pensó que las propias características físicas, hormonales y emocionales de la población femenina, podían ser un hecho facilitador para que el DHA produjera unos efectos mayores que en poblaciones masculinas.

Seguidamente se exponen y explican detalladamente todos y cada uno de los contenidos que englobaron la investigación realizada. Inicialmente, se explicará tendidamente todo lo relacionado con los AG (composición, clasificación, funciones, etc.) hasta llegar al DHA. Una vez centrados en el DHA se hablará de los principales efectos de este AG, así como sus formas de actuar. Finalmente, se expondrá la relación del DHA con los objetivos que se plantearon.

1.2 LOS ÁCIDOS GRASOS

Es necesario exponer unas nociones básicas de la terminología empleada. En primer lugar, es importante mencionar que las grasas y los lípidos aportan alrededor del 34% de la energía de la dieta humana (Vidal, 2007). A diferencia de los hidratos de carbono que se presentan en forma de grandes polímeros, los lípidos son pequeñas moléculas, y constituyen un grupo heterogéneo de compuestos caracterizados por su insolubilidad en el agua, pudiendo clasificarse en 6 grupos principales:

- Ácidos grasos: cadenas de hidrocarburo largas con un grupo carboxílico, en los extremos de la cadena.
- Triglicéridos: ésteres (compuestos orgánicos) neutros de glicerol y ácidos grasos.
- Fosfolípidos: ésteres iónicos de glicerol, ácidos grasos y ácido fosfórico.
- Lípidos sin glicerol: esfingolípidos (lípidos de membrana derivados del alcohol esfingosina, un aminoalcohol insaturado de 18 carbonos), acoholes, ceras, terpenos (componentes de la resina) y esteroides.
- Lípidos combinados con otros compuestos: glucolípidos y glucoproteínas.
- Lípidos sintéticos.

Igualmente, se debe mencionar también que los distintos nutrientes presentes en los alimentos pueden ser divididos en dos categorías: esenciales y no esenciales. Un nutriente esencial es aquel que siendo necesario para el normal desarrollo y funcionamiento corporal, no puede ser sintetizado por nuestro organismo (entre ellos vitaminas, oligoelementos y minerales), por tanto, deben ser aportados por la dieta. En cambio, los compuestos no esenciales, si bien también son necesarios, son sintetizados por nuestro organismo a partir de otros compuestos, no siendo necesarios ingerirlos con la

dieta. Algunos lípidos son nutrientes esenciales, por lo que será imprescindible su ingesta a través de la dieta.

Villegas (2007), atribuye a los lípidos unas funciones básicas que pueden ser resumidas en cuatro: función de reserva (reserva energética), función estructural (forman las bicapas lipídicas de las membranas), función biocatalizadora (facilitan reacciones químicas) y función transportadora. Además, también sirven como vehículo para ingerir vitaminas liposolubles como la A, D y E.

Centrándonos en los Ácidos Grasos (<http://www.ehu.es/biomoleculas/cibert.htm>) es importante decir que son unos ácidos orgánicos de cadena larga que poseen generalmente hasta 24 átomos de carbono (entre 12 y 24), tienen un solo grupo carboxilo, y una cadena hidrocarbonada apolar que les ofrece su naturaleza de insolubles en el agua (Lehninger, 1988). Casi todos los AG poseen un número par de átomos de carbono; ello se debe a que su síntesis biológica tiene lugar mediante la adición sucesiva de unidades de dos átomos de carbono. Los más abundantes son los que poseen 16 y 18 átomos de carbono.

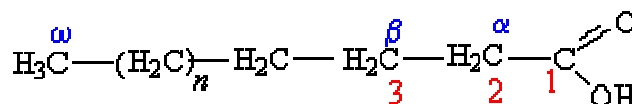


Figura 1. Numeración de los átomos de carbono de un ácido graso (<http://www.ehu.es/biomoleculas/lipidos/lipid31.htm>).

Respecto a sus propiedades químicas, la coexistencia de un grupo carboxilo y una cadena hidrocarbonada en la misma molécula, los convierte en moléculas débilmente anfipáticas (el grupo COOH es hidrofílico y la cadena hidrocarbonada es hidrofóbica). Este carácter anfipático es tanto mayor cuanto menor es la longitud de la cadena hidrocarbonada; es decir, su solubilidad en agua decrece a medida que aumenta la longitud de la cadena. El grupo carboxílico de la molécula convierte al ácido graso en un ácido débil (con un pK_a en torno a 4,8). También presenta las reacciones químicas propias del grupo

COOH: esterificación con grupos OH alcohólicos, formación de enlaces amida con grupos NH₂, formación de sales (jabones), etc. El grupo COOH es capaz de formar puentes de hidrógeno, de forma que los puntos de fusión de los ácidos grasos son mayores que los de los hidrocarburos correspondientes.

Los AG se agrupan en distintas familias: ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Los distintos ácidos grasos se diferencian según cuatro características principales: número de átomos de carbono de la molécula; número de enlaces dobles que contienen; posición de los enlaces dobles en la molécula; configuración de la molécula entorno a los distintos enlaces dobles.

Además, los AG pueden tener desde 2 hasta 24 o 26 átomos de carbono, y pueden clasificarse según la longitud o tamaño de la molécula: de cadena larga, cuando poseen 12 o más átomos de carbono; de cadena media, cuando poseen de 8 a 12 átomos de carbono; y de cadena corta, cuando poseen menos de 8 átomos de carbono. La mayor parte de AG presentes en los alimentos posee de 12 a 22 átomos de carbono, si bien ciertos alimentos como la leche o el aceite de coco, contienen ácidos grasos de cadena corta.

En cuanto a su nomenclatura abreviada, resulta un sistema muy útil para identificar los ácidos grasos. Consiste en una C, seguida de dos números, separados por dos puntos. El primer número indica la longitud de la cadena hidrocarbonada, mientras que el segundo indica el número de dobles enlaces que contiene.

Con independencia de la longitud de su cadena molecular, los AG se diferencian entre sí por el número de átomos de hidrógeno que contienen. Los ácidos grasos saturados contienen el máximo número posible de átomos de hidrógeno, los monoinsaturados dos menos de los posibles, los poliinsaturados cuatro, seis, ocho o más átomos de hidrógeno menos de los posibles, en función del número de dobles enlaces. Ello quiere decir que la cadena hidrocarbonada puede hallarse completamente saturada, es decir, contener

únicamente enlaces simples (C-C) o poseer insaturaciones, dobles enlaces, en cantidad de uno o más.

En la mayoría de los AG insaturados, el doble enlace se encuentra entre los átomos 9 y 10. Si existen más dobles enlaces, aparecen normalmente entre el doble enlace 9 y el grupo metilo terminal. Si el AG contiene más de un doble enlace, éstos no se hallarán nunca conjugados (-CH=CH-CH=CH-) sino que se encontrarán separados por un grupo metileno (-CH=CH-CH₂-CH=CH-).

Generalmente, los ácidos grasos saturados son sintetizados en nuestro organismo y presentan algunas características que los hacen poco recomendables cuando sobrepasan una proporción determinada en la dieta. Frente a ellos, los ácidos grasos insaturados presentan diferentes características físicas, químicas y biológicas, que los diferencian claramente de los ácidos grasos saturados (Vidal, 2007). Como señala este mismo autor (Vidal, 2007), los AG poliinsaturados son compuestos esenciales. Por su carácter esencial se hace necesario y recomendable su presencia y aportación en la dieta de las personas; y en caso de ausencia, se producirán retardos de crecimiento y otras alteraciones. En la figura 2 podemos apreciar las diferentes familias de Ácidos Grasos en función de este nivel de saturación.

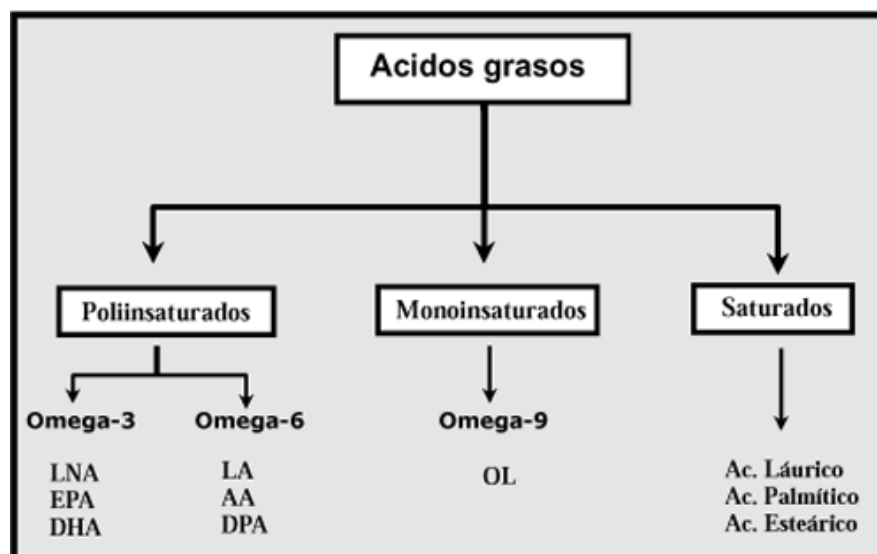


Figura 2. Distribución de las familias de ácidos grasos según su saturación (Extraído de Valenzuela and Nieto, 2001).

1.2.1- LOS ÁCIDOS GRASOS SATURADOS.

Los AG saturados (<http://www.ehu.es/biomoleculas/cibert.htm>), muy poco reactivos desde el punto de vista químico, contienen normalmente un número par de átomos de carbono. Los más abundantes son el palmítico (hexadecanoico, o C16:0) y el esteárico (octadecanoico, o C18:0). Cuando tienen menos de 10 átomos de C son líquidos a temperatura ambiente y parcialmente solubles en agua. A partir de 12 C, son sólidos y prácticamente insolubles en agua. En estado sólido, los AG saturados adoptan la conformación alternada todo-anti, que da un máximo de simetría al cristal, por lo que los puntos de fusión son elevados. El punto de fusión aumenta con la longitud de la cadena, siendo los siguientes: **Ácido mirístico** (C14:0), **ácido palmítico** (C16:0), **ácido esteárico** (C18:0) y **ácido lignocérico** (C24:0).

Los lípidos ricos en ácidos grasos saturados constituyen las grasas. Conviene en este punto hacer una aclaración entre los términos lípidos, grasas y aceites, pues tanto los aceites como las grasas son lípidos. Grasas son aquellos lípidos que son sólidos a temperatura ambiente, mientras que aceites son aquellos lípidos que son líquidos a temperatura ambiente.

1.2.2- LOS ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS.

Con mucha frecuencia, aparecen insaturaciones en los AG, mayoritariamente en forma de dobles enlaces, aunque se han encontrado algunos con triples enlaces. Cuando hay varios dobles enlaces en la misma cadena, estos no aparecen conjugados (alternados), sino cada tres átomos de carbono. En la nomenclatura abreviada se indica la longitud de la cadena y el número de dobles enlaces. La posición de los dobles enlaces se indica como un superíndice en el segundo número. Así, el **ácido oleico** (9-octadecenoico) se representa como C18:1⁹, y el **linoleico** (9,12-octadecadienoico) como C18:2^{9,12}, y el **linolénico** (9, 12,15-octadecatrienoico) como C18:3^{9,12,15}.

Sobre estos mismos AG insaturados, cuando únicamente existe una insaturación en la cadena se les llama ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico C18:1⁹), que también puede recibir la nomenclatura de Omega-9. En el caso de que exista más de una insaturación, serían ácidos grasos poliinsaturados (linoleico C18:2^{9,12}, y linolénico C18:3^{9,12,15}), que del mismo modo, también pueden recibir el nombre de Omega-6 y Omega-3.

1.2.3- LOS ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS.

Los ácidos grasos poliinsaturados (Polyunsaturated fatty acids, PUFAs), tienen la característica de ser AG de cadena larga que contienen en su estructura dos o más dobles enlaces. Estos, han ido cobrando mucha importancia para la salud de las personas en los últimos años y se han convertido en un elemento fundamental para una correcta y equilibrada dieta. Son muchos estudios y proyectos de los últimos años los que tienen como objetivo demostrar los numerosos beneficios que estos ácidos grasos pueden aportar al ser humano. Se han ido clarificando sus funciones biológicas así como sus capacidades preventivas y paliativas de diversas patologías y enfermedades (Simopoulos, 1991; Gill and Valivety, 1997).

Entre estos ácidos grasos poli-insaturados (PUFA) encontramos la familia Omega 6 y la Omega 3. Los términos omega (ω) ω -3 y ω -6 hacen referencia a la distancia entre el último carbono de la cadena, el ω , y el carbono más cercano a éste que forma parte de un doble enlace. Así, un ácido graso ω -3 tendría el último doble enlace a tres átomos de carbono de distancia del carbono ω , un ω -6 lo tendría a seis carbonos y, finalmente, un ω -9 lo tendría a nueve carbonos de distancia. De forma habitual se utilizarán indistintamente los términos “Omega”, “n” y “ ω ” poseyendo todos los mismos significados.

Los ω -6 se encuentran representados principalmente por el AG **linoleico** (LA) y derivados suyos como el **γ -linoleico** (GLA), el **dihomo- ω -linoleico** (DHGLA) y el **araquidónico** (AA o ARA). Los ω -3 están compuestos por el **α -linolénico** (ALA) y sus derivados, principalmente el ácido **eicosapentaenoico**

(EPA), el **docosapentaenoico** (DPA) y el **docosahexaenoico** (DHA). A continuación (figura 3) se presenta una clasificación de los ácidos grasos insaturados más importantes en función de la nomenclatura omega y su comparación con un AG saturado (A. Esteárico).

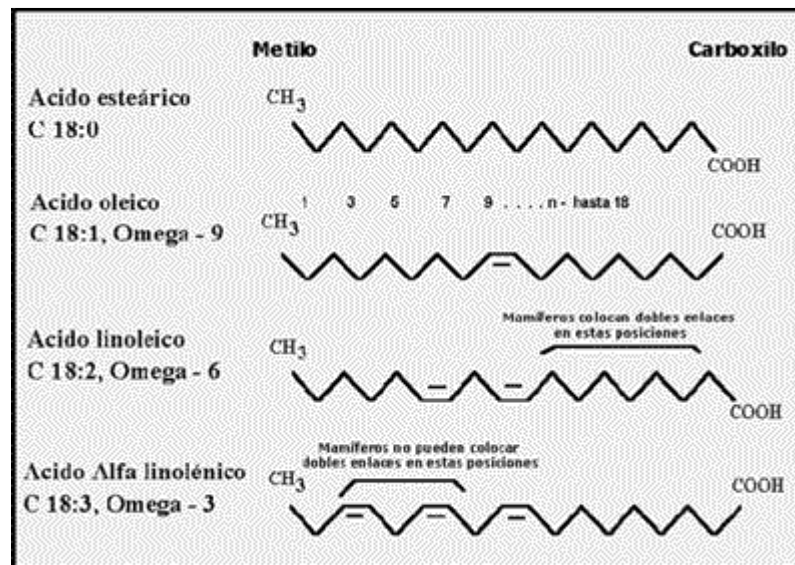


Figura 3. Familias de ácidos grasos omega-9, omega-6 y omega-3, y su nomenclatura, comparados con el AG saturado A. Esteárico. (Extraído de Valenzuela y Nieto, 2003).

Los PUFAs están en una amplísima variedad de seres vivos, tanto del reino animal como del reino vegetal. No obstante, la mayor parte se encuentran sobre todo en los microorganismos (algas, hongos y bacterias) y también en los insectos. Son estos últimos 4 grupos los que poseen las baterías de desaturasas y elongasas requeridas para la producción *de novo* de todos estos ácidos (Gill and Valivety, 1997; Yongmanitchai and Ward, 1991; Ratledge, 1993). En cuanto a los PUFAs que se encuentran en el pescado, hay que decir que los peces acumulan estos Omega-6 y Omega-3 a partir del plancton marino (Villegas, 2007).

Las plantas superiores pocas veces contienen AG de cadena superior a 18 carbonos debido a la falta de enzimas necesarias para producirlos. De la misma forma, los animales superiores no pueden sintetizar AG de longitudes mayores a 18 carbonos. Por esta razón no son capaces de sintetizar *de novo* LA, ALA o PUFAs de mayor longitud. Sin embargo, una vez obtenidos, sí son

capaces de transformarlos en otros PUFAs (Grammatikos, Subbaiah, Victor and Miller, 1994).

A pesar de que el organismo humano puede sintetizar los ácidos grasos de la familia Omega-9, sin embargo, no puede sintetizar los de la familia Omega-6 u Omega-3 (Villegas, 2007). Algunos de estos ácidos grasos poliinsaturados (linoleico, linolénico y araquidónico), al no poder ser sintetizados por los animales superiores y puesto que su función biológica es fundamental, deben ser suministrados en la dieta, a través de fuentes tales como los anteriormente mencionados microorganismos o plantas. Por este motivo reciben el nombre de **ácidos grasos esenciales** (figura 4). Una vez sintetizados, los encontramos formando parte de aceites y lípidos de membrana como glicéridos, glicolípidos, fosfolípidos, sulfolípidos o lipoproteínas donde desempeñan funciones estructurales y funcionales (Gill and Valivet, 1997).

NOMENCLATURA DE LOS ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Fórmula
<i>Familia Ω-6:</i>			
Linoleico	Cis-9,12, -octadecadienoico (LA)	18:2 Ω-6	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
γ - linolénico	Cis-6,9,12 -octadecatrienoico	18:3 Ω-6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Dihomoglinolénico	Cis-8,11,14 -eicosatrienoico	20:3 Ω-6	C ₂₀ H ₃₄ O ₂
Araquidónico (AA)	Cis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	20:4 Ω-6	C ₂₀ H ₃₂ O ₂
Adrénico	Cis-7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4 Ω-6	C ₂₂ H ₃₆ O ₂
Osmond	Cis-4,7,10,13,16-docosapentaenoico	22:5 Ω-6	C ₂₂ H ₃₄ O ₂
<i>Familia Ω-3:</i>			
α-linolénico	Cis-9,12,15-octadecatrienoico (ALA)	18:3 Ω-3	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Estearidónico	Cis-6,9,12,15-octadecatetraenoico	18:4 Ω-3	C ₁₈ H ₂₈ O ₂
Timnodónico	Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA)	20:5 Ω-3	C ₂₀ H ₃₀ O ₂
Clupanodónico	Cis-7,10,13,16,19-docosapentaenoico (DPA)	22:5 Ω-3	C ₂₂ H ₃₄ O ₂
Cervónico	Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA)	22:6 Ω-3	C ₂₂ H ₃₂ O ₂

Figura 4. Tabla de los ácidos grasos esenciales según Dupont, 1999 (extraído de García-Castro, 2002).

Los PUFAs están involucrados en numerosos procesos biológicos. Zapata (2005) en su Tesis Doctoral sobre DHA, realiza una amplia revisión donde expone algunos de estos procesos tan importantes citados por autores especializados. En primer lugar, los PUFAs son componentes especiales tanto

de las membranas celulares como de las organulares, donde se encuentran formando parte de los fosfolípidos en la posición sn-2. Son importantes para la regulación de la arquitectura y dinámica de estas membranas y también para el control de muchos procesos asociados. Regulan proteínas de membrana tales como la ATPasa, proteínas de transporte y complejos de histocompatibilidad y modulan las interacciones con componentes extracelulares como las proteínas de unión a AG. También son capaces de regular la expresión de ciertos genes, incluyendo la ácido sintasa, la óxido nítrico sintasa, los canales de sodio o la colesterol-7- α hidrolasa con la que afectan a diversos procesos que incluyen biosíntesis de AG, la inducción del cáncer y la regulación del colesterol. Además de esto los PUFAs desarrollan importantes funciones sobre la expresión genética en cuatro familias de factores de transcripción.

También tienen un impacto importante en actividades bioquímicas de las células tales como los procesos de transporte y los procesos estímulo-respuesta celulares. Se encuentran implicados en procesos fisiológicos que incluyen el metabolismo lipídico, las respuestas inmunes, la adaptación al frío y cumplen un papel en ciertas condiciones patológicas tales como la carcinogénesis y sobretodo en enfermedades cardiovasculares (Baillie, Jump and Clarke, 1996; Clarke, 2000; Clarke, 2001; Clarke, Baillie, Jump, and Nakamura, 1997; Clarke and Jump, 1996; Gill and Valivet, 1997; Grammatikos et al. 1994; Jump, 2002; Jump, Clarke, Thelen, Liimatta, Ren and Badin, 1996; Jump and Clarke, 1999; Jump, Clarke, Thelen, Liimatta, Ren and Badin, 1997; Suchner and Senftleben, 1994).

Otra y muy importante función de los PUFAs es la provisión de una serie de precursores para la conversión en metabolitos que regulan funciones biológicas críticas: los eicosanoides (moléculas de constitución lipídica) y las prostaglandinas. La ingestión relativa y absoluta de PUFAs puede tener consecuencias fundamentales para la biosíntesis eicosanoide y también para las funciones celulares y tisulares en el organismo (Gill and Valivet, 1997).

Así pues, aunque durante los últimos 20 años se ha puesto de manifiesto que los PUFAs actúan como precursores de una gran variedad de metabolitos con diferentes funciones fisiológicas, todavía se están empezando a conocer muchas de estas funciones, su impacto en las enfermedades y las consecuencias de sus modificaciones en la dieta (Zapata, 2005). Lo que sí que está claro es que son nutrientes críticos para el organismo (Gill and Valivet, 1997; Gill and Valivet, 1997b).

1.2.4- OMEGA 3 VS OMEGA 6.

Antes de centrarnos específicamente en los ácidos grasos Omega 3, hace falta detenerse para explicar algunas cuestiones relativas a importantes diferencias entre los AG Omega-3 y los Omega 6. Empezando por la obtención de los mismos a través de la dieta, los Omega-6 los encontramos sobretodo en el aceite de soja, aceite de girasol y aceite de maíz; el principal ω -6, el ácido araquidónico (AA o ARA) lo encontramos en la proteína animal, fundamentalmente en carnes rojas grasas y carne de vísceras (Sears, 2002). Los Omega-3, por ejemplo el alfa-linolénico (ALA) lo obtenemos de plantas silvestres, caracoles, nueces, higos y huevos. Otros Omega 3 como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), los podemos obtener principalmente del pescado, también de huevos, animales de caza, caracoles, y del ácido oleico procedente del aceite de oliva (Arterburn, Hall and Oken, 2006; Villegas, 2007).

El principal problema entre los Omega-6 y Omega-3, es el desequilibrio que se produce entre ambos AG en las dietas de muchas zonas del planeta, a favor de los Omega-6. Según expone Villegas (2007), algunas poblaciones tienen más o menos un equilibrio entre estos dos AG, como la dieta cretense (auténtica dieta mediterránea) que tiene una razón de Omega-6/Omega-3 de 1,5:1, y la japonesa de 4:1. En cambio, la actual dieta de los Estados Unidos tiene una razón de 16:1, y el Reino unido y Europa del norte de 15:1.

Respecto a la obtención de estos PUFAs a través de la dieta, hay que tener en cuenta también, que la relación de Omega-6/Omega-3 de muchos alimentos provenientes de animales, va a variar mucho según el pasto o pienso de los mismos (Villegas, 2007). Por ejemplo, la carne de vacas alimentadas con pastos tiene una razón Omega-6/Omega-3 de 2,5:1; sin embargo, si son alimentadas con granos, esta relación puede llegar a 20:1. Lo mismo pasa con los huevos. La proporción de grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas, también va a variar dependiendo de la alimentación de los animales, siendo siempre mejor si la crianza y alimentación se hace con productos naturales, al aire libre y de forma semisalvaje.

En este aspecto, Villegas (2007), aclara que con un consumo mayor de AG Omega-6 con respecto a los Omega-3, se disparan las prostaglandinas y eicosanoides (sustancias que derivan de los AG insaturados) de las series 2 y 4 (frente a las 3 y 5 que son las que derivan de los Omega-3) cuya acción es mucho más pro inflamatoria, existiendo un alto riesgo de padecer enfermedades de componente inflamatorio crónico.

Expresado de otra forma, Sears (2002), dice que todos los eicosanoides “malos” derivan del ácido graso Omega-6 de cadena larga ácido araquidónico (AA). Y sigue diciendo este investigador que el aumento de producción de eicosanoides “buenos” requiere la presencia de los Omega 3, como el ácido eicosapentaenoico (EPA), que se encuentra en el aceite de pescado, porque frenan la producción de AA. Para Sears (2002) el único “fármaco” que te puede proporcionar el equilibrio apropiado de eicosanoides, sin efectos secundarios, es seguir unas recomendaciones dietéticas para conseguir un equilibrio entre los dos AG. Entre los efectos que producen los eicosanoides “buenos” (derivados del Omega-3), Sears (2002) destaca: previenen coágulos, causan dilatación de los vasos sanguíneos, reducen el dolor, disminuyen la proliferación celular anormal, mejoran el sistema inmunitario y mejoran la función cerebral. Por el contrario, los eicosanoides derivados de los Omega-6 causan los efectos contrarios: coágulos, constricción, favorecen el dolor, entre otros.

Hay que saber en este sentido, que incentivando en la dieta los contenidos de Omega-3 y disminuyendo la presencia de los Omega-6, regresaríamos al equilibrio inicial entre estas dos familias de ácidos grasos que era propio de la alimentación originaria de nuestra especie, cuando estaba muy ligada al mar, y donde se consumían más nutrientes naturales ricos en ω -3.

De gran importancia es también, como bien explican muchos investigadores, entre ellos Villegas (2007), el hecho de que la membrana celular (de todas las células de nuestro organismo) está compuesta por una capa de lípidos complejos (fosfolípidos), la cual es sensible a la dieta, y cuando ingerimos AG insaturados estos se convierten en el principal AG del fosfolípido. Esta membrana celular es responsable del transporte de unas sustancias de un lado al otro para que la célula ejerza eficazmente sus funciones. Uno de los aspectos más importantes relativo a la ingesta de estos AG se refiere a la situación de “competencia” entre ciertos omega 3 y omega 6 en la formación de estos lípidos de membrana.

En este aspecto, según Arterburn et al. (2006), DHA, EPA y ALA, así como el ácido omega-6 ácido araquidónico (ARA o AA), compiten por la posición sn-2 de los fosfolípidos de membrana. De estos, el DHA es el más abundante en las membranas y está presente en todos los órganos, es también el más variable entre los órganos y es particularmente abundante en el tejido nervioso, como el cerebro y la retina. En comparación, el ARA, también es relativamente abundante en la mayoría de los tejidos, pero tiene una distribución distinta de la de DHA (figura 5).

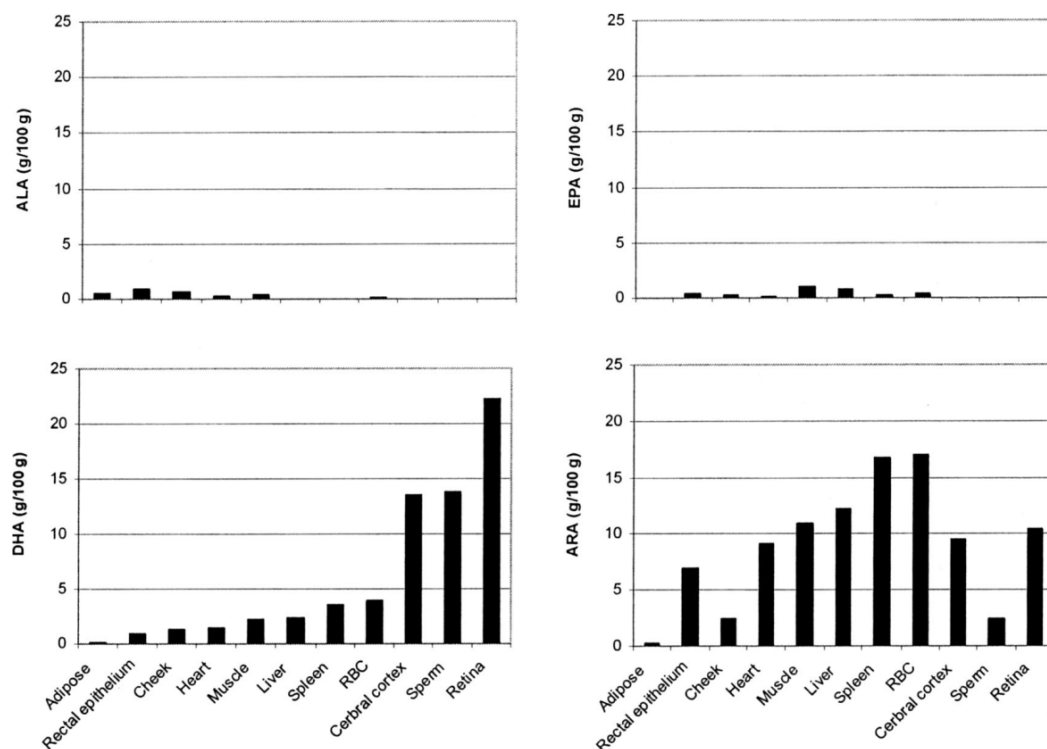


Figura 5. Concentraciones de ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos totales) en los tejidos de los adultos de los Estados Unidos, Canadá, Australia, o Europa. Extraído de Arterburn et al. (2006).

Es necesario resaltar que será en los tejidos en los que coinciden el DHA y el ARA donde existirá mayor competencia de almacenamiento. Por tanto, una suplementación con Omega 3, combinando DHA y EPA, reducirá la concentración de ARA (Arterburn et al., 2006). Así como al utilizar simplemente DHA, reducirá las concentraciones de ARA en los fosfolípidos del plasma, sin embargo, esta respuesta del ARA es más variable dependiendo de los estudios que lo citan (Arterburn et al., 2006). Todo esto permitirá por tanto, competir con los efectos nocivos que produce una excesiva cantidad de ARA.

Hay que hacer un inciso aquí para explicar también lo que son las grasas *trans*, que aunque provienen de los Omega-6, pueden ser mucho más perjudiciales para las personas que las grasas saturadas. Las grasas *trans* no son naturales, sino que las producen artificialmente los fabricante de alimentos. Son AG Omega 6 esenciales que han sido transformados por un proceso industrial (hidrogenación o según la etiqueta de estos productos, aceite

“parcialmente hidrogenado”) para prevenir la oxidación del alimento. Las grasas *trans* las encontramos en la margarina y en otros aceites parcialmente hidrogenados utilizados para un gran número de productos artificiales tipo snack (Sears, 2002). Uno de los principales efectos nocivos para el organismo de estas grasas *trans*, es su prevención en la formación de ácidos grasos esenciales, produciendo de esta forma, una inhibición de la síntesis de los eicosanoides. Esta podría ser la razón de que este tipo de grasa esté tan relacionada con el desarrollo de enfermedades cardiacas.

Para poder regresar al equilibrio original de la especie humana, donde existía un mayor equilibrio alimentario, con menos grasas saturadas, sin existencia de grasas *trans*, con una buena relación entre Omega-6/Omega-3 y con un aporte muy variado de otros nutrientes, algunos investigadores proponen varias soluciones. Por una parte está la vertiente de regresar a una dieta Paleolítica (Sears, 2002) o lo que también llaman solución Paleolítica (Villegas, 2007), la cual consistiría en un retorno a las costumbres de nuestros antepasados, consumiendo alimentos únicamente provenientes de la caza o productos naturales. No obstante, en la sociedad actual sería muy difícil por no decir imposible seguir este tipo de dieta. La otra solución más viable sería por un lado, aprovechar los productos actuales ecológicos y naturales, utilizar la tecnología para incorporar algunos nutrientes como los Omega-3 a los alimentos, aumentar el consumo de pescado, y evitar en lo posible las grasas saturadas y las grasas *trans*, todo ello combinado con proporciones equilibradas del resto de nutrientes (hidratos de carbono, proteínas, vitaminas, etc.).

1.3 LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3

Los AG Omega-3, en especial el EPA y el DHA, son conocidos tanto por el gran número de actividades biológicas en los que están involucrados como por su participación como componentes especiales de las membranas de un gran número de tipos celulares de los organismos. Son el componente principal de los aceites de pescado, que aportan muchos beneficios a la salud humana cuando se incluyen en la dieta.

La síntesis de los ácidos grasos Omega-3 (Figura 6) empieza por el **Ácido alfa linolénico (ALA, C18:3)**, pasa al **Ácido esteradónico (C18:4)**, este se sintetiza a **Ácido eicosatetraenoico (C20:4)**, hasta llegar finalmente al **Ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5)** y al **Ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6)**. No obstante, esta síntesis no es nada fácil, el paso del ALA a EPA se ve dificultado por ser el ALA un inhibidor de la enzima delta 6-desaturasa. Esta acción inhibidora hace que sea mucho más difícil la formación de EPA (Sears, 2002).

La situación es aún más compleja cuando el EPA debe ser metabolizado para producir el DHA. El EPA debe alargarse dos veces más y después volver a convertirse, por la enzima delta 6-desaturasa, en el precursor propiamente dicho del DHA, que después debe volverse a acortar mediante enzimas peroxisomales para volver a convertirse en DHA. Además, el DHA actúa como propio regulador autónomo de la inhibición de la enzima delta 6-desaturasa, lo que reduce aún más el flujo de conversión de ALA en EPA y en DHA (Sears, 2002).

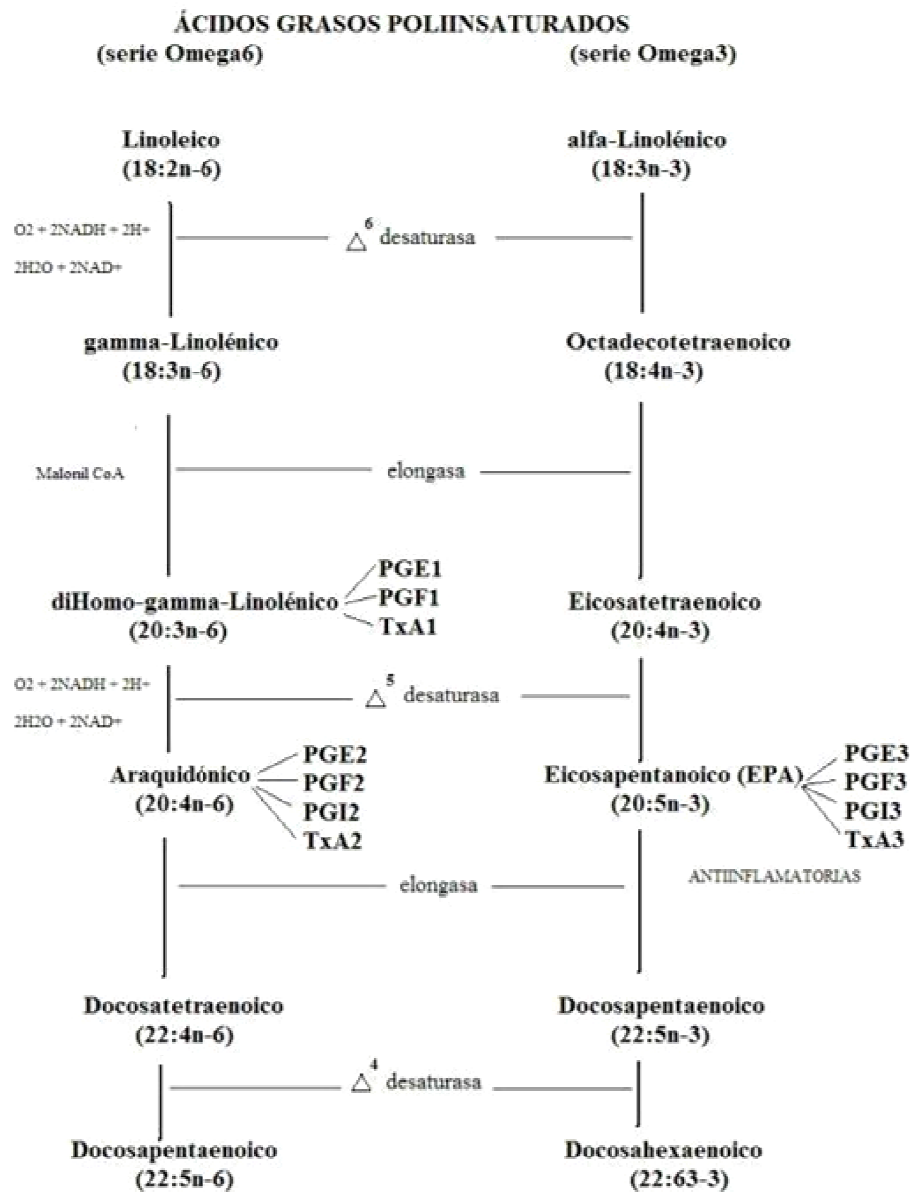


Figura 6. Metabolismo de los ácidos grasos de la serie Omega-3 y Omega-6. Izquierda, transformación del ácido linoleico (AL-Omega 6) en AA. Derecha, del ácido alfa linolénico (ALA-Omega 3) a DHA (Extraído de Hornyhch, Oravec, Girault, Forette and Horrobin, 2002).

DHA y EPA son parcialmente interconvertibles el uno con el otro, primero el DHA es biosintetizado a partir del EPA en los organismos, es decir, es un derivado del EPA a través de su elongación y desaturación (Gill and Valivet, 1997; Qiu, 2003). Pero en caso de ausencia de EPA, el DHA puede ser

retroconvertido parcialmente en EPA (Conquer and Holub, 1997; Hansen, Grimsgaard, Nilsen, Nordoy and Bonnaa, 1998).

Por tanto, una importante conclusión sobre estos procesos, sería que en el ser humano está limitado el paso de ácido alfa-linolénico (ALA) a EPA (D-6-desaturasa), de modo que tomar ALA conlleva sólo un pequeño incremento de EPA y ninguno de DHA (Arterburn et al., 2006; Galli and Calder, 2009; Saldanha, Salem, and Brenna, 2009; Sanders, 2009; Villegas et al., 2005). Lo que hace mucho más importante la necesidad de suministrar DHA a través de la dieta para que este AG cumpla sus funciones en los tejidos donde es un nutriente imprescindible.

Tanto el DHA como el EPA, son ácidos grasos con importantes beneficios para el organismo humano, no obstante a pesar de que hace unos años el EPA era el principal Omega-3 utilizado en las investigaciones, hoy en día, la ciencia se está centrando más en estudiar y utilizar el DHA, o una combinación del mismo con EPA. Las principales razones son como se ha visto anteriormente, que a pesar de que el DHA es el AG Omega 3 más común de los tejidos del organismo (Arterburn et al., 2006), a su vez es el AG esencial más difícil de conseguir y de sintetizar. Y debido a que tiene un destacado papel en muchos tejidos (entre ellos, el adiposo, el sistema inmunológico, el sistema nervioso y la retina), su presencia o no en la dieta produce diversos efectos altamente beneficiosos que lo han convertido en un AG muy interesante para la investigación.

Hay muchas enfermedades que están relacionadas con las alteraciones en las propiedades de las membranas celulares: por ejemplo, la esquizofrenia es una alteración del neurodesarrollo que provoca la disfunción en los neurotransmisores. El tratamiento de esta enfermedad con AG Omega-3 mejora los síntomas (Villegas, 2007). Este beneficio de los Omega-3 y otros que se han visto anteriormente, muestran la importancia de la presencia de estos AG en la dieta.

Por otra parte, volviendo a los efectos generales de los AG Omega-3, también hay estudios clínicos que han divulgado que el funcionamiento cognitivo mejora con estos AG, y diversos mecanismos se han propuesto para explicar este efecto, como el incremento en el hipotálamo de los niveles de acetilcolina, los efectos antiinflamatorios de los Omega-3, el menor riesgo de enfermedad cardiovascular o la creciente neuroplasticidad (Fontani et al., 2005). En base a estos mecanismos se han divulgado los efectos positivos del Omega-3 sobre la demencia, la esquizofrenia y otras enfermedades del sistema nervioso central. La descripción de los efectos en la depresión, aunque son discutibles, han llegado a la conclusión de que el Omega-3 puede afectar no solo a funciones cognitivas, también al humor y a los estados emocionales, y puede actuar como estabilizador del humor. En base a los anteriores datos, de los PUFAs, los Omega-3 parecen ser cruciales en la inducción de los efectos beneficiosos en algunas enfermedades neurológicas y además en el síndrome de la fatiga crónica. El DHA y el EPA parecen ser necesarios para demostrar estos efectos.

Otra de las hipótesis más aceptadas hoy en día de los Omega-3, además de su competencia con los Omega-6 y su consiguiente efecto antiinflamatorio, es que los ácidos grasos de tipo Omega-3 reducen los niveles de triglicéridos y del VLDL (Las lipoproteínas de muy baja densidad) inhibiendo la síntesis de triglicéridos a nivel del hígado (Azra, 2005; Vidal, 2007; Weber, 1999; Weber and Raederstorff, 2000).

Dado su importante papel en muchos procesos de regulación funcional relacionados con la salud, parece importante detenerse con más profundidad en este Ácido Docosahexaenoico (DHA) y en sus principales aportaciones.

1.4 EL ÁCIDO DOCOSAHEXAENOICO (DHA)

Como se ha introducido en apartados anteriores, el ácido docosahexaenoico (DHA), con 22 carbonos y 6 dobles enlaces, es un ejemplo extremo de ácido graso poli-insaturado (PUFA) Omega-3, con fuertes implicaciones médicas. Su presencia dietética se ha ligado positivamente a la prevención de numerosas afecciones humanas, incluyendo el cáncer y las enfermedades cardíacas (Stillwell and Wassall, 2003); y su enorme potencial se puede apreciar en lo importante que es para muchas funciones del organismo. De hecho, todos los beneficios que se le atribuyen se aprecian tanto usando el DHA como complemento alimenticio, o al usarlo como agente terapéutico (Zapata, 2005).



Figura 7. DHA de la casa Brudy Technology © y placebo que se utilizó.

El DHA es el AG de cadena más larga y el más insaturado que se encuentra en los sistemas biológicos. A través de estudios dietéticos, este AG ha sido relacionado con una enorme variedad de patologías humanas que incluyen el ya mencionado cáncer, enfermedades coronarias, artritis reumatoide, asma, lupus, alcoholismo, agudeza visual, enfermedades del riñón, enfermedades respiratorias, desórdenes peroxisomales, dermatitis, psoriasis, fibrosis cística o esquizofrenia, depresión, incorrecto desarrollo neurológico y cerebral, malaria, esclerosis múltiple e incluso migrañas (Horrocks and Yeo, 1999; Qiu, 2003). Queda claro, por tanto, que el DHA es un AG esencial para el correcto funcionamiento humano.

En cuanto a la localización de este AG esencial, hay que recordar que, a pesar de que se encuentra en numerosos tejidos del organismo humano, su presencia en los mismos es limitada, razón por la que asegurar su consumo puede ser tan importante para el bienestar de las personas y para muchos otros procesos del organismo. En la revisión de Stiwell y Wassall (2003), estos autores indican que en los mamíferos el DHA se encuentra en altas concentraciones solo en algunos tejidos como el nervioso, (Breckenridge, Gombos and Morgan, 1972), el esperma (Neil and Masters, 1973) y en el segmento externo del bastoncillo de la retina (Wiegand and Anderson, 1983). En esta misma revisión, los autores exponen que el DHA se incorpora rápidamente en los fosfolípidos de la membrana plasmática (Zerouga, Stiwell, Stone, Powner, Dumaul and Jencki, 1996) y en la mitocondria (Stiwell, Jencki, Crump and Ehringer, 1997; Tahin, Blum and Carafoli, 1981). En el caso de las membranas, el DHA afecta a su funcionamiento y estructura, influyendo sobre aspectos como la fluidez, la compresibilidad elástica, el transporte de proteínas y las interacciones con el colesterol.

Aunque profundizaremos algo más en este punto, entre las particularidades de este PUFA, hay que destacar que las ya altas cantidades de DHA en estas membranas no aumentan con la dieta, es decir, parece que la dependencia de la dieta en estos tejidos donde el DHA es abundante, es mínima. Es más, una vez incorporado, las moléculas de DHA son tenazmente retenidas incluso a expensas de otros AG (Salem, 1986). La función principal que cumple el DHA en estos tejidos no se conoce todavía con precisión. Por el contrario, en muchos otros tejidos la concentración de DHA se encuentra por debajo del 5% molar del total de cadenas de acilo fosfolípídicas. Y es en estos tejidos donde el incremento de DHA en la dieta permite el aumento de la concentración de DHA de 2 a 10 veces. Por esta razón se cree que es en estos tejidos sensibles a la entrada de AG a través de la dieta donde se producen la mayor parte de los beneficios que se le atribuyen al DHA (Robinson, Xu, Knoell, Tateno and Olesiak, 1993; Salem, 1986; VanMeter, Ehringer, Stillwell, Blumenthal, and Jencki, 1994). En ellos el DHA se encuentra principalmente en

la posición sn-2 estando en la posición sn-1 de la cadena ocupada por ácidos grasos saturados (palmítico o esteárico) (Stiwell and Wassall, 2003).

1.4.1- MECANISMOS DE ACTUACIÓN DEL DHA.

Se cree que el DHA es capaz de actuar mediante diferentes mecanismos los cuales, además, no son mutuamente excluyentes entre sí, por lo que en algunos momentos podrían actuar varios de ellos al mismo tiempo. Todo esto dificulta su esclarecimiento. También es posible que no se conozcan todas las formas a través de la cuales actúa el DHA. Zapata (2005) clasifica los mecanismos principales a través de los cuales el DHA actúa sobre el organismo en tres: efectos sobre las membranas celulares; precursor de eicosanoides y otros segundos mensajeros; y finalmente, efectos sobre el genoma.

Efectos del DHA en las membranas celulares.

El DHA modifica muchas de las propiedades físicas de las membranas afectando a la composición y funcionalidad de las mismas y a las proteínas de membrana que se encuentran en ellas. Este AG actúa a nivel celular incorporándose a los fosfolípidos de las membranas plasmáticas y de las mitocondrias de forma muy rápida (sobre todo en las primeras dos horas). Sin embargo, se ha observado que no se distribuye por igual entre todas las clases de fosfolípidos. Se incorpora prioritariamente a la fosfatidiletanolamina (PE) y después a la fosfatidilcolina (PC). Las estimaciones indican que una molécula recién llegada de DHA tiene una afinidad 5.7 veces mayor por una PE que por una PC en células leucémicas T27A. La fosfatidiletanolamina parece ser, pues, el principal reservorio para el DHA en muchas membranas. Está demostrado que los fosfolípidos DHA-PE se acumulan preferentemente en la monocapa interna, rica en PE, de las membranas. En los eritrocitos, los ácidos grasos ω -3, incluyendo el DHA, se acumulan en los fosfolípidos de etanolamina (PE) y serina (PS) de la monocapa interna de la membrana celular. Basándose en todas estas evidencias se ha propuesto que los fosfolípidos con DHA se distribuirían en las membranas de forma heterogénea, lo cual implica la

existencia de dominios ricos y pobres en este ácido graso. La razón por la que la naturaleza emplea un ácido graso tan costoso de producir (debido a sus seis dobles enlaces), tan susceptible a la oxidación y que además se distribuye de forma desigual entre los fosfolípidos de las membranas celulares es desconocida. Pero todo parece indicar que el DHA debe cumplir un papel especial en dichas membranas (Zapata, 2005). Por ejemplo, y al contrario que otras células, los eritrocitos no pueden sintetizar fosfolípidos *de novo*, por lo que sólo pueden intercambiar sus fosfolípidos de membrana con los fosfolípidos de las lipoproteínas plasmáticas. De ahí la importancia de la disponibilidad de estos ácidos grasos (Honrych et al., 2002).

Precursor de eicosanoides y otros segundos mensajeros.

Siguiendo con la clasificación de Zapata (2005), el segundo mecanismo por el cual el DHA afectaría a las células es al actuar como sustrato para la producción de segundos mensajeros que a su vez actuarían como señalizadores intracelulares.

Las señales intracelulares, tales como los diacilgliceroles (DAG), el inositol fosfato y las ceramidas se producen a partir de fosfolípidos de membrana en respuesta a un estímulo determinado. Los tipos y cantidades de ácidos grasos incorporados a las membranas plasmáticas vienen determinados en gran cantidad por la ingestión dietética y regulan la fluidez de la membrana y la habilidad de los receptores para moverse dentro de ella (Alexander, 1998). Los ácidos grasos que componen estos fosfolípidos, actúan ellos mismos como segundos mensajeros en el citoplasma, influyendo sobretodo en la formación de Proteína quinasa C (PKC) y de DAG (Arrington, Chapkin, Switzer, Morris, and McMurray, 2001) en los flujos de calcio y, en las vías que controlan la formación de citocinas y otras proteínas celulares que pueden verse involucradas tanto en procesos de inflamación como de desarrollo celular, crecimiento y diferenciación (Alexander, 1998). La habilidad de las fosfolipasas para generar estos segundos mensajeros se ve modificada por la composición de los fosfolípidos de las

membranas celulares que le sirven de sustrato (Calder, 2003; Miles and Calder, 1998).

Otro grupo de mediadores muy importantes, los eicosanoides, son generados a partir de ácidos grasos liberados de los fosfolípidos de membrana. La capacidad para producir estos mediadores se encuentra fuertemente influenciada por la composición de ácidos grasos de los fosfolípidos de la membrana (Calder, 2003).

Los ácidos poliinsaturados Omega-3 provenientes de la dieta influyen en la producción de los eicosanoides de diferentes formas:

- Por competición entre los Omega-6 y los Omega-3 por la regulación de desaturasas y oxigenasas que posibilitan su síntesis. Tanto EPA como DHA son potentes inhibidores competitivos de las lipooxigenasas y las ciclooxigenasas (Figura 8). Esto explica la potencia de los aceites de pescado a la hora de inhibir la producción de eicosanoides Omega-6 al mismo tiempo que se incrementa la producción de metabolitos Omega-3.
- Por competición de ambas clases de PUFAs por su introducción en los lípidos de membrana donde podrán actuar como componentes estructurales y como fuente de segundos mensajeros. Un consumo aumentado de PUFAS Omega-3 de cadena larga hace aumentar el nivel de estos en los fosfolípidos de membrana y descender los niveles de AA. En consecuencia, las COX y las lipoxigenasas no tienen tanto AA como sustrato disponible para la síntesis de eicosanoides inflamatorios.
- Por regulación de las fosfolipasas A2 y C. Como los sustratos Omega-3 compiten por las mismas enzimas que el AA también compiten por sus fosfolipasas.

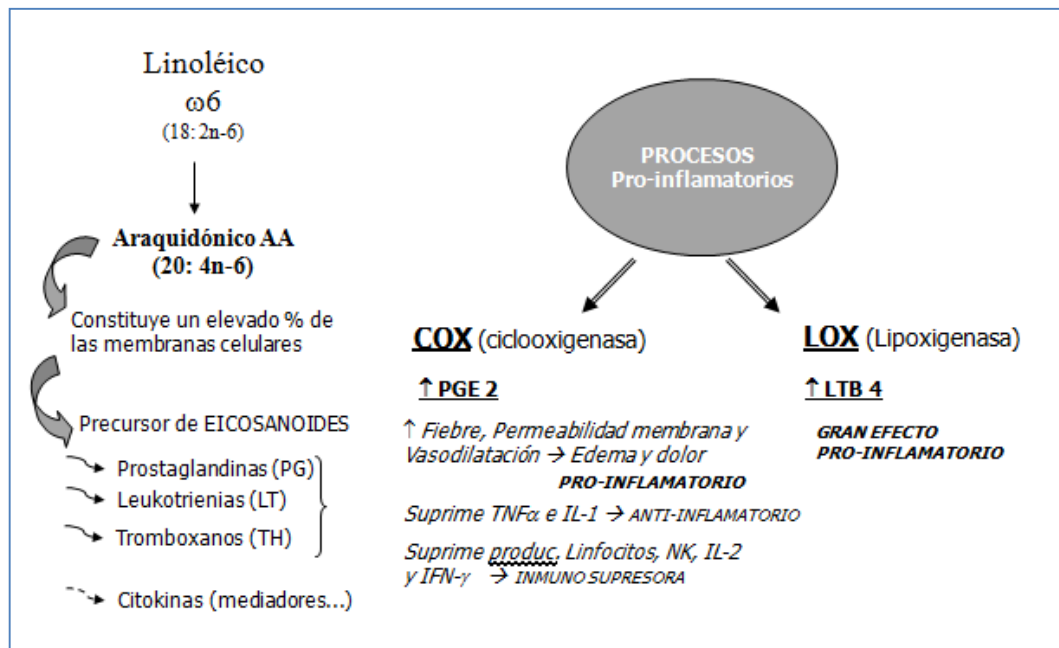


Figura 8. El AG Araquidónico (Omega-6) activa los ciclos pro-inflamatorios COX y LOX con la intención de desencadenar mecanismos “inflamatorios” inicialmente protectores y curativos. El consumo de DHA incide en la reducción de su efecto pro-inflamatorio disminuyendo la síntesis de Prostaglandinas y Leukotrienias inflamatorias (PGE₂, TXA₂, LTB₄ entre otros) que le sigue (Extraído de Blasco, 2006).

Como el ácido araquidónico (AA o ARA) es el PUFA más abundante en el hombre, los eicosanoides derivados de estos ácidos normalmente predominan en los tejidos humanos. Se sabe que los eicosanoides Omega-3 suelen tener menos (a menudo entre 10 y 100 veces menos) potencia biológica para inducir respuestas celulares que aquellos derivados del ácido araquidónico. Suelen ser agonistas débiles o, lo cual es más frecuente, fuertes antagonistas de los potentes metabolitos Omega-6, y sus niveles relativos e interacciones con estos compuestos determinan la función homeostática (Arrington, et al. 2001). De esta forma se justifica la afirmación de Sears (2002) sobre la existencia de eicosanoides buenos y malos. Los eicosanoides derivados de AA generalmente tienen efectos proinflamatorios. En cambio los eicosanoides provenientes de PUFAS Omega-3 tienen efectos antiinflamatorios.

Efectos del DHA sobre el genoma.

Por último, el DHA también está implicado en algunos efectos que se producen sobre el genoma. Como explica Zapata (2005), existen numerosos ejemplos de estudios en los que se demuestran regulaciones del genoma realizadas por el DHA. Algunos miembros de la superfamilia esteroide/tiroide de receptores nucleares son regulados por ácidos grasos o sus metabolitos. Además, los PUFAs ejercen sus efectos en el metabolismo lipídico y la termogénesis regulando la proteína-3 mitocondrial e induciendo la expresión de genes que codifican para proteínas implicadas en la oxidación de ácidos grasos al mismo tiempo que inhiben la expresión de genes que codifican para la síntesis de lípidos.

En cuanto al sistema inmune, los PUFAs son ligandos naturales de los PPARs (Los receptores activados por proliferadores de peroxisomas), los cuales se encuentran expresados en células inflamatorias. Los PPARs actúan a través de la heterodimerización con RXR (receptor X retinoide) como factores de transcripción y activan la subsiguiente regulación de la expresión génica.

También se ha demostrado que los PUFAs ω -3 son capaces de inhibir la expresión del gen Factor Nuclear κ Beta (NF κ B), el cual es un factor de transcripción involucrado en la inducción de numerosos genes inflamatorios tales como la COX-2, la molécula de adhesión intercelular 1 (ICAM-1), VCAM-1, Eselectina, TNF- α , IL-1 β , IL-6, óxido nítrico sintasa, proteínas de fase aguda y Metaloproteinasas (MMP) en respuesta a estímulos inflamatorios (Extraído de Zapata, 2005).

1.4.2- BENEFICIOS DE LA UTILIZACIÓN DEL DHA.

Debido a la importancia científica que está adquiriendo la utilización del DHA y a los numerosos estudios que se están llevando a cabo en los últimos años, asistimos a la aparición de numerosos beneficios del DHA relacionados con la salud; y desde diferentes ámbitos. Sin embargo, también es cierto que

muchos de los resultados derivados de estas investigaciones han llegado a ser contradictorios en algunas ocasiones, o que algunas veces no se sabe cierto porqué se han producido beneficios al utilizar DHA. Además, existe un gran número de patologías en las que está demostrado que el uso del DHA es beneficioso, pero sin saber exactamente el efecto que se ha producido en el organismo. Así pues, y aunque las dudas sobre estos efectos se van aclarando con el paso de los años, y los estudios son cada vez son rigurosos y más fiables, se aconseja seguir realizando investigaciones con este AG, así como seguir revisando lo que vaya siendo publicado.

A continuación se citan algunos de sus efectos más conocidos y demostrados científicamente.

1.4.2.1- El DHA como complemento alimenticio.

En primer lugar, utilizando DHA como complemento alimenticio, se pueden lograr ciertos beneficios. Como se ha mencionado anteriormente, antiguamente, los humanos consumían dietas ricas en ácidos Omega-3 y bajas en AG saturados, la proporción entre Omega-6 y Omega-3 estaba 1:1. Sin embargo, hoy en día se consumen dietas ricas en carnes de animales de granja con mucha menor cantidad de Omega-3, y por tanto los coeficientes que se dan hoy en día sobre todo en los países occidentales son muy diferentes, por ejemplo en EEUU actualmente se considera que la relación es mucho mayor de 10:1 a favor de los Omega-6 lo cual está provocando una deficiencia en AG Omega-3 muy grande en la población. Las consecuencias son un desequilibrio en la producción de eicosanoides, mayor exposición a diversas enfermedades tales como la artritis (Okuyama, 1997) y sobre todo aumenta el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares al aumentar el colesterol LDL en sangre.

Basándose en estas evidencias, la sociedad Japonesa de Nutrición Lipídica recomienda que el coeficiente entre AG Omega-6 y Omega-3 sea menor que 4:1 para adultos sanos y menor de 2:1 para la prevención de

enfermedades crónicas en la vejez. De la misma forma la Organización Mundial de la Salud recomienda una relación de AG. Omega-6 y Omega-3 de entre 3:1 y 4:1 (FAO/WHO. 1993). En todo caso lo importante es que exista un equilibrio correcto entre los dos Omegas y que no haya un exceso de AG saturados y de Omega 6 (Sears, 2002).

Por otro lado, el DHA es un ácido de mucha importancia para el correcto desarrollo neuronal y visual de los mamíferos así como del mantenimiento de la función retinal y neural en la etapa adulta (Horrocks and Yeo, 1999; Neuringer, Anderson and Connor, 1988; Jeffrey, Weisinger, Neuringer and Mitchell, 2001; Neuringer and Connor, 1986; Salem et al. 2001). El ácido docosahexaenoico se encuentra en altas concentraciones en la retina, la cual posee un eficiente mecanismo de conservación y reciclado del mismo.

Diversos estudios en animales y humanos han demostrado que la adición de DHA en la dieta mejora notablemente la capacidad visual de los sujetos (Anderson, Connor and Corliss, 1990). Además se observa un incremento del desarrollo visual en niños alimentados con suplementos de DHA frente a niños que carecían de estos suplementos (Makrides, Simmer, Goggin and Gibson, 1993). Incluso una reducción del nivel de DHA en la retina se puede asociar con una función retinal alterada (Jeffrey et al. 2001). Estos efectos del DHA sobre la visión, sugieren que este AG puede producir importantes efectos en procesos y actividades (especialmente en tareas y deportes visomotores) en los que la capacidad visual tenga un papel protagonista para la realización de las mismas.

Respecto al sistema nervioso, varios estudios también demuestran que el DHA es esencial para el correcto desarrollo de este sistema (Horrocks and Yeo, 1999; Neuringer, 2000; Salem et al. 2001). Prácticamente todas las células que componen el organismo de los mamíferos contienen DHA pero en el sistema nervioso su contenido es más alto (Connor, Neuringer, and Lin, 1990). El DHA es absorbido en este tejido con preferencia a otros AG. El recambio de DHA en el cerebro es muy rápido y, sin embargo, en caso de descenso en la entrada de DHA a través de la dieta, este es tenazmente retenido (Salem et al. 2001).

Existe también una etapa crítica del desarrollo en la que el DHA debe estar presente. Esto se ha demostrado mediante autopsias realizadas a infantes vegetarianos alimentados con dietas bajas en ácidos grasos Omega-3 (Horrocks and Yeo, 1999). Numerosos estudios realizados con niños nacidos prematuramente y no prematuros sometidos a dietas pobres y ricas en DHA o alimentos con leche materna llevaron a la conclusión de que los niños prematuros alimentados con leche materna o con una dieta suplementado con DHA, alcanzaban posteriormente coeficientes de inteligencia medios más altos que aquellos niños que habían recibido una alimentación deficiente en DHA (Gibson, Neumann and Makrides, 1996; Horrocks and Yeo, 1999).

Puesto que el DHA ha de encontrarse disponible durante el desarrollo temprano infantil, el niño debe recibir las cantidades necesarias del mismo. El lactante obtiene el DHA mediante la madre, la cual se provee a sí misma a través de la dieta, y dependiendo de la composición de esta dieta, el lactante recibirá más o menos AG omega-3 esenciales para su desarrollo neuronal y visual (Sauerwald, Demmelair and Koletzko, 2001). Se han encontrado correlaciones significativas entre los contenidos de DHA del plasma materno así como de la leche materna y el contenido de DHA en el plasma del niño. Los análisis de contenido en DHA de la leche materna se correlacionan bastante bien con la ingestión de DHA en la dieta de la madre: se encuentran niveles bajos de DHA en poblaciones occidentales como la de EEUU (Putnam, Carlson, DeVoe and Barness, 1982) y niveles muy altos en madres que se alimentan con dietas a base de pescado marino en China (Chulei, Xiaofang, Hongseng, Xiulan, Guizheng, Gianhong, DeFrancesco and Connor, 1995). Queda claro pues, que la dieta materna es un factor muy importante y crucial en la composición de AG de la lecha materna.

Otro aspecto a tener en cuenta es la velocidad con la que la dieta influye en la composición de la leche materna, ya que varía según los diferente AG. Para el ALA los máximos se alcanzan a las 10h de su ingestión mientras que para el EPA tarda 14h en alcanzarse los niveles idénticos, y para el DHA 24h (Connor, Wander and Connor, 1998; Sauerwald et al. 2001).

Los numerosos estudios entre la relación de AG Omega-3 y la actividad del sistema nervioso central, implican principalmente situaciones patológicas. Inicialmente existían dudas sobre la posibilidad de que los ácidos grasos Omega-3 pudieran cambiar o mejorar las respuestas fisiológicas de la gente joven y sana, pues la suplementación de AG Omega-3 en estos sujetos no se ha analizado extensamente (Fontani et al. 2005). Sin embargo, en los últimos años se ha visto que esta relación de los Omega-3 y en concreto del DHA con el sistema nervioso, también se ve favorecida en personas sanas y activas, y está causando efectos favorables en tareas y actividades que precisan en su mayor parte de una rápida actividad del sistema nervioso, entre ellas estarían los deportes que requieren de mucha atención y rápidas reacciones (Fontani, Lodi, Migliorini and Corradeschi, 2009).

Una vez visto que el DHA es realmente un complemento alimenticio necesario e indispensable para el correcto desarrollo y funcionamiento del organismo, se citan a continuación algunos de los numerosos casos de patologías en las que el DHA se encuentra implicado de alguna forma, ya sea porque suple una deficiencia del mismo, o por las actividades singulares que este AG es capaz de llevar a cabo.

1.4.2.2- El DHA como agente terapéutico.

En la anterior exposición se ha puesto de relieve que el DHA es realmente un complemento alimenticio necesario e indispensable para el correcto desarrollo y funcionamiento del organismo. Además de esto, el DHA es capaz de aliviar los síntomas de un gran número de enfermedades por lo que se relaciona a muchas de ellas parcial o totalmente con deficiencias de este ácido graso. En esta segunda parte de la exposición sobre el DHA se explicarán algunas de las más destacadas (Zapata, 2005).

Los efectos que el DHA tiene en la depresión unipolar y hostilidad agresiva o incluso en el estado de ánimo, son un campo de estudio que está cobrando gran importancia en los tiempos actuales debido al importante interés

general que conlleva. Algunos de estos estudios tratan temas relacionados con la agresividad de los presos y su relación con el DHA, y otros como el bienestar y estado de ánimo (Fontani et al. 2005). Un estudio de 5 años de duración demostró que pacientes depresivos y con hostilidad agresiva sometidos a una dieta rica en pescado reducían la frecuencia de sus depresiones significativamente. Además, el porcentaje de depresión en las sociedades donde se consume grandes cantidades de pescado es más bajo (Hamazaki et al. 2000; Hamazaki et al. 2001; Horrocks et al. 1999). De estas investigaciones y otras que se están realizando con personas sanas (Fontani et al., 2009) se deduce que el DHA tiene una fuerte implicación de alguna forma en el estado de ánimo de las personas, siendo esta relación una línea de investigación muy interesante para próximos estudios.

Otro aspecto importante es la relación que guarda el DHA con las enfermedades cardiovasculares, ya que estas patologías son la principal causa de muerte en las naciones occidentales (Honrych et al., 2002; Nair, Leitch, Falconer and Garg, 1997). Los estudios epidemiológicos muestran una fuerte correlación entre el consumo de pescado y la reducción de muertes repentinas por causa de infarto de miocardio (Grimsgaard, Bonnaa, Hansen, and Myhre, 1998). El DHA junto con el EPA es el componente activo del pescado, este no solo reduce el número de triglicéridos en sangre y hace descender el riesgo de trombosis sino que también reduce la aparición de arritmias cardíacas.

Actualmente se encuentra en el mercado una serie de fármacos cuya función es reducir los triglicéridos en suero y el LDL-Colesterol (Lipoproteína de baja densidad) e incrementar las HDL-Colesterol (Lipoproteína de alta densidad) que es el que lleva las grasas de las células al hígado para eliminarlas. Sin embargo estos fármacos tienen una serie de efectos secundarios bastante importantes. Los suplementos de DHA son capaces de incrementar la relación HDL/LDL y disminuir los niveles totales de Colesterol/LDL. El DHA podría usarse en lugar de estos fármacos reduciendo así en parte los efectos secundarios (Horrocks and Yeo, 1999).

Además de estos beneficios, el DHA siendo el PUFA más potente y por tanto el AG Poliinsaturado más importante y eficaz, se encuentra implicado de alguna forma positiva en muchas enfermedades y patologías (ya mencionadas en apartados anteriores). Stillwell y Wassall (2003) en la revisión bibliográfica de su artículo "*Docosahexaenoic acid: membrane properties of a unique fatty acid*" mencionan algunas alteraciones donde el DHA está implicado favorablemente, esas son las siguientes: cáncer, problemas cardiacos, artritis reumatoide, asma, lupus, alcoholismo, acuidad (agudeza) visual, enfermedad de riñón, enfermedades respiratorias, desordenes peroxisomales, psoriasis, fibrosis cística, esquizofrenia, depresión, desarrollo neurológico y cerebral, malaria, y esclerosis múltiple.

En otra revisión un poco más reciente sobre DHA, Zapata (2005), expone otros numerosos casos de patologías relacionadas con el DHA, entre ellas están las siguientes: síndrome fetal alcohólico, desorden hiperactivo con déficit de atención, desordenes peroxisomales, fibrosis cística, fenilcetonuria, depresión unipolar y hostilidad agresiva, declive cognitivo durante la vejez, alzheimer, enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis, trombosis, cáncer, artritis reumatoide y asma.

Por último, uno de los efectos más importantes del DHA en el organismo y que en estas últimas décadas está cobrando mucha importancia, es su capacidad de producir una acción antiinflamatoria. Se conoce la posible explicación bioquímica (Villegas, et al. 2005; Villegas, 2007): alteraciones en los fosfolípidos de la membrana celular y de los precursores de PG (prostaglandinas) podrían dar lugar a la formación mayoritaria de PG inflamatorias. Hay que añadir que a los efectos sobre la cascada de mediadores inflamatorios derivados del ácido araquidónico (AA), la suplementación con Omega3 tiene efectos diferentes y suplementarios, ya que se ha comprobado que actúan sobre citoquinas pro-inflamatorias alterando la expresión de algunos genes. La acción antiinflamatoria podría deberse al antagonismo con los derivados del AA o directamente generando una señal intracelular que activaría un factor de transcripción como el factor nuclear kappa B (NFB), o a ambos

(Villegas et al., 2005). Así, por ejemplo, se le relaciona con enfermedades crónicas como el asma y con la artritis reumatoide, una de las enfermedades antiinflamatorias más extendidas en el mundo (Calder, 2002). Se ha demostrado que un incremento de los niveles de DHA y EPA en la dieta de las personas enfermas de artritis alivia el dolor en las articulaciones (Ernst, Nielsen, and Schmidt, 1994; Nakamura, Hamazaki, Kobayashi, and Yazawa, 1994). El EPA y el DHA tienen propiedades antiinflamatorias y son capaces de alterar la función de los linfocitos, macrófagos y monocitos (Ergas, Eilat, Mendlovic and Sthoeger, 2002; Faarvang, Nielsen, Hansen, Lervang, Schmidt, and Ernst, 1994; Horrocks and Yeo, 1999).

1.4.3- INCONVENIENTES DEL DHA.

Citaremos ahora algunos de los posibles efectos adversos que puede tener la utilización de DHA. Como cualquier otro suplemento alimenticio, si se abusa de la dosis y se toma de forma excesiva puede tener efectos adversos para el organismo humano. Con el DHA pasa lo mismo, más aún al ser un producto que está cobrando mucha importancia junto con todos los ω -3 de cadena larga, cosa que ha llevado a que cada vez salgan al mercado más y más productos suplementados con aceite de pescado o derivados (Zapata, 2005).

Como señala el propio Zapata (2005), una cantidad excesiva de DHA puede alterar la permeabilidad de la membrana y también algunas de las actividades enzimáticas de las células. Además, sin los antioxidantes adecuados, puede incrementarse la acumulación de peróxidos lipídicos (destrucción del lípido original llevando a una pérdida de la integridad de las membranas). Un consumo excesivo de AG Omega-3 puede causar resultados adversos en individuos sanos o en aquellos cuyo sistema inmune está deprimido. Esto ocurre porque se produce una reducción excesiva de citocinas y eicosanoides que pueden alterar la normal homeostasis o defensa contra antígenos (Wu and Meydani, 1998). Las poblaciones muestran otros efectos adversos, como una mayor incidencia hacia la tuberculosis (Comstock, Ferebee

and Hammes, 1967), infección en tracto respiratorio que se asocia con inmunidad celular debilitada (Hildes and Schaefer, 1984; Meydani Lichtenstein, Cornwall, Meydani, Goldin, Rasmussen, Dinarello and Schaefer, 1993).

Respecto al abuso de complementos más genéricos de aceite de pescado, Sears (2002), advierte que un uso excesivo de estos complementos, como en cualquier otro tipo de nutrientes, puede ocasionar unos efectos secundarios. Sin embargo, aclara Sears (2002), que a pesar de que en sus últimos años de investigaciones no registró ninguno de estos efectos, es necesario citarlos y referirse a ellos. Los resume en 7 efectos secundarios: hemorragias prolongadas, niveles más altos de colesterol LDL, depresión del sistema inmunitario, exceso de producción de ecosanoides “buenos”, niveles más altos del azúcar en la sangre en los diabéticos tipo 2, mayor incidencia de los infartos cerebrales y una reducción de los niveles de antioxidantes. Para evitar estos efectos secundarios este científico aconseja entre otras cosas, asegurarse de que se está utilizando aceite de pescado destilado, añadir pequeñas cantidades de ácido gammalinolénico (GLA) como el disponible en la avena, y asegurar la adecuada ingestión de antioxidantes consumiendo muchas frutas y verduras, y utilizando aceite de oliva extra, o tomando como complemento vitamina E.

Para finalizar este apartado cabe mencionar también que, en algunos estudios experimentales, se ha observado que los suplementos de pescado alteran la resistencia a la infección por *Salmonella* (Chang, Dulloo, Vladoianu, Piguet, Arsenijevic, Girardier and Pechère, 1992) y por *Listeria* (Fritsche, Feng and Berg, 1997; Fritsche, Shahbazian, Feng and Berg, 1997). Además, estos suplementos provocan en animales afectados por el virus *influenza* (Gripe), un retardo en la eliminación del virus, y una respuesta de anticuerpos y producción de IFN γ (Interferón gamma) retardadas (Byeleveld, Pang, Clancy and Roberts, 1999).

1.5 ÁCIDOS GRASOS, DHA, ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

En las últimas dos décadas, los avances en Medicina Deportiva, Biomecánica, Fisiología y Psicología deportiva han determinado importantes cambios en el mundo del deporte, particularmente en el deporte de alta competición. Así, se han conseguido establecer los principales determinantes del rendimiento deportivo y la forma de optimizar los estímulos que conllevan la mejor adaptación para conseguir metas y records cada vez más altos. Entre esos condicionantes se encuentra, lógicamente, una nutrición adecuada a las características del sujeto, a la actividad física que realiza y a las condiciones medioambientales en las que se desarrolla la práctica deportiva (González-Gross et al., 2001). Una adecuada alimentación constituye, entre otras cosas, una condición previa para poder efectuar un esfuerzo físico de cierta intensidad y/o duración.

La ingesta energética diaria adecuada para un deportista es la que mantiene un peso corporal adecuado para un óptimo rendimiento y maximiza los efectos del entrenamiento. Es teóricamente posible considerar unas pautas generales de incremento calórico que, en comparación con la población sedentaria, es necesario aportar en función del tipo de actividad realizada y tiempo que se dedica a realizar dicha actividad. Estas pautas resultan de poca utilidad práctica ya que la cantidad de energía consumida depende en gran medida de las características del propio deportista (edad, sexo, peso, altura, estado de nutrición y entrenamiento) y del tipo, frecuencia, intensidad y duración del ejercicio, así como de condiciones ambientales a las que se realiza dicho ejercicio (González-Gross et al., 2001)

La realización regular de ejercicio físico a una intensidad media-alta (60-70% de la capacidad aeróbica máxima o $VO_{2m\acute{a}x}$) conduce a una serie de cambios metabólicos y fisiológicos, que marcan las diferencias nutricionales con respecto a las personas sedentarias. Estos cambios están influenciados por el tipo, frecuencia, intensidad, duración del ejercicio y condiciones ambientales en

las que se realiza la práctica deportiva, además de las características propias del atleta como son edad, sexo, peso, altura, estado de nutrición y entrenamiento (Barr, 1999; Febbraio, 2001; Naghii, 2000). Es preciso tener en cuenta todos estos factores con el fin de aportar la adecuada cantidad de energía (calorías) y nutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y agua), que permitan al deportista entrenar en óptimas condiciones, obtener los mejores resultados en la competición y facilitar una pronta y eficaz recuperación tras el esfuerzo.

Respecto al total de calorías ingeridas, entre las recomendaciones más repetidas encontramos que los hidratos de carbono deben aportar un 55-60% de las mismas, las proteínas un 10-15% y las grasas un 20-25%, no superando los ácidos grasos saturados el 10% del aporte calórico total, debiendo ser el aporte calórico del ácido linoleico el 3-5% y el del ácido linolénico el 0.5-1% (Jequier, en González-Gross, 2001). Hay que destacar de los anteriores datos la importancia de las grasas que, a pesar de la mala concepción social que poseen, son necesarias para el organismo humano. Otros autores incluso la consideran, alrededor del 34% de la energía de la dieta humana (Vidal, 2007). Respecto a esto, conviene decir que en los últimos años existen numerosas tendencias dietéticas y muchas de ellas muy diferentes unas de otras.

A pesar de que está globalmente aceptado que una dieta equilibrada y adecuada es una forma de mantener un nivel de salud idóneo, en muchos lugares (zona geográfica o lugar de residencia), en algunas situaciones (entre ellas: embarazos, épocas de duro entrenamiento, enfermedades, lesiones) o condiciones (como el calor intenso, zonas húmedas y el frío extremo), el aporte energético mediante la dieta puede no ser suficiente para aportar toda la energía necesaria al organismo, es aquí donde recaudan importancia la suplementación e incluso las ayudas ergogénicas. Este tipo de medidas puede completar el aporte energético necesario de una forma fácil y sencilla.

1.5.1- ÁCIDOS GRASOS DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO.

Como queda claro en apartados anteriores, las grasas y lípidos son una parte necesaria de la alimentación humana para mantener un estilo de vida saludable. Junto a ello, los AG cumplen funciones esenciales para el rendimiento deportivo y aunque no está recomendada una dieta muy rica en grasas, fundamentalmente las saturadas, resulta preciso consumir grasas para asegurar el aporte de ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles. En cuanto a su metabolismo durante el ejercicio, junto al status hormonal y el flujo glucolítico, inversamente proporcional a la oxidación de ácidos grasos de cadena larga, el metabolismo lipídico está condicionado por varios factores como son:

- a) Tipo, duración e intensidad del ejercicio (la entrada de ácidos grasos de cadena larga a la mitocondria se inhibe con altas intensidades de ejercicio, a la vez que se inhibe la actividad de la acetil-CoA carboxilasa durante el ejercicio).
- b) Reservas de glucógeno (a menores reservas de glucógeno, mayor oxidación de ácidos grasos).
- c) Preparación física del individuo (los atletas entrenados en trabajos de larga duración y alta intensidad son capaces de oxidar más ácidos grasos durante el ejercicio, pero sobre todo de hacerlo a intensidades de trabajo mucho mayores). El entrenamiento produce una mayor oxidación de grasas, entre otros debido a una mayor facilitación de entrada de los ácidos grasos libres a la mitocondria (González-Gross, 2001).
- d) Composición de la dieta ingerida los días previos al ejercicio (una dieta alta en grasas incrementa la oxidación de éstas durante el ejercicio).

1.5.2- OMEGA 3 EN LA PRÁCTICA DEPORTIVA.

Según declara Vidal (2007), en trabajos llevados a cabo por el grupo de Fisiología de la Universidad de Barcelona (Segura, 1988), se ha observado tanto en animales de experimentación –primero- (Escrich, Solanas and Segura, 1994; Escrich Solanas, Soler, Ruiz De Villa, Sánchez, and Segura, 2001), como en humanos -más recientemente- (García-Closas, Serra-Majem and Segura, 1993; Javierre, Vidal, Segura, Lizarraga, Medina, and Ventura, 2005; Navarro and Segura, 1988; Navarro, Cañete, Prat, and Segura, 1988; Navarro and Segura, 1989), que la suplementación de la dieta con aceite de pescado va seguida de una mejora significativa en la resistencia a la fatiga. Asociado a este hecho observaron también que durante el periodo de suplementación, los distintos individuos que participaron en el estudio generaban para el mismo volumen de trabajo menos cantidad de ácido láctico, lo que les llevó a pensar que, en esas condiciones, los músculos mejoran su capacidad oxidativa y utilizan mayor cantidad de AG.

El incremento en la capacidad funcional que sigue a la suplementación de la dieta con ácidos grasos de la serie Omega-3 va asociado a cambios en la composición de las membranas celulares, como se refleja por las variaciones experimentadas en la proporción de los distintos ácidos grasos presentes en los elementos formes de la sangre (eritrocitos, granulocitos, linfocitos) al pasar del régimen convencional al de la suplementación con aceite de pescado. Los cambios observados en estas células “periféricas” corren paralelos con los detectados en los animales de experimentación, a nivel de sus células musculares y en los distintos órganos analizados (hígado, riñón y miocardio). De hecho, hasta ahora se ha asumido que las variaciones observadas en la composición de los elementos formes de la sangre reflejan cambios que tienen lugar en las fibras musculares y en otros tipos celulares del organismo, simultáneamente (Vidal, 2007).

Siguiendo a este mismo autor (Vidal, 2007), se comprobó que la ingesta de una dieta rica en ácidos grasos del tipo n-3 (ω -3) va seguida, en la rata, de

un aumento en la capacidad de resistencia al ejercicio físico de larga duración, valorada por medio de una prueba de natación forzada (con un tiempo de resistencia un 20% mayor en el grupo alimentado con una dieta suplementada con aceite de pescado). Asimismo, observaron que con este tipo de dieta se modificaba el perfil de los AG presentes en los distintos fosfolípidos que integran las membranas celulares. Así, el contenido en ácido eicosapentaenoico (EPA) de la fosfatidilcolina del retículo sarcoplasmático pasaba de un 0,72% en el grupo control, a un 3,25% en grupo que recibía el suplemento de aceite de pescado; y la proporción de ácido docosahexaenoico (DHA) pasó, para el mismo tipo de fosfolípido, de constituir el 3,9% de los AG en el grupo control, a representar el 11,7% de los mismos, en el grupo de animales alimentados con el suplemento rico en AG del tipo n-3. Parece justificado, por tanto, el interés y la posible importancia que puede tener la suplementación con AG Omega-3 en los ejercicios físicos de larga duración. Aunque eso sí, hay que advertir que el estudio anterior se realizó con ratas y no con humanos.

Cuando posteriormente se han replicado estos trabajos en humanos (Vidal, 2007), se ha comprobado que la ingesta de una dieta rica en AG de la serie n-3, por parte de practicantes de distintas especialidades deportivas, va seguida de una mejora del rendimiento deportivo, reflejada por una reducción en la producción de lactato a intensidades de esfuerzo máximas, así como por un aumento de potencia máxima en pruebas de laboratorio. Por otra parte, la suplementación de la dieta con este tipo de ácidos grasos va seguida de un significativo incremento en la capacidad de resistencia durante la realización de un esfuerzo físico de una intensidad correspondiente a un ejercicio aeróbico intenso. De manera parecida a lo que se observó en la rata, tras el seguimiento de una dieta suplementada con AG Omega 3, se modifica el perfil de los AG presentes en las membranas de los eritrocitos, linfocitos y granulocitos, con un significativo incremento en la proporción de EPA y DHA (ambos Omega-3), y una reducción en la de ácido araquidónico (AA, Omega-6).

Cabe mencionar en este apartado también el posible efecto “terapéutico” que puede producir los AG Omega-3 en las lesiones deportivas, ya que, aunque

no es un efecto con repercusión directa sobre el rendimiento en el ámbito de la actividad física y el deporte, sí que aporta un beneficio del que se pueden aprovechar los deportistas lesionados. Y lo mismo podemos considerar sobre la mejora del rendimiento que puede suponer su uso a nivel preventivo. Como exponen Villegas et al. (2005), procesos tan dispares como la broncoconstricción que se produce en esfuerzos aerobios extenuantes, o las tendinitis, comienzan a tratarse con ácidos grasos Omega3, porque en realidad se trata de actuar ante un mecanismo común a estas patologías, que es la inflamación (este efecto antiinflamatorio de los AG Omega 3 ya ha sido explicado en el apartado 1.4).

Por último comentar que, aunque el ácido graso de la serie n-3 que ha recibido mayor atención en materia de rendimiento físico ha sido el eicosapentaenoico (EPA), al menos hasta ahora, también el ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6, n-3) está siendo protagonista en abundantes investigaciones de las últimas décadas, como ejemplo extremo de Omega 3. Seguramente por ello los estudios en materia deportiva y Omega-3 son escasos. Y de ahí el interés y la importancia de que se siga investigando en este ámbito.

1.5.3- MECANISMOS DE ACTUACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 EN LOS PROCESOS RELACIONADOS CON EL EJERCICIO FÍSICO.

Se conocen algunos mecanismos relacionados con la mejora en la capacidad de trabajo del músculo esquelético. Ciertos componentes de la familia Omega-3 como el ácido linolénico (C18:3, n-3), pero fundamentalmente el ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5, n-3), y también el DHA, pueden influir en la capacidad de trabajo del músculo esquelético actuando sobre alguno o varios de los procesos que se describen a continuación (Vidal, 2007).

Modificando la dinámica del proceso de movilización de los AG.

La cantidad de AG liberados por unidad de tiempo a partir de los triglicéridos de reserva está condicionada por la actividad de la lipasa tisular dependiente de hormonas (Triacilglicerol lipasa). La activación de este sistema enzimático tiene lugar por la estimulación de la adenilciclase, con el subsiguiente incremento en los niveles de AMPc (Adenosín monofosfato cíclico) intracelular.

Trabajos llevados a cabo hace unos años por Awad y colaboradores (Awad and Zepp, 1979; Awad, 1986; Awad and Chattopadhyay, 1986a; Awad and Chattopadhyay, 1986b) indican que la ingesta de AG poliinsaturados da lugar a una respuesta lipolítica más intensa (cuando ésta es inducida por estimulación con noradrenalina) en comparación con la que se obtiene cuando se sigue un régimen rico en AG saturados. Esta distinta respuesta guarda relación con variaciones en la actividad de dos sistemas enzimáticos clave en la cascada lipolítica: la adenil, o adenilato, ciclase y la lipasa tisular.

La lipasa tisular, dependiente de estimulación hormonal, se halla formando parte de un complejo lipoprotéico en el cual los fosfolípidos representan el 50% de la totalidad de sus componentes. No es de extrañar, por tanto, que variaciones en la proporción en que se encuentran los distintos AG en dichos Fosfolípidos puedan dar lugar a cambios importantes en la actividad de la lipasa del adipocito. De hecho, Awad y colaboradores (1979 y 1986) pudieron comprobar que la actividad específica de dicho sistema enzimático era de 0.74 mmol a.graso/mg/proteína x hora en los alimentados con aceite de cártamo, rico en AG poliinsaturados, mientras que era tan solo de 0.25 mmol a.graso/mg/proteína x hora en aquellos que fueron alimentados con grasa de origen animal (Vidal, 2007).

Variando la actividad de la carnitina-acil transferasa.

No basta que la fibra muscular disponga, en un momento dado, de mayor cantidad de AG para generar más fuerza; es preciso que éstos pasen y se incorporen al espacio intramitocondrial para lo cual se requiere el concurso de un sistema que haga posible dicha transferencia. En la membrana mitocondrial interna se halla presente un sistema enzimático que, en la vertiente “citosólica”, cataliza la transferencia de un grupo acilo desde una molécula de acil-CoA. (la forma activada del respectivo ácido graso) a la carnitina, constituyéndose el correspondiente derivado acilcarnitina (sistema de la carnitina-acil transfera tipo 1 o Palmitoil.carnitina aciltransfera 1). Con el concurso de una translocasa, el complejo acil-carnitina atraviesa la bicapa lipídica de la membrana y aparece en la vertiente “intramitocondrial” donde un segundo sistema de transferencia, conocido como carnitina-acil transferencia tipo II o palmitoil.carnitina aciltransferasa, se encarga de incorporar el grupo acilo al coenzima A, regenerando de ésta manera, el complejo acil-CoA formado originariamente en el citoplasma (Vidal, 2007).

Trabajos llevados a cabo por diferentes autores (Demoz, Asiedu, Lie and Berge, 1994; Froyland, Vaagenes, Asiedu, Garras, Lie and Berge, 1996; Jacques, Gascon, Bergeron, Lavigne, Hurley, Deshaies, Moorjani and Julien, 1995; Madsen, Rustan, Vaagenes, Berg, Dyroy and Berge, 1999) han puesto de manifiesto que la actividad de este sistema enzimático clave es mayor en los animales (ratas) alimentados con aceite de pescado que en aquéllos que han seguido una dieta convencional.

Favoreciendo la actividad oxidativa e induciendo el aumento de las mitocondrias

Para poder oxidar una mayor proporción de AG y poder generar mayor cantidad de ATP (adenosín trifosfato) por unidad de tiempo, es necesario que los correspondientes sistemas enzimáticos, presentes en las mitocondrias, dispongan de mayor capacidad oxidativa. Se ha podido comprobar que el

entrenamiento favorece el aumento del tamaño e incluso, del número de mitocondrias presentes en la célula muscular; al mismo tiempo, se observa, en estas condiciones, un incremento en la actividad de los sistemas enzimáticos implicados en la transferencia de los átomos de hidrógeno y, por tanto, de los electrones a la cadena respiratoria mitoncodrial (Vidal, 2007).

Christiansen y colaboradores (1981) observaron que los AG del tipo n-3, presentes en elevada proporción en los aceites de pescado inducen la formación de mitocondrias de mayor tamaño, y dotadas de mayor capacidad oxidativa (Christiansen, Flatmark, and Kryvi, 1981).

Reduciendo la intensidad o extensión de la reacción “inflamatoria” subsiguiente a la realización de un ejercicio físico

Posiblemente este sea uno de los efectos más importantes que los Omega 3 pueden ejercer en relación al ejercicio físico, y además es una de las líneas de investigación que más futuro posee por las numerosas relaciones e implicación que tienen los AG Omega 3 con los efectos antiinflamatorios.

Según Srivastava (nombrado en Vidal, 2007), la ingestión de aceite de pescado, induciendo cambios en la proporción de los distintos ácidos grasos poliinsaturados presentes en el plasma y en las membranas celulares, con un notable incremento en la cantidad de DHA, podría dar lugar a una respuesta inflamatoria más moderada y discreta, en relación con la que se produce cuando se sigue una dieta en la que predominan los ácidos grasos de la serie n-6 (precursores del ácido araquidónico). De esta manera, la frecuencia de los impulsos nerviosos, de carácter nociceptivo, que pasarían a través del “filtro” ubicado en el asta posterior de la médula espinal se vería notablemente reducida. Esto comportaría, a su vez, una menor actividad de los sistemas centrales de control del dolor los cuales utilizan como mediadores 5-hidroxitriptamina, y endorfinas, y permitiría continuar el ejercicio durante más tiempo y retardaría, en consecuencia, la aparición de la fatiga.

Además de lo expuesto, existen más efectos antiinflamatorios que los AG poliinsaturados pueden ejercer sobre el organismo, que ya se han citado anteriormente (ej. Villegas et al., 2005), y que por tanto están también relacionados con este mecanismo de actuación que se acaba de citar.

Favoreciendo el flujo de ácido láctico a través del sarcolema de la fibra muscular.

Finalmente, Vidal (2007) apunta incluso a la existencia de una relación directa de los AG con el lactato, que puede ser especialmente importante en los procesos relacionados con el entrenamiento y el rendimiento físico. El ácido láctico es generado y consumido en distintas situaciones metabólicas y por distintos tipos celulares. De manera particular, durante la realización de un esfuerzo físico, y en función de la intensidad del mismo, del tipo de fibras implicadas, la cantidad de ácido láctico producido puede ser muy importante.

El desplazamiento del ácido láctico y del anión lactato entre los distintos órganos y tejidos depende, en última instancia, del ritmo con que fluye entre los compartimentos intra- y extra-celular. A su vez, el flujo de ácido láctico y de lactato depende de distintas variables, entre las que podemos mencionar la superficie del área de intercambio, la velocidad de difusión a través de los distintos tejidos, el gradiente de concentración del anión lactato y de los protones a través de la membrana celular, la permeabilidad de la misma a los mencionados iones, etc. (Roth, 1991). De esta forma, los Cambios en las características del sarcolema, inducidos por la ingesta de aceite de pescado, o de productos ricos en AG poliinsaturados del tipo Omega-3, pueden modificar la actividad de los sistemas de transporte facilitando el flujo de lactato y de protones desde la célula muscular al espacio intersticial, lo que aceleraría el proceso de recuperación del músculo.

Siguiendo con Vidal (2007), explica que los aspectos descritos arriba sugieren que los ácidos grasos poliinsaturados del tipo n-3 pueden desempeñar un importante papel en distintos procesos relacionados con la actividad de

músculo esquelético e influir de manera significativa sobre la capacidad de trabajo y la resistencia física, tanto en los individuos que practican asiduamente alguna especialidad deportiva; como en los individuos normales que recurren al ejercicio físico como medio para mejorar su forma física y alcanzar el máximo nivel posible de salud y de calidad de vida; así como para mejorar la capacidad motora y el grado de autonomía funcional de los lesionados medulares y otras posibles patologías.

1.5.4- EL DHA EN EL DEPORTE.

En el ámbito deportivo, los Omega 3 de cadena larga, tanto el DHA como el EPA (ácido eicosapentaenoico), comúnmente llamados “aceites de pescado”, han sido objetivo de investigaciones muy recientes en las que se intenta demostrar y clarificar los beneficios que se obtienen de éstos ácidos grasos al utilizarlos como ayuda ergogénica en la práctica física. En los últimos años, y según se adelanta en las líneas de beneficios atribuidos a la suplementación con DHA anteriormente descritas, diferentes estudios en el campo de la investigación deportiva han relacionado el DHA con mejoras producidas a nivel cardiovascular reflejadas por un aumento del consumo de oxígeno durante el ejercicio (Walser and Stebbins, 2008) y una disminución de la frecuencia cardiaca en esfuerzos sub-máximos (Buckley, Burgess, Murphy, and Howe, 2009). Otros estudios aconsejan el consumo de DHA en deportistas por sus efectos antiinflamatorios post-ejercicio (Bloomer, Larson, Fisher-Wellman, Galpin and Shilling, 2009; Simopoulos, 2007). También como se adelantaba respecto a los beneficios para la población en general, algunos autores no encuentran mejoras metabólicas o cardiovasculares en el rendimiento físico, ni tampoco mejoras antiinflamatorias por el consumo de DHA (Nieman, Henson, McAnulty, Jin and Maxwell, 2009; Raastad, Høstmark and Strømme, 1997). Estos resultados todavía no concluyentes hacen recomendable seguir investigando en esta línea para clarificar y ampliar los beneficios que puede aportar este ácido graso como ayuda ergogénica.

La mayor parte de las investigaciones actuales realizadas en el deporte sobre DHA tienen el objetivo común de buscar beneficios que permitan a los deportistas retardar o disminuir la aparición de la fatiga y del estrés oxidativo muscular. No obstante, también convendría estudiar otros posibles beneficios del DHA en el deporte, sobretodo, los derivados de las funciones que realiza el DHA a nivel cerebral y en el sistema nervioso. Existen investigaciones en otros ámbitos científicos que demuestran una clara e importante actividad del DHA a nivel sensoriomotor y cognitivo. Un ejemplo de ello es el reciente estudio de McNamara, Able, Jandacek, Rider, Tso, Eliassen, Alfieri, Weber, Jarvis, Delbello, Strakowski, y Adler (2010), en el que demuestran una importante mejora de la atención en niños sanos después de una suplementación con DHA, debido a una mayor activación de la corteza cerebral. Estos resultados avalan la hipótesis de que este tipo de efectos puedan producirse también en deportistas en los que la actividad sensoriomotora, la toma de decisiones y la percepción visual, sean cruciales para el éxito (Overney, Blanke, and Herzog, 2008). Parece oportuno preguntarse, por tanto, por los posibles efectos del DHA sobre capacidades como la velocidad de reacción y la toma de decisiones implicada en ella.

1.5.5- TIEMPO DE REACCIÓN Y DHA.

Velocidad de reacción y tiempo de reacción son términos que se usan como sinónimos y, en efecto, hacen referencia al mismo concepto: "capacidad de reaccionar en el menor tiempo a un estímulo" (Grosser, 1992). Sin embargo, la bibliografía especializada se decanta por el término "tiempo de reacción", posiblemente por ser el término más correcto, ya que realmente la medida que interesa conocer al hablar de esta capacidad es la de "tiempo" (lo que se tarda en reaccionar) y no la "velocidad" a la que reaccionas (variable mucho más difícil de medir). Por esta razón, y para no llevar a confusión, se va a utilizar el término "tiempo de reacción" (TR).

Una vez clarificado el término, hay que diferenciar entre los conceptos Tiempo de Reacción simple (TRs) y Tiempo de Reacción complejo (*complex*

reaction time). El primer término hace referencia al simple hecho de reaccionar ante una señal o estímulo (Ej. salida en una prueba de atletismo). El segundo: “tiempo de reacción complejo”, también llamado tiempo de reacción discriminativo (Link and Bonnet, 1998; Orellana, 2009) o tiempo de reacción selectivo (*choice reaction time*), se refiere a una reacción más compleja que se diferencia del tiempo de reacción simple en que el acto perceptual está más diferenciado y requiere de una decisión para un estímulo determinado -con resultado incierto- entre varias respuestas posibles (Pieron et al., 1972). Además, es una capacidad que exige una actividad sensoriomotora y cognitiva mayor (Ej. golpeo a la pelota en un partido de tenis). De entre todos estos términos referidos a la acción de reaccionar de una forma más compleja, y ante varios estímulos, aquí se utilizará el término “Tiempo de Reacción selectivo complejo” (TRsc) por ser el que engloba todas las características de esta capacidad y el que mejor se aviene al tipo de práctica deportiva “de situación”, sociomotriz, colectiva y compleja, objeto de este trabajo.

El tiempo de reacción selectivo complejo (TRsc) es una capacidad altamente dependiente del Sistema Nervioso, pero, al igual que en el TRs, pueden diferenciarse dos fases o componentes. En primer lugar hay una fase de decisión con un componente perceptivo-cognitivo muy importante, llamada según Marzilli y Hutcherson (2002), tiempo premotor. Estos autores llaman Tiempo Premotor (componente cognitivo) a la latencia entre la identificación del impulso y el inicio de la activación del músculo. En segundo lugar, también existe el Tiempo Motor (componente motor), medido desde la activación inicial del músculo hasta la respuesta visible. El Tiempo Premotor representa los procesos que intervienen en la identificación del estímulo, la selección de la respuesta apropiada y la siguiente programación de la respuesta motriz; mientras que el Tiempo Motor representa el tiempo requerido para activar los mecanismos que intervienen en la contracción de los músculos periféricos. Ambas fases, también llamadas por otros autores como periodo latente y periodo de reacción (Vinuesa y Coll, 1987), se integran y conforman el TRsc global.

Los TRsc serán siempre más elevados que los TRs para una misma modalidad sensorial, ya que el TRsc responde a una situación donde el sujeto elige respuestas posibles ante un estímulo (Orellana, 2009). Además, hay que mencionar que, dependiendo del tipo de actividad en la que intervenga este Tiempo de Reacción Selectivo Complejo, podemos encontrarnos con un componente más sensoriomotor –perceptivo, o también, coordinativo- (cuando de mayor dificultad sea la actividad o tarea motriz, y cuando más precisión se exija) o nos encontraremos, en cambio, con un componente más físico-motor o condicional (cuando la tarea motriz sea fácil y no importe tanto la eficacia).

Por otra parte, es importante saber que en el TR influyen varios factores y circunstancias que pueden modificarlo. Orellana (2009) resume estos factores en 7 grupos: las condiciones del entorno; el tipo de estímulo; la intensidad del estímulo; el número de alternativas; el número de órganos estimulados; el entrenamiento y la experiencia; y por último, la motivación y los factores emocionales.

Asimismo, existen otros factores que influyen en el TR. Desde el punto de vista de la edad, el TRs es menor desde la infancia hasta los 20 años; luego se incrementa lentamente desde los 50 a los 60 años; y a partir de los 70 años aumenta rápidamente (Der and Deary, 2006; Myerson, Robertson, and Hale, 2007; MacDonald, Nyberg,, Sandblom, Fischer, and Bäckman, 2008), siendo estas diferencias más marcadas si se trata del TRsc (Luchies, Schiffman, Richards, Thompson, Bazuin, and De Young, 2002). En cuanto al factor género, en casi todos los grupos de edad los varones tienen TR más bajos que las mujeres, y la desventaja femenina no se reduce con la práctica (Der and Deary, 2006). Sin embargo, Silverman (2006) señala que la ventaja del hombre en el TR visual es cada vez menor y que ello es debido quizás, a que más mujeres participan en la conducción y en deportes donde se requiere la rápida toma de decisiones.

Por el contrario, hay algún otro factor que no influye en el TR. Uno de ellos es la dieta, ya que, según Gutiérrez, Gonzalez-Gross, Delgado y Castillo

(2001), o Cheatham, Roberts, Das, Gilhooly, Golden, y Hyatt (2009), una limitación calórica no afecta al TR o a alguna otra medida cognitiva, aunque sí que deteriora la capacidad de trabajo. No obstante, si hablamos de agua, parece que sí que se producen efectos en el TR, aunque algo contradictorios: Szinnai, Schachinger, Arnaud, Linder, y Keller (2005) dan a conocer que la deshidratación gradual (pérdida del 2,6 % del peso corporal en 7 días) tiende a alargar el TRsc en mujeres, sin embargo, no pasaba lo mismo al considerar los hombres.

En último lugar, hay que mencionar el papel que juega la fatiga en las variaciones del TR. Según expone Orellana (2009), algunos autores dejan claro que la fatiga aumenta el TR, que los factores orgánicos que pueden influir en el TR dependen del momento del día en que se mida, y que el ritmo cardíaco individual podría estar relacionado con la variabilidad de los TR.

Efectos de la práctica deportiva sobre los tiempos de reacción.

Entre los factores que pueden modificar los tiempos de reacción, existe uno que no se ha mencionado anteriormente, el ejercicio físico. El deporte, es una actividad basada en el ejercicio físico, el entrenamiento y la perfección técnica, en la que los deportistas buscan obtener un estado de forma óptimo para conseguir el máximo rendimiento posible. Este estado de forma óptimo, o incluso el propio ejercicio físico realizado para llegar a este estado ideal en sí mismo, pueden reflejar una reducción de los TR.

En esta línea existen algunos estudios como los de Callardeau, Brisswalter, Vercruyssen, Audiffren, y Goubault (2001), que señalan que los TR de los corredores mejoran durante la ejecución de la actividad, aunque no encuentran efectos post-ejercicio. Pesce et al. (citados en Orellana 2009), por su parte, realizaron un estudio con futbolistas y con personas no-deportistas, y encontraron que los TR después de una carga física mejoraron en el grupo de no-deportistas pero no en los futbolistas.

Tomporowski (2003) presentó una revisión sobre estudios que examinaban los efectos del ejercicio físico sobre la función cognitiva. Una de sus conclusiones fue que ejercicios submáximos (hasta 60 minutos) facilitan procesos cognitivos como los TR y la memoria. Sin embargo, en ejercicios de mayor duración, que llegan hasta la deshidratación y agotamiento, los procesos cognitivos y la memoria se ven comprometidos. Además de esto, Tomporowsky también expuso que en actividades de ejercicio máximo donde existe la toma de decisiones, los tiempos de respuesta son más rápidos, a pesar de que no se producen cambios en los índices de error de los participantes. En esta misma línea, Thomson, Watt y Liukkonen (2009), demostraron que la capacidad para responder con eficacia ante un móvil en deportistas de élite disminuye cuando aparece la fatiga, comprometiéndose o disminuyendo la precisión, a pesar de que los TR se reducen.

Continuando con los efectos del ejercicio físico en el TR, Orellana (2009), hace una revisión de investigaciones en las que se demuestra de alguna forma que el ejercicio físico reduce los TR. En primer lugar cita investigaciones en las que se demuestra que el ejercicio físico afecta al procesamiento sensorial y que un efecto sobre el Tiempo Premotor depende de la intensidad de los estímulos visuales. Otros trabajos citados por este autor, sugieren que el ejercicio físico acorta los TR debido a la acción de los procesos motores periféricos, como la elevación de la temperatura corporal, que aumentaría la velocidad de conducción tanto de las fibras del músculo como los nervios periféricos.

Asimismo, otros estudios citados por este mismo autor (Orellana, 2009) mencionan que el ejercicio también podría tener efectos sobre la excitabilidad de la corteza motora, y que incluso el efecto del ejercicio sobre el proceso motor podría ser mediado vía el sistema noradrenérgico. Respecto a esto, algunos autores han reportado una correlación negativa entre la concentración de catecolaminas plasmáticas y TR durante un ejercicio incremental hasta el agotamiento. Esta relación de las catecolaminas durante un ejercicio submáximo podría ser responsable de la mejora de los TR a estas intensidades.

Etnyre y Kinugasa, y Masanobu y Choshi (citados por Orellana, 2009), hablan de la relación entre la mejora del TR y la contracción isométrica, llegando a la conclusión que esta contracción permite trabajar al cerebro de forma más rápida, obteniéndose un menor TR después de esta. Por último, otros autores, Davranche et al. (en Orellana 2009), demostraron el ejercicio mejora el TR por un incremento en la atención.

Importancia del Tiempo de Reacción Selectivo Complejo en el deporte.

En muchas facetas de la vida se requieren tareas motoras perceptuales que deben realizarse de la manera más rápida y precisa posible. Sin embargo, y a pesar de que los deportistas ya tienen un tiempo de reacción simple y complejo menor que las personas sedentarias (Williams and Ford, 2008; Nakamoto and Mori, 2008; Fontani, 2009), es en el deporte donde esta capacidad cobra un gran protagonismo. En muchas modalidades deportivas, el TRsc es clave, llegando incluso a ser el determinante entre el éxito y el fracaso en algunas ocasiones, sobre todo en los deportes de equipo y en los deportes visomotores, donde la eficacia (velocidad + precisión) en el tiempo de reacción selectivo complejo ante los diferentes estímulos que aparecen en el juego, es esencial para el éxito.

Uno de los deportes en los que este Tiempo de Reacción selectivo complejo tiene gran importancia es el fútbol, donde se producen muchas situaciones de juego “complejas” (con varias respuestas posibles ante uno o varios estímulos, y un resultado incierto e impredecible), que deben realizarse de la manera más rápida y precisa posible. El fútbol es un deporte muy táctico y técnico en el que son importantes muchas otras capacidades además del TRsc. Pero, en función de lo señalado, parece que la mejora de la eficacia en el tiempo de reacción selectivo complejo de los jugadores/as, podría contribuir a la mejora del rendimiento individual y, consecuentemente, a la mejora del rendimiento colectivo.

Sabiendo que el TRsc es una capacidad significativa en el deporte, se debe tener en cuenta que hay disciplinas en las que cobra especial importancia la fase de decisión (periodo latente o tiempo premotor), por lo que será crucial ser eficaz, tal y como ocurre en los deportes más precisos (tiro con arco, tiro olímpico, curling, etc.). Por otro lado, hay modalidades deportivas en las que se precisa una respuesta rápida (tiempo motor), similar al TRs, en la que no se necesita ser absolutamente eficaz (disciplinas cíclicas de muy corta duración). Y por último, en un gran número de deportes (fútbol, baloncesto, tenis, etc.), lo que interesa es tener un tiempo de reacción global muy bueno, tanto en su componente cognitivo (tiempo premotor) como en su componente motor (tiempo motor), siendo determinante la eficacia (velocidad + precisión) en el tiempo de reacción selectivo complejo. En relación a esta vía, estudios previos han demostrado que la capacidad para responder con eficacia ante un móvil en deportistas de élite disminuye cuando aparece la fatiga, disminuyendo la precisión (Thomson et al., 2009).

DHA vs eficacia en el Tiempo de Reacción selectivo complejo.

Relacionando los TR, y en concreto el TRsc, con los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3, se puede llegar a pensar que estos AG pueden ser influyentes de alguna forma en esta capacidad. Existen investigaciones que demuestran una clara e importante actividad del DHA a nivel sensoriomotor y cognitivo. Un ejemplo de ello es el reciente estudio de McNamara et al. (2010), en el que demuestran una importante mejora de la atención en niños sanos después de una suplementación con Omega 3 DHA, debido a una mayor activación de la corteza cerebral. Estos resultados avalan la hipótesis de que este tipo de efectos del DHA puedan producirse también en deportistas en los que la actividad sensoriomotora, la toma de decisiones y la percepción visual, sean cruciales para el éxito (Overney et al. 2008). En este aspecto, sabiendo que existen muchos deportes (sobre todo los de equipo y visomotores) en los que la eficacia en el tiempo de reacción selectivo complejo (velocidad + precisión) ante los diferentes estímulos que aparecen en el juego son

determinantes para el éxito, sería aconsejable amplificar esta línea de investigación con DHA.

El DHA podría tener una doble vía de mejora sobre la eficacia en el tiempo de reacción selectivo complejo. Por un lado a través del retardo de la aparición de fatiga (manteniendo de esta forma la precisión en la respuesta sin disminuir la rapidez). En este sentido, estudios previos han demostrado que la capacidad para responder con eficacia ante un móvil en deportistas de élite disminuye cuando aparece la fatiga, disminuyendo la precisión (Thomson et al., 2009). Y por otro lado, otra vía sería a través de la mejora del procesamiento sensoriomotor de los estímulos, lo que llevaría a una mejora tanto de la rapidez de respuesta como de la precisión.

En esta línea, Fontani et al. (2009), realizaron un estudio en el que analizaban el efecto de una suplementación con Omega 3 (DHA+EPA) y Policosanol (suplemento natural utilizado para reducir el colesterol) sobre la atención y la capacidad de reacción en deportistas. Estos investigadores llegaron a la conclusión de que la suplementación con Omega 3 y Policosanol podía reducir el tiempo de reacción. Observaron que esta mejora se debía al efecto que se producía en el sistema nervioso central, y se vio reflejado por una disminución de la latencia de los movimientos relacionados con los macropotenciales del cerebro y con una activación EMG (electromiografía).

1.5.6- DHA Y BIENESTAR PSICOLÓGICO.

La teoría de la autodeterminación indica que el bienestar psicológico se deriva de la satisfacción de necesidades básicas, e identifica tres fundamentales: competencia, autonomía y afiliación. Considera que la satisfacción de necesidades básicas influye sobre la motivación, haciendo que ésta sea más autodeterminada (García, 2010).

Al deporte, al ejercicio físico, y a cualquier actividad física general, se les atribuyen importantes beneficios fisiológicos reflejados en una mejora del

estado físico de las personas. Sin embargo, además de esta relación con la salud física, la práctica de actividad física aporta también unos beneficios psicológicos. Durante los últimos años, la investigación deportiva no sólo se ha centrado en estudiar las mejoras físicas derivadas de la realización de ejercicio físico, sino que también se han estudiado otros campos muy importantes dentro del deporte. Uno de estos campos de investigación, es el de la psicología deportiva, donde existen líneas de investigación encargadas de estudiar todo lo relacionado con los beneficios psicológicos que se obtienen de la práctica deportiva. Estos efectos a nivel emocional y del estado de ánimo en las personas que realizan ejercicio físico vendrían manifestados con un mayor bienestar psicológico.

En este aspecto, desde los años 90, diversas investigaciones han concluido que son muchos los beneficios psicológicos atribuidos a la práctica regular de actividad física (p. ej. Balaguer y García-Merita, 1994; Pastor y Pons, 2003; USDHHS, 1996; Van Amersfoort, 2004; Weinberg y Gould, 1996) relacionados entre otras cosas con los estados de ánimo, ansiedad, depresión, autoestima y funcionamiento cognitivo. Los participantes que realizan ejercicio regularmente tienden a percibir mayor grado de salud, menor nivel de estrés y mejor estado de ánimo (Jiménez, Martínez, Miró, y Sánchez, 2008). Además, hay estudios que concluyen que el bienestar psicológico está asociado a la práctica regular de ejercicio físico, independientemente del tipo de ejercicio practicado (Jiménez et al., 2008).

De forma general, las investigaciones que llevan haciéndose en las últimas décadas muestran diferentes conclusiones en función del indicador de bienestar psicológico que se analiza (García, 2010). Todos estos resultados se pueden clasificar según los indicadores o dimensiones más relevantes del bienestar psicológico. García (2010), en una amplia revisión sobre investigaciones que tratan la actividad física y el bienestar psicológico, muestra los resultados más importantes hasta ahora obtenidos y los clasifica según las siguientes dimensiones: satisfacción con la vida, vitalidad subjetiva, imagen

corporal, diversión-satisfacción, ansiedad en la competición, y autoconcepto-autoestima.

Otros estudios realizados recientemente, como el de Molina-García, Castillo y Pablos (2007), se ocupan también de analizar el efecto de la actividad física en el bienestar psicológico según el género. Los resultados de estos investigadores mostraron que los hombres practican más deporte y muestran mayor autoestima que las mujeres. No apreciaron diferencias significativas por género en cuanto a la satisfacción con la vida y la vitalidad subjetiva. Tampoco encontraron diferencias significativas en el nivel de autoestima y en la vitalidad subjetiva entre quien estaba físicamente activo y el que no lo estaba, tanto en hombres como en mujeres. Siguiendo a Molina-García y colaboradores (2007), los hombres que estaban físicamente activos informaron sentirse más satisfechos con su vida que aquellos que no lo estaban, no obstante, no apreciaron relación entre estar o no físicamente activo y la satisfacción con la vida en el grupo de mujeres.

Teniendo en cuenta el factor de la edad, también hay investigaciones realizadas en personas mayores (De Gracia y Marco, en García 2010), las cuales muestran un efecto positivo sobre el bienestar psicológico con la práctica de actividad física. Por ejemplo, Montaner, Llana, Domínguez, Moreno y Benedicto (2005), en su estudio en mujeres mayores de 55 años, llegaron a la conclusión de que la práctica de la natación (actividad física de carácter aeróbico) de forma regular, por parte de mujeres de edad avanzada, correlacionaba positivamente con su Bienestar Psicológico. En concreto, apreciaron que la confianza en la autoeficacia física global era la que presentaba correlaciones más elevadas en todos los grupos.

Beneficios psicológicos del DHA.

Comprobada la importancia que tiene el deporte en el bienestar psicológico de las personas, se hace preciso hablar también del efecto inverso, es decir de lo que puede aportar este bienestar psicológico y los estados de

ánimo positivos al rendimiento deportivo. Está comúnmente aceptado (Duarte, 2007) que el estado emocional de los deportistas puede afectar al rendimiento de los mismos, por esta razón, una importante parte de las planificaciones deportivas de hoy en día ya incluyen sesiones de entrenamiento y regeneración psicológica con el fin de preparar a los deportistas emocional y mentalmente y, poder así, conseguir unos correctos estados de ánimo de cara a las competiciones. En esta línea, existen algunas investigaciones que incluso relacionan un buen estado psicológico (conseguido mediante entrenamiento mental y relajación) con importantes mejoras físicas tanto sobre la velocidad de reacción, la resistencia aeróbica y la resistencia a la velocidad (Rangel, González y Sebrango, 2003).

Es en este aspecto es donde los Omega-3 y en especial el DHA puede tener un protagonismo especial, puesto que en los últimos años se le ha relacionado con un aumento del bienestar psicológico y del estado de ánimo de las personas (Fontani et al., 2005; Sears, 2002). Por tanto, estos datos avalan la posibilidad de que el DHA, al producir efectos positivos en el bienestar de las personas, podría también hacerlo en los deportistas (Fontani et al., 2009). Habría que seguir investigando en esta línea para saber si los efectos psicológicos de este AG a nivel general, pueden llegar a ser también una importante ayuda para el rendimiento deportivo. De ser así, el DHA podría ser además un suplemento con fines psicológicos, que se podría utilizar en fases de duro entrenamiento, de cansancio acumulado o incluso para tratar los bajones emocionales que se producen en deportistas lesionados.

1.5.7- DHA EN LA POBLACIÓN FEMENINA.

Entre las mejoras atribuidas al DHA cuyo uso puede resultar interesante en el deporte, destaca como se ha visto, la mejora en las capacidades cognitivas y perceptivas (Fontani, 2005; Fontani, 2009; McNamara, 2010), y la relación que se le atribuye al DHA con la agudeza visual (Anderson et al., 1990; Jeffrey et al., 2001; Makrides et al., 1993). Encontramos, así, trabajos que

señalan la existencia de diferencias de género respecto a estas capacidades, con un peor rendimiento entre las mujeres.

Algunos de estos trabajos señalan, por ejemplo, que en tareas en las que se requiere de una rápida y correcta reacción perceptiva, los hombres obtienen menos errores que las mujeres (Brady, 1996). Otros investigadores han encontrado diferencias significativas en este tipo de tareas, aunque estas diferencias se han relacionado con las propias características de cada deporte (Ryan, Atkinson and Dunham, 2004). Más recientemente, en otro estudio sobre la percepción visual y la reacción ante respuestas múltiples, Dogan (2009) encuentra nuevamente diferencias en cuanto al género, ya que los atletas varones tuvieron una menor cantidad de respuestas incorrectas ante los estímulos en comparación con las mujeres; junto al hecho de que en los deportes individuales había mayor cantidad de respuestas omitidas ante los estímulos que en los deportes de equipo. En cuanto a la anticipación y los tiempos de reacción, Emre y Settar (2010), en una investigación con jugadores de tenis y tenis de mesa, concluyeron que los hombres cometían menos errores en tareas de anticipación que las mujeres. Y en esta misma línea relativa a la anticipación y el tiempo de reacción, Sanders (2011) señaló que los hombres obtenían mejores resultados en tareas fáciles, sin embargo ya no pasaba lo mismo en las tareas difíciles.

De la misma forma, otros autores han señalado diferencias de género en factores emocionales como la autoestima (Bolognini, Plancherel, Bettschart and Halfon, 1996) o las formas de percibir la ansiedad competitiva (Grossbard, Smith, Smoll and Cumming, 2009), con clara influencia sobre el rendimiento deportivo. Grossbard et al. (2009), constatan una correlación moderada entre el temor al mal rendimiento y el género; con mayores niveles de ansiedad en relación al miedo a hacerlo mal entre las mujeres y los hombres de mayor edad. Por su parte, Bolognini et al. (1996), señalan que la valoración o percepción global de la autoestima tiene una mayor incidencia en el estado deprimido entre las mujeres adolescentes que entre los hombres. Según explican estos mismos

autores, el análisis factorial incide en que la autoestima en las mujeres es un sentimiento más global que en los hombres.

Para concluir este capítulo es importante resaltar que la mayoría de las capacidades que se han estado citando en los apartados anteriores, entre ellas: capacidad perceptiva, tiempo de reacción, capacidad visual, toma de decisiones, autoestima, estado de ánimo, ansiedad competitiva, entre otras; como se ha visto, son capacidades críticas o que se comportan de forma distinta y peculiar en la población femenina. Teniendo en cuenta esta particularidad y que además son capacidades o factores que pueden ser determinantes de cara al rendimiento en los deportes de equipo, se hace necesario preguntarse por el posible efecto del DHA sobre estas capacidades en los deportes de equipo y por ende sobre el rendimiento en las mujeres deportistas. Exactamente, en esta investigación nos preguntamos sobre la posible incidencia del DHA sobre el rendimiento de mujeres futbolistas de élite.

CAPÍTULO II
OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

Con la intención de realizar una primera aproximación a una investigación que relacionara el DHA con los deportes de equipo y las deportistas femeninas, se planteó el presente estudio. Se optó por aplicar esta investigación al ámbito deportivo femenino debido a que algunas de las características particulares que tiene este tipo de población, características que han sido reflejadas en el anterior capítulo, pueden hacer que las deportistas femeninas sean la población más idónea para beneficiarse de las propiedades del DHA. Del mismo modo, se aplicó la investigación en un deporte de equipo como el fútbol, para poder relacionar al DHA con todas las capacidades con vínculo neural de las que se ha hablado anteriormente, y en las que este AG puede tener algún efecto especial. Como se ha señalado a lo largo del marco teórico, estas mismas capacidades tienen particularidades diferenciales entre la población femenina. De ésta y de siguientes investigaciones se esperan grandes resultados, así como la consolidación de un campo de investigación que relacione el DHA con diferentes efectos de los que el ámbito deportivo, y también otras poblaciones, se pueden beneficiar.

Una vez realizada la contextualización teórica apoyándonos en la revisión y el análisis bibliográfico, pasamos a citar los objetivos y las hipótesis que se plantearon con el fin de profundizar en los aspectos anteriormente explicados en el marco teórico. Dado que el DHA está relacionado con numerosos efectos beneficiosos en gran cantidad de patologías, una de las principales preguntas que nos planteamos antes de realizar la investigación es si también se pueden esperar efectos beneficiosos tras consumir DHA entre las personas sanas. A su vez, al comprobar que ya existen estudios e investigaciones que relacionan los Omega-3 y el DHA con el ejercicio, con el deporte, o con capacidades y procesos que afectan al mismo, nos preguntamos cuestiones como si es recomendable la utilización del DHA como complemento alimenticio en el deporte, y si puede ayudar a aumentar el rendimiento de los deportistas. Finalmente, asumido el posible efecto beneficioso de esta suplementación, la

pregunta es sobre qué aspectos puede ser beneficiosa. Y más concretamente, en el estudio que nos ocupa, de qué forma pueden producirse estos beneficios entre las mujeres deportistas.

Así pues, destacamos los siguientes objetivos generales:

- ***Determinar la existencia de efectos positivos entre la población femenina deportista sana tras una suplementación con DHA; concretamente sobre mujeres futbolistas en equipos de élite.***
- ***Discriminar estos efectos positivos sobre algunas capacidades condicionales con vinculación neural que pueden tener cierta incidencia en su rendimiento deportivo, y por tanto, con aplicación al Fútbol.***
- ***Analizar los posibles efectos positivos de la ingesta de DHA sobre diferentes estados psicológicos entre mujeres deportistas.***

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO

Para establecer los objetivos específicos de la investigación se tuvieron en cuenta una serie de aspectos más concretos. Por un lado se consideraron los principales mecanismos de actuación del DHA, los sistemas y condiciones que son críticos para este AG, el tipo de población que por sus características se puede beneficiar más del DHA, así como todos los antecedentes que realizaron estudios con objetivos y planteamientos similares a este. Por tanto, los objetivos específicos que se propusieron para esta investigación quedan resumidos y expresados de la siguiente forma:

1. ***Comprobar si se producen mejoras o cambios en el Estado de Ánimo y en el Bienestar Psicológico entre futbolistas de élite tras un tratamiento con DHA.***
2. ***Analizar si el DHA produce algún efecto sobre la agilidad de las jugadoras de élite medida en un test de desplazamientos cercano a las habilidades específicas propias de su deporte.***

- 3. Determinar si el consumo de DHA produce mejoras sobre la velocidad de reacción, en concreto, sobre el tiempo de reacción selectivo complejo, así como sobre la eficacia en esta misma capacidad, después de un tratamiento con DHA.**
- 4. Analizar la influencia de factores externos como la pertenencia a diferentes equipos sobre el posible efecto de la suplementación con DHA en los resultados entre deportistas de élite.**

2.3 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

Las hipótesis principales de la investigación quedan planteadas de la siguiente forma:

- 1. La suplementación con DHA proporciona beneficios sobre capacidades condicionales resultantes o complejas como la agilidad en las mujeres futbolistas de élite.**
- 2. El DHA es un buen complemento para mejorar de alguna forma la velocidad de reacción, produciendo una mejora del tiempo de reacción general, del tiempo de reacción selectivo complejo, así como de la eficacia en esta misma capacidad, en estas mujeres deportistas sanas.**
- 3. Tras un tratamiento con DHA se pueden observar cambios beneficiosos de índole psicológica en las mujeres deportistas de élite.**

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1 MUESTRA

La muestra final estuvo compuesta por 34 mujeres, futbolistas profesionales ($M=24.12$; $DT=5.03$ años) pertenecientes a dos equipos de la Superliga Española de fútbol femenino. No obstante, la investigación empezó con una muestra inicial de 40 jugadoras. Las diferentes lesiones que se produjeron durante el tiempo que se alargó el tratamiento, y que son propias de este deporte, dieron lugar a la muerte experimental de 6 jugadoras, que no pudieron cumplimentar la batería de pruebas. De esta forma, la muestra se redujo a 34 jugadoras de alto nivel, distribuidas según se describe.

Equipo 1: $n = 20$ ($M=24.60$; $DT=5.60$ años).

Equipo 2: $n = 14$ ($M=23.43$; $DT=4.20$ años).

A continuación se expone (Tabla 1) la totalidad de la muestra con las características básicas de la misma. Seguidamente se describirán las características generales de cada uno de los equipos participantes y como quedó la distribución de la muestra en función del equipo (tabla 2 y tabla 3), con las características básicas de las jugadoras de cada uno de los equipos.

Tabla 1

Muestra en su totalidad.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad (<i>años</i>)	34	15	34	24.12	5.03
Talla (<i>cm</i>)	34	153	175	163.56	5.61
Peso (<i>kg</i>)	34	44	72	57.26	5.97
Años práctica	34	3	20	12.44	4.44

Equipo 1 (Levante U.D. Femenino): El Levante U.D. femenino ha sido desde su creación (1998) uno de los equipos más importantes del fútbol femenino español. Conquistó su primer título en la temporada 1999/2000, logrando la Copa de la Reina. La temporada siguiente logró el triplete: Supercopa, Superliga y Copa de la Reina, y afianzó su dominio en el fútbol femenino español, logrando numerosos títulos y estadísticas de record en las

temporadas siguientes. Posteriormente debutaron en la Copa de Europa (2003). En los años siguientes el Levante U.D. conquistó varias Copas de la Reina, no obstante, mantuvo una gran rivalidad con otros equipos de la liga, lo que les impidió el triunfo en la Superliga hasta la temporada 2007/08. Hasta la actualidad, el Levante U.D se encuentra entre los mejores equipos femeninos españoles, contando con grandes jugadoras de toda España y del extranjero. Además, este equipo dispone de unos patrocinadores, infraestructura y organización muy importantes, lo que les permite seguir siendo un equipo de referencia en el deporte de élite.

Tabla 2*Participantes del equipo 1 (Levante U.D.).*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	20	15	34	24.60	5.60
Talla	20	153	175	164.65	6.11
Peso	20	48	72	58.00	5.52
Años práctica	20	3	19	11.65	4.85

Equipo 2 (Valencia C.F. Femenino): El Valencia C.F. Femenino o Valencia Féminas C.F., anteriormente llamado C.D. DSV Colegio Alemán Valencia, se fundó en 1999. Sin embargo, no ascendió a la Superliga hasta la temporada 2007/08, gracias al triunfo en el Grupo IV de la Primera Nacional (2ª división) en la temporada 2006/07. Desde entonces ha logrado posiciones discretas entre la 12º y 14º en la Superliga, logrando en la última temporada (2009/10) la 5º posición del Grupo C. Como institución, desde su creación se ha caracterizado por ser un equipo de fútbol con una gran cantera, no obstante, debido a los problemas económicos y de infraestructura, el Valencia C.F. Femenino, no ha podido crecer profesionalmente lo deseado, y en los últimos años ha superado numerosos problemas para poder tener un lugar donde entrenar en condiciones.

Tabla 3*Participantes del equipo 2 (Valencia C.F.).*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	14	17	32	23.43	4.20
Talla	14	156	171	162.00	4.57
Peso	14	44	70	56.21	6.61
Años práctica	14	6	20	13.57	3.65



Figura 9. Participantes pertenecientes a los dos equipos de la muestra. Izquierda, jugadora del Levante U.D. (Equipo 1). Derecha jugadora del Valencia C.F. (Equipo 2).

Una vez configurada la muestra inicial, se procedió a distribuir a las deportistas de ambos equipos (equipos 1 y 2), en dos grupos por equipo: Grupo Experimental (sometido a tratamiento) y Grupo Control (sometido a placebo). La distribución se llevó a cabo de forma aleatoria y sin conocimiento de los evaluadores (doble ciego). La distribución final según el tratamiento recibido, y los datos de edad, talla, peso y años de práctica de los dos grupos se indican a continuación (Tabla 4 y Tabla 5).

Tabla 4

Participantes del Grupo Control.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	16	15	34	26.06	5.04
Talla	16	153	172	163.31	4.88
Peso	16	51	63	56.48	3.61
Años práctica	16	3	20	13.75	4.16

Tabla 5

Participantes del Grupo Experimental.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	18	16	31	22.39	4.35
Talla	18	156	175	163.78	6.14
Peso	18	44	72	57.96	7.30
Años práctica	18	4	19	11.28	4.34

3.2 PROCEDIMIENTO

A los dos equipos participantes en la investigación se les aplicó un estudio doble ciego en el que se suministró una suplementación de DHA o de placebo, durante un periodo de 4 semanas. El estudio se aplicó en dos fases, la primera se llevó a cabo en el período final de la temporada 2007-2008 (Junio 2008) con las jugadoras pertenecientes al equipo Levante U.D. (equipo 1, $n=20$). La segunda fase se aplicó a las jugadoras del equipo de fútbol Valencia C.F. (equipo 2, $n=14$), siendo esta vez al principio de la temporada 2009-2010 (Octubre 2009).

En cada uno de los equipos, las participantes fueron asignadas al grupo experimental o grupo control de forma aleatoria. Las deportistas del grupo experimental recibieron una suplementación nutricional de 3.5gr. de DHA diarios (Aligatrium Plus©, Brudy Technology, Barcelona), mientras que las deportistas del grupo control tomaron placebo (aceite de oliva suministrado en capsulas de igual distribución, aspecto y textura que el DHA, preparado especialmente para el estudio). Todas ellas tomaron 5 comprimidos diarios en el desayuno y sin masticar. Para las deportistas del grupo experimental el tratamiento supuso la ingestión de 105 gr. de DHA.

Respecto a la elección de esta dosis, cabe señalar que la OMS recomienda una cantidad diaria de DHA de 150mg al día; y la Asociación Internacional para Estudios de los Ácidos Grasos y Lípidos (ISSFAL), 650 mg al día. Al revisar las investigaciones realizadas en contextos extrapolables, encontramos estudios previos que utilizan cantidades que oscilan entre 400 y 1200 mg/d (McNamara et al., 2010), hasta 6g/d (Buckley et al., 2009). Por ejemplo, en una investigación muy semejante a la que aquí se presenta, también realizada con deportistas, Fontani et al. (2009), utilizan un suplemento de Omega-3 combinado de EPA+DHA y Policosanol, siendo la ingestión diaria de Omega-3 de 2,25g/d (1,2g de EPA y 0,6g de DHA). A partir de estas revisiones, finalmente se estimó que, por tratarse de deportistas de élite, nuestras deportistas probablemente tendrían un mayor nivel de desgaste

fisiológico y elevados requerimientos de exigencia neural para mantener la eficacia en la práctica, por lo que necesitarían un incremento en la cantidad de DHA consumido, escogiendo para este estudio una dosis elevada (3.5g/d), pero por debajo de las máximas. A esta decisión contribuyó el hecho de que la duración del tratamiento era breve y podía enfocarse como una intervención aguda.

3.2.1.- OBTENCIÓN DEL CONSENTIMIENTO.

Cada deportista fue informada de forma oral y por escrito de la metodología del estudio así como de las distintas determinaciones que se iban a realizar, y de los objetivos de las mismas. Así mismo, todas las deportistas fueron informadas de las características del producto que ingirieron durante 4 semanas y de los posibles efectos indeseables que podrían aparecer durante su toma. Todas ellas firmaron un consentimiento informado de participación en el proyecto (Anexo 1), y un consentimiento informado para cada una de las pruebas realizadas.

El estudio fue sometido a la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Valencia. El protocolo del estudio cumple los condicionantes que la Conferencia de Helsinki marcó para temas de investigación en humanos.

3.2.2.- CRITERIOS DE SELECCIÓN Y EXCLUSIÓN.

Con objeto de seleccionar a las deportistas participantes en el estudio, y previamente a su distribución y agrupamiento, se establecieron los criterios básicos para esta participación, así como los posibles criterios de exclusión. Todas estaban sanas, no sufrían ningún tipo de padecimiento crónico, no eran consumidoras habituales de tratamientos farmacológicos que pudieran influir en las respuestas fisiológicas o bioquímicas a analizar en el presente trabajo, no consumieron en el mes anterior al inicio del estudio ni durante la realización del mismo alimento funcional enriquecido con ácidos grasos poli-insaturados, no eran fumadoras, ni tampoco consumidoras habituales de bebidas alcohólicas.

Durante estas cuatro semanas de consumo del producto, cada deportista realizó una encuesta alimentaria; mediante el método retrospectivo “Recuento 24 horas”. Los datos se recogieron durante un periodo de 7 días (5 laborables y 2 festivos). Los datos obtenidos nos permitieron controlar que la alimentación de las participantes fue adecuada, no excluyéndose ninguna por este motivo.

3.2.3.- PROTOCOLO EXPERIMENTAL.

Las medidas fueron realizadas por todas las deportistas en dos ocasiones: basal/pre-Suplementación (pre-S) y tras 4 semanas de ingesta diaria del producto entregado (post-S). Tanto en la medida pre-S como en la post-S, se siguieron exactamente los mismos métodos y sistemas, así como también el orden y temporalización en la ejecución de las medidas.

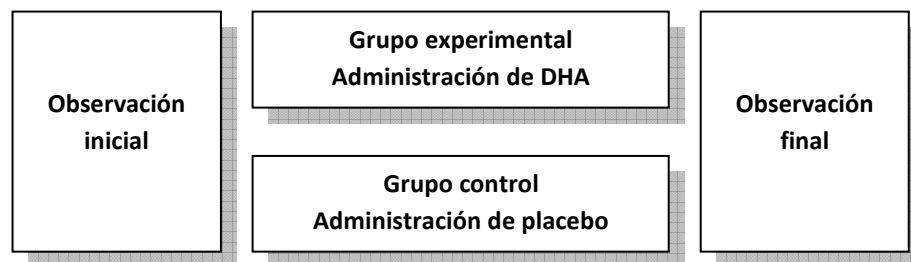


Figura 10. Esquema del procedimiento del estudio.

Todas las pruebas se aplicaron con normalidad y sin ningún incidente. Los test y pruebas resultaron bastantes asequibles para los sujetos. El protocolo experimental exigía para empezar, realizar una explicación aclarando los detalles del estudio, objetivos y características del mismo, a continuación se les entregaba a las jugadoras la hoja de consentimiento (Anexo 1), la cual debían leer detenidamente, preguntar las dudas o cuestiones que tuvieran y finalmente firmarla.

El orden de las jugadoras para realizar las diferentes pruebas se estableció unos días antes de cada una de las mediciones. Con la ayuda de los responsables de cada uno de los equipos participantes (preparador físico del

Levante U.D. Femenino y preparador físico del Valencia C.F. Femenino), se configuró un horario de actuación en cada equipo, de forma que ellos tuvieran claro el orden y la temporalización establecidos, para que pudieran citar a las jugadoras conforme a lo que se había establecido y con el objetivo de evitar problemas y pérdidas de tiempo innecesarias. No fue necesario el aviso previo a las deportistas ya que las pruebas se realizaban en horario habitual de entrenamientos.

Una vez se obtenía el consentimiento de las futbolistas, se procedía a realizar las pruebas planificadas (se explicarán detalladamente en el apartado **3.3**) de forma individual con cada deportista. El orden de la toma de medidas fue el siguiente:

- 1º Cuestionario POMS (Profile of mood states): para comprobar el estado de ánimo de las deportistas.
- 2ª Cuestionario PGWB (Índice de bienestar psicológico de Dupuy): con la intención de conocer el bienestar psicológico de las jugadoras.
- 3º Prueba “Tiempo de reacciones múltiples”: para medir el tiempo de reacción selectivo complejo.
- 4º Test de Illinois: para medir la agilidad. Se realizó un calentamiento general antes del test de agilidad, consistente en 15 minutos de carrera continua, 4 progresiones de 40 metros cada una, y 5 minutos de movimientos articulares.

Una vez realizadas todas las pruebas, las deportistas (en la medida pre-S) recibían su correspondiente tratamiento. Según lo establecido, unas recibían el DHA y otras el placebo. No obstante, ninguna deportista ni ningún investigador participante sabían quién recibía DHA o placebo. Seguidamente se le agradecía a cada una de las jugadoras su colaboración en el estudio.

3.3 MATERIAL E INSTRUMENTAL

Los instrumentos utilizados en el estudio fueron los siguientes:

- 1- Test de Illinois.
- 2- Prueba “Tiempos de reacciones múltiples”.
- 3- Cuestionario “Perfil de Estados de Ánimo” (POMS).
- 4- Escala de bienestar psicológico percibido (PGWB).

A continuación se exponen las características de cada uno de los instrumentos utilizados y las variables evaluadas a partir de cada uno de ellos.

3.3.1.- AGILIDAD: TEST DE AGILIDAD DE ILLINOIS. (Pauole, Madole and Lacourse, 2000; Roozen, 2004), considerado como un buen indicador de la capacidad de una persona para acelerar, desacelerar, dar vueltas en diversas direcciones y correr en diversos ángulos.

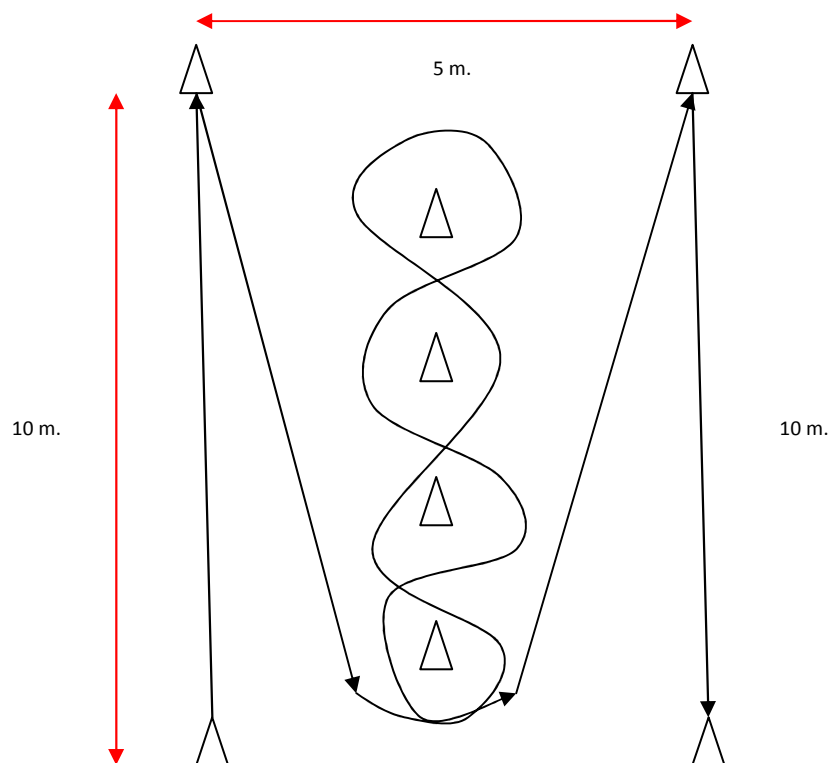


Figura 11. Test de Agilidad de Illinois.

El test de Illinois se configura con cuatro conos que forman el área de agilidad (10 metros de largo x 5 metros de ancho). Un cono marca el inicio, otros dos marcan los puntos de inflexión y otro cono marca el final del test. Dentro del área de test, hay cuatro conos más, colocados a 3,3 metros cada uno.

Antes de la realización del test, un miembro del equipo investigador realizaba una demostración y explicaba las instrucciones de la prueba. Todas las jugadoras empezaban el test desde la posición de “tumbadas boca abajo” y con las manos al nivel de los hombros. Cada jugadora podía realizar una vez el recorrido antes de realizar el test. A continuación, cada una de ellas realizaba dos veces el test de Illinois, a la máxima velocidad posible y sin saltarse ningún cono. Se dejaba como mínimo 3 minutos entre cada intento y se anotaban los tiempos de las dos tentativas, siendo el mejor de ellos el que se utilizó para el posterior análisis estadístico.

En la prueba para medir la variable agilidad (Test de Illinois) se utilizó un sistema de fotocélulas para registrar los tiempos empleados por las deportistas en recorrer el circuito. Este sistema era activado por un sonido de silbato y se paraba cuando la participante pasaba por las dos fotocélulas situadas al final del circuito. El tiempo empleado aparecía en el monitor y a continuación se apuntaba en la hoja de recogida de datos donde estaban todos los sujetos de estudio.



Figura 12. Arriba, Jugadoras del equipo 1 realizando el Test de Illinois con el sistema de fotocélulas. Abajo, sistema de fotocélulas utilizado, con su monitor de tiempos.

Los tiempos de referencia para este test oscilan entre 16 y 18 segundos (Miller, Herniman, Ricard, Cheatham and Michael, 2006; Vescovi and McGuigan, 2007). Sin embargo, hay estudios realizados con futbolistas varones profesionales, donde los tiempos pueden llegar a oscilar entre los 14 y 15 segundos (Amiri-Khorasani, Sahebozamani, Tabrizi and Yusof, 2010).

Antes de seguir adelante puede ser pertinente indicar que algunos autores han creído oportuno usar versiones modificadas del test de Illinois para sus investigaciones. Entre ellos, Vescovi y McGuigan (2007), hicieron una versión reducida del test de Illinois, alegando estos autores que en la versión original del test puede influir más la capacidad de esprintar en distancias cortas, que la habilidad para cambiar de direcciones. Estos autores redujeron el test de forma que los sujetos realizaban menos sprints y con menos distancia, pero con los mismos giros y cambios de dirección que con el test original. Los tiempos finales para esta modificación oscilaban entre 10 y 11 segundos.

Cierto es que, el test de Illinois, al ser un test de agilidad, está diseñado para medir la habilidad del deportista y su velocidad específica (coordinación), por tanto mide el componente más “técnico” de la velocidad, y está escasamente relacionado con la velocidad de reacción selectiva compleja.

Además, al ser un test de bastante duración (16-18 segundos), puede llegar el punto de que influya más la propia velocidad (capacidad) del deportista que la agilidad para superar el test. Por esta razón, un test similar, más corto y con menos tramos rectos, podría ser más adecuado para medir la agilidad de los deportistas. Pero en cualquier caso, para este trabajo se seleccionó la versión original, y por tanto larga, del test.

3.3.2.- TIEMPO DE REACCIÓN SELECTIVO COMPLEJO: prueba “Tiempo de reacciones múltiples”.

Para la medición del tiempo de reacción selectivo complejo se empleó la prueba denominada “Tiempo de reacciones múltiples” a través de un equipo de simulación por ordenador que presentaba estímulos visuales y auditivos y registraba respuestas simples. Este instrumento forma parte de la batería ASDE DRIVER-TEST (General ASDE, 2005; Monterde, 2005; Monterde, Docavo, Uranga y Iñesta, 1986), constituida por un conjunto de pruebas psicológicas resultado de la adaptación al ordenador de varios instrumentos clásicos, desarrollados para evaluar aptitudes psicofísicas y habilidades perceptivas relacionadas con la conducción y el manejo de máquinas complejas.

Los elementos de que consta el sistema son el soporte de la Batería (cartucho ROM) más cuatro elementos mínimos de la configuración del sistema físico:

- Unidad de presentación de estímulos o monitor de vídeo, en color y gráfico, modelo COMMODORE 1084.
- Unidad de respuestas del sujeto, con las llaves de respuesta manual dispuestas sobre ella y con dos pedales conectados a través de cable, modelo exclusivo ASDE DRIVER-TEST.
- Unidad de monitorización de respuestas del sujeto para el examinador, modelo exclusivo ASDE DRIVER-TEST.
- Unidad de control y procesamiento u ordenador ASDE DRIVER-TEST, mod. N845 con su correspondiente cableado.

El test “Tiempos de reacciones múltiples”, se utilizó para medir el tiempo de reacción selectivo complejo, y consistió en la presentación a la participante de 4 estímulos visuales (un círculo rojo, un círculo verde, un aspa blanca y una cruz blanca) así como dos estímulos auditivos (un sonido agudo y un sonido grave). Ante cuatro estímulos (dos visuales y dos auditivos) había que contestar lo más rápidamente posible pulsando con la mano derecha, mano izquierda, pie derecho o pie izquierdo según correspondiera, y ante los dos estímulos visuales restantes no había que emitir respuesta.

Las deportistas estaban situadas a 1 metro de la pantalla del ordenador, sentadas en una silla, con los pies en los pedales y las manos en los botones correspondientes, preparadas para responder ante los estímulos. La administración completa de la prueba constó de tres fases; aprendizaje-demostración, ensayo y finalmente, la fase final de test. Cada fase del test consistió en el pase repetitivo de una serie de estímulos, elegida al azar automáticamente por el ordenador de entre seis posibles preprogramadas, hasta completar el número total de ítems o presentaciones que tenía configurada la prueba (36), ante los que el participante tenía que intentar responder correctamente y en el menor tiempo posible.

Al finalizar la prueba se obtuvieron cinco resultados: número de aciertos, número de errores, número de estímulos no contestados, tiempo medio de reacción (TMRG) y tiempo medio de reacción en aciertos (TMRA). Estos resultados directos se completaron con el cálculo de la Precisión (aciertos – errores) y de un índice de eficacia del tiempo de reacción selectiva compleja (IERSC) a partir de la siguiente expresión:

$$(Aciertos - errores) / \text{Tiempo medio de reacción (TMRG)}.$$



Figura 13. Sistema computarizado (COMMODORE 1084) utilizado para la prueba “Tiempos de reacciones múltiples” para medir el tiempo de reacción selectivo complejo y la eficacia de las respuestas. Izquierda, visión general de la pantalla y jugadora realizando la prueba. Derecha, pedales para responder a las señales correspondientes con los pies.

El registro de datos de la prueba “Tiempo de reacciones múltiples, se hacía mediante cámara digital, haciendo directamente fotografías a las pantallas de resultados. Se eligió este sistema porque la computadora utilizada en esta prueba era muy especializada y algo antigua, con lo que su sistema de almacenamiento de datos era muy complicado, confuso y poco fiable. Por esta razón, se optó por almacenar fotografías de los resultados (con dos cámaras digitales por si alguna fallaba o se perdían fotos). Los datos de las fotografías se pasaron a la base de datos para posteriormente realizar el análisis estadístico oportuno.

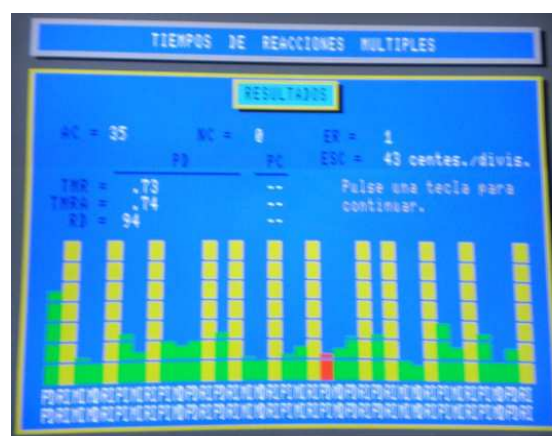


Figura 14. Captura de la pantalla de resultados en la prueba “Tiempo de reacciones múltiples”. En la pantalla se aprecian entre otros, los principales datos que se obtenían: AC (aciertos), NC (no contestadas), ER (errores), TMR (tiempo medio de reacción), TMRA (tiempo medio de reacción en aciertos).

3.3.2.1- Aplicación de la prueba “Tiempos de Reacciones Múltiples”.

Debido a la mayor complejidad de la prueba “Tiempos de reacciones múltiples”, en este apartado se explica detalladamente la aplicación de la misma. La administración completa de la prueba consta de tres fases; Aprendizaje-demostración, ensayo y test.

Fase de aprendizaje-demostración

Esta fase tiene como objeto que el participante comprenda la prueba y se familiarice con el manejo de los mandos, y que el investigador pueda explicar las características de la prueba y dar las instrucciones oportunas.

En una primera parte se le pide al participante que pulse correctamente con las manos y los pies. En la segunda parte se presenta la pantalla básica donde se realizará la prueba, con una tabla guía con las claves de respuesta correspondientes a los estímulos que aparecerán en el test. Seguidamente se presenta una serie de 12 estímulos a los que el participante debe responder según la tabla guía de la pantalla, intentando memorizarla.

Fase de ensayo

Esta fase busca cerciorarse de que el participante se encuentra preparado y ha comprendido perfectamente la tarea a realizar. El sujeto realiza la prueba con idénticas características a las que tendrá la fase de test, pero cuando se equivoca recibe feedback. Termina cuando el participante alcanza el “Criterio de Aprendizaje Óptimo”, que está preprogramado para el test y cuya consecución asegura la correcta comprensión de la prueba antes de su realización y la estandarización de los pases e igualdad de condiciones mínimas en todos los sujetos antes de enfrentarse al test.

Se indica al participante que está en la fase de ensayo y que debe responder correctamente y lo más rápidamente posible a los estímulos que aparezcan en la pantalla, sin la ayuda de la tabla guía, que ya no aparece en

ella. Cuando la respuesta es correcta no aparece ningún mensaje, sin embargo, cuando la respuesta es incorrecta aparece el siguiente mensaje "ERROR", que permanece durante todo el intervalo interestímulo siguiente, transcurrido el cual desaparece el mensaje y se presenta el estímulo fallado y un mensaje indicativo de la respuesta correcta. Este proceso es cíclico repitiéndose hasta que el sujeto responde correctamente al estímulo. Una vez conseguido, la fase se reinicializa automáticamente con una nueva serie, con lo que el proceso se repite hasta que no se comete ningún error en una serie completa, compuesta por dos presentaciones de cada uno de los estímulos de la prueba (Criterio de Aprendizaje Óptimo).

La estructuración de esta fase, las instrucciones y su eficacia han sido estudiadas durante el periodo de experimentación de la batería, con criterios psicopedagógicos de aplicación a la E.A.O (Enseñanza Asistida por Ordenador) y según normas dictadas por la Comisión de Normalización (General Asde, 2005).

La fase de test

Es la prueba propiamente dicha, teniendo como objetivo el registro del rendimiento del sujeto en la habilidad que pretende medir la prueba. El test consiste en el pase repetitivo de una serie, elegida al azar automáticamente por el ordenador de entre seis posibles preprogramadas, hasta completar el número total de ítems o presentaciones que tiene configurada la prueba (36), a los que el participante tiene que intentar responder correctamente y con el menor tiempo posible. Al finalizar la fase de test aparece la pantalla con resultados obtenidos.

3.3.3.- ESTADO DE ÁNIMO: POMS (Profile of mood states).

(Figura 15 y Anexo 2). El Perfil de Estados de Ánimo (POMS) de McNair, Lorr y Droppleman (1971) es un test originalmente desarrollado para evaluar respuestas a drogas psicoactivas en pacientes con desórdenes clínicos del estado de ánimo. Su manual de instrucciones declara como objetivo, "evaluar

estados de ánimo o estados afectivos transitorios fluctuantes" (McNair et al., 1971; McNair, Lorr and Droppleman, 1992). En su versión original, se trata de un instrumento de medida compuesto en origen por 65 adjetivos, que representan a siete dimensiones del afecto, dos de ellas positivas: *vigor* y *amistad*, y cinco negativas: *tensión*, *depresión*, *cólera*, *fatiga* y *confusión* (Andrade, Arce, Armental, Rodríguez y de Francisco, 2008). Finalmente, de la versión original del test de 65 ítems se evalúan 58, ya que inicialmente poseía un factor "amistad" que no probó ser separable de Vigor (Barrios, 2007).

El POMS es un test versátil y ampliamente utilizado en investigación. Desde sus inicios ha sido objeto de diferentes versiones que han tenido como fin simplificar su contenido, ya sea midiendo todos los factores con un número menor de ítems, o utilizando un número menor de factores (Barrios, 2007). En el primer caso se encuentran una versión de 37 ítems (Baker, Denniston, Zabora, Polland and Dudley, 2002), la versión alemana de 35 ítems (Albani, Blazer, Geyer, and Schmutzer, 2005) y una versión de 24 ítems para atletas (Terry, Lane and Fogarty, 2003). Utilizando un menor número de factores se encuentran la versión corta Vigor-Fatiga, conocida como POMS-C, y la propuesta que elimina las escalas de Depresión y Confusión (Arruza, Balagué y Arrieta, 1998). También se ha validado, mediante el POMS, una prueba de carácter visual (Barrios, 2007), para evaluar estados de ánimo en pacientes neurológicamente deteriorados (VAMS: Visual Analog Mood Scales, de Stern).

Respecto a la versión española del POMS, los primeros trabajos encaminados a crear una versión en castellano del cuestionario empezaron con una traducción directa, de 58 ítems, con los baremos para la población de estudiantes valencianos (Balaguer, Fuentes, Meliá, García y Pérez, 1993; Balaguer, Fuentes, Meliá, García y Pons, 1994). Tomando como punto de partida los resultados de estos primeros estudios, Arce, Andrade y Seoane (2000) sometieron la versión de 65 ítems del cuestionario a un proceso de doble traducción (directa e inversa) y realizaron una prueba piloto con una muestra formada por 374 estudiantes universitarios. Arce et al. (2000), emplearon criterios tanto estadísticos como conceptuales para configurar una lista en

deportistas con más éxito, al que denominó *Perfil Iceberg* (figura 16). Dicho perfil, se refiere a la descripción de una visualización de datos de los deportistas en el POMS, donde los estados de tensión, depresión, cólera, fatiga y confusión se sitúan bajo el percentil 50, y el vigor está por encima de dicho percentil. Por el contrario, cuando las escalas negativas son las que proporcionan puntuaciones más altas y la escala de vigor aporta los valores más bajos, la representación gráfica adopta la forma inversa y es lo que se ha denominado *Perfil Iceberg invertido* (figura 17). El perfil iceberg es, en esencia, el perfil de un individuo psicológicamente sano y el POMS se ha revelado como la prueba más efectiva para el propósito de predicción del éxito y del fracaso en este entorno (Morgan, 1980b).

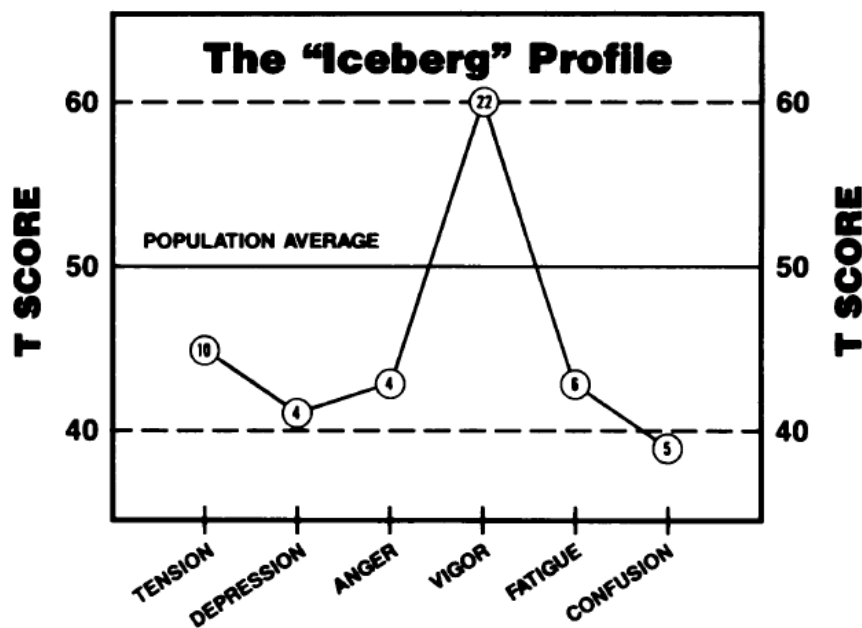


Figura 16. Perfil Iceberg (Morgan et al., 1987).

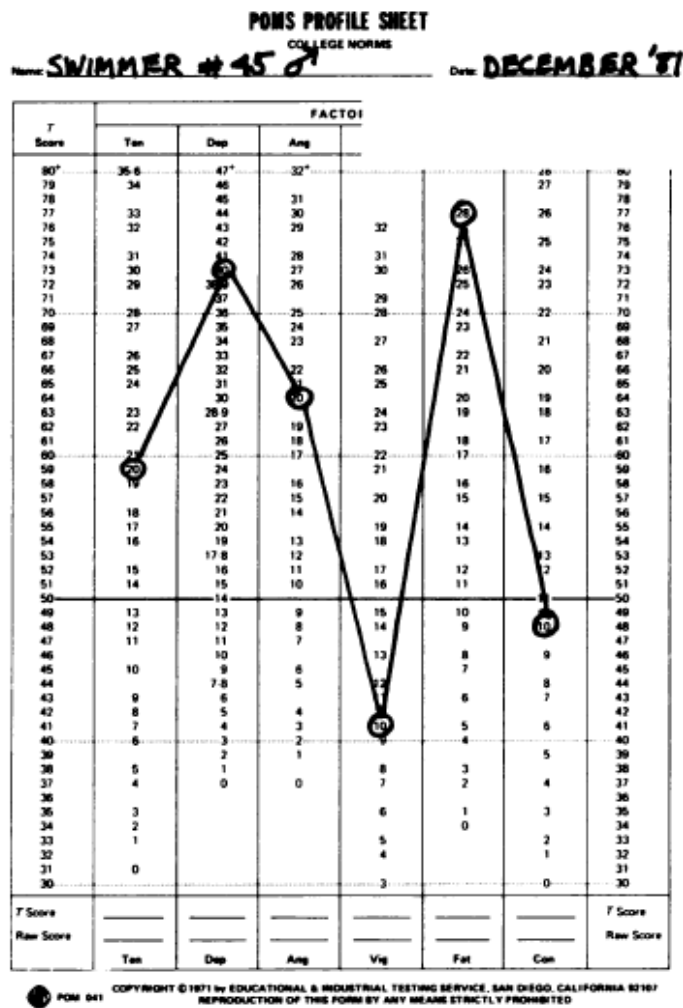


Figura 17. Perfil Iceberg Invertido (Morgan et al., 1987).

Tanto el Perfil Iceberg (figura 16) como Perfil Iceberg Invertido (figura 17) extraídos de Morgan et al., (1987), son representaciones gráficas del POMS. Las escalas utilizadas en ambas gráficas permiten observar dos formas de medir los resultados transformados del POMS. En la figura 16 se observan los resultados transformados a valores Tipificados (T-Scores; standarized values); y en la figura 17 el perfil está representado directamente a partir de los valores absolutos (raw values).

Dentro del contexto deportivo español no existe un trabajo sistemático para la evaluación del estado de ánimo en deportistas adolescentes. En este sentido Andrade et al. (2008), se propusieron seleccionar aquellos indicadores que mejor describen cada una de las sensaciones de estado de ánimo del

POMS en este tipo de población. Para ello tomaron como referencia la traducción española realizada por Arce et al. (2000), y emplearon tareas propias del escalamiento de objetos para evaluar tanto el nivel de comprensión como el orden de preferencia que los deportistas adolescentes atribuyen a los adjetivos empleados para expresar las sensaciones de tensión, depresión, cólera, vigor, fatiga, confusión y amistad. Con todo ello dieron los primeros pasos en el desarrollo de una forma reducida del POMS para su utilización con deportistas adolescentes en el contexto de la cultura española. Como resultado principal propusieron una versión de tan sólo 33 ítems, frente a los 63 originales. Los principales criterios empleados en la selección de los mejores descriptores fueron tanto su comprensibilidad como el grado de proximidad al significado del factor correspondiente (Andrade et al., 2008).

Para la presente investigación se utilizó la versión española del POMS de 58 ítems (Balaguer et al., 1993). De esta forma las deportistas debían responder a cada uno de los ítems según una escala Likert desde 0 (*nada*) hasta 4 (*muchísimo*), en función de “cómo se hayan sentido a lo largo de la última semana incluyendo el día de hoy” (McNair et al, 1971). Seguidamente de este cuestionario se obtuvieron las medidas de las escalas: tensión, depresión, cólera, vigor, fatiga y confusión; y una medida global del estado de ánimo. Según indican autores como Fontani et al. (2009) y McNair et al. (1971), a partir de la puntuación de 0 a 4, y del número de ítems que conformaba cada escala, encontramos los siguientes rangos, de menor a mayor valor posible: tensión (40-99), ansiedad (34-85), fatiga (88-37), confusión (32-92), depresión (41- 91) y una escala positiva: vigor (24-75).

Para la valoración general del estado de ánimo, la medida global se obtiene mediante la suma de los 5 factores negativos y substrayendo el único factor positivo, vigor, (Morgan et al., 1987). Sin embargo, en esta investigación, para la medida global del estado de ánimo de las deportistas, se optó por el índice (iPOMS) utilizado por los autores italianos Fontani et al. (2009). Según este sistema, se dividía al único estado positivo (vigor) por el valor medio del resto de estados negativos, quedando expresado de la siguiente forma:

Valoración General del Estado de Ánimo (iPOMS; Fontani et al., 2009):

$$\text{Estado de ánimo} = \text{Vigor} / ((\text{Tensión} + \text{Depresión} + \text{Cólera} + \text{Fatiga} + \text{Confusión})/5).$$

3.3.4.- BIENESTAR PSICOLÓGICO: PGWB. (Índice de bienestar psicológico de Dupuy).

La escala *Psychological general well-being (PGWB) index* de Dupuy, (1984), en su versión en castellano (González, Sáiz, Pedregal y Bousño, 1996), (Anexo 3), a diferencia del POMS, es una escala de lectura más positiva, que está diseñada con el objetivo de obtener un índice que permita medir estados emocionales intrapersonales que expresen un sentimiento subjetivo de bienestar o distrés. Consta de un total de 22 ítems que evalúan seis estados intrapersonales: ansiedad, vitalidad, autocontrol, humor deprimido, salud general y estado psicofísico. Puede ser utilizado en forma autoadministrada o heteroadministrada, especialmente en el caso de personas con retraso mental leve, psicosis, analfabetismo, etc. En caso de hetero-administración, el entrevistador ha de tener siempre presente que es el estado real, no el que el entrevistado piense que el examinado debería reflejar, el que debe determinarse. El tiempo de administración es corto, oscilando entre 8 y 15 minutos (González, Sáiz, Pedregal y Bousño, 1996).

<p>Las siguientes preguntas se refieren a cómo se ha sentido Ud. las últimas tres semanas, por favor, ponga una marca en la casilla que Ud. crea que se aproxima más a cómo se ha encontrado</p> <p>1. Durante las tres últimas semanas: ¿Cómo se ha sentido? De muy buen humor De buen humor en general He tenido muchos altibajos De mal humor en general De muy mal humor</p> <p>2. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido alterado por sus nervios? Mucho Bastante Algunas veces Un poco En absoluto</p> <p>3. Durante las tres últimas semanas: ¿Ha notado Ud. adecuadamente sus pensamientos, sentimientos o actos? Si, totalmente Si, en general No demasiado No, casi en absoluto En absoluto</p> <p>4. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido feliz? ¿Se ha sentido sin ánimo y sin esperanza hasta el punto de pensar que la vida no vale la pena? Mucho Bastante Algunas veces Un poco En absoluto</p> <p>5. Durante las tres últimas semanas: ¿Ha estado Ud. sometido a fuertes tensiones o estrés? Si, más de lo que podría soportar Si, más de lo normal Si, como siempre Si, un poco No, en absoluto</p> <p>6. Durante las tres últimas semanas: ¿Se encuentra Ud. feliz y satisfecho con la vida que hace? Muy satisfecho Bastante satisfecho Satisfecho en general Algo insatisfecho Muy insatisfecho</p>	<p>7. Durante las tres últimas semanas: ¿Ha tenido Ud. la sensación de estar perdiendo el control de sus pensamientos o actos? En absoluto Solo un poco No suficiente como para preocuparse por ello Si, bastante a menudo Si, muy a menudo</p> <p>8. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido ansioso, preocupado o alterado? Mucho Bastante Algunas veces Un poco En absoluto</p> <p>9. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido íntimo y descansado al levantarse? Todos los días La mayoría de los días Menos de la mitad de los días No a menudo En absoluto</p> <p>10. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido preocupado por alguna molestia o dolor o ha estado por su salud? Todo el tiempo La mayoría del tiempo Algunas veces Poco En absoluto</p> <p>11. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha dedicado y entretenido con las cosas que le interesan? Todo el tiempo La mayoría del tiempo Algunas veces Poco En absoluto</p> <p>12. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido desanimado y triste? Todo el tiempo La mayoría del tiempo De vez en cuando Muy ocasionalmente En absoluto</p> <p>13. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido estable y seguro de sí mismo? Todo el tiempo La mayoría del tiempo Algunas veces De vez en cuando Nunca</p>	<p>14. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido cansado, rendido o agotado? Todo el tiempo La mayoría del tiempo Algunas veces De vez en cuando Nunca</p> <p>15. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido deprimido? Si, mucho Si, un poco Suficiente como para preocuparse Un poco deprimido de vez en cuando No, en absoluto</p> <p>16. Durante las tres últimas semanas: ¿Cómo se ha sentido de tenso? Especialmente tenso todo el tiempo Muy tenso la mayoría del tiempo Un poco tenso a veces Bastante, casi todo el tiempo En absoluto tenso</p> <p>17. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido lo suficiente bien como para hacer las cosas que le gustan o que sentía que hacer? Si, desde luego Si, la mayoría del tiempo La mitad del tiempo No a menudo No a menudo No a menudo</p> <p>18. Durante las tres últimas semanas: ¿Cuánta energía o vitalidad ha tenido? Mucha energía Bastante energía, la mayoría del tiempo Ha estado muerta, con alfileres Poca energía la mayoría del tiempo Ninguna energía</p>	<p>19. Durante las tres últimas semanas: ¿Ha tenido preocupaciones o temores sobre su salud? Si, continuamente La mayoría del tiempo De vez en cuando No mucho En absoluto</p> <p>20. Durante las tres últimas semanas: ¿Se ha sentido activo y con energía? Muy activo todo el día Generalmente activo Algo activo Para vez activo No activo en absoluto</p> <p>21. Durante las tres últimas semanas: ¿Cómo se ha encontrado de alegre? Nada en absoluto Solo un poco de vez en cuando Como la mitad del tiempo Bastante, casi todo el tiempo Mucho, todo el tiempo</p> <p>22. Durante las tres últimas semanas: ¿Cómo se ha encontrado de relajado? Muy relajado todo el tiempo Generalmente relajado Relajado la mitad del tiempo Paradamente me he sentido relajado En absoluto relajado</p>
--	---	--	--

Figura 18. Psychological General Well-Being Index. Dupuy, (1978, 1984), extraído de González et al. (1996). Ver Anexo 3.

Paralelamente, Grossi, Groth, Mosconi, Cerutti, Pace y Compare (2007), desarrollaron y validaron una versión corta del PGWB (PGWB-S), en la que redujeron los 22 ítems a 6 ítems que representaban 5 dimensiones de las 6 que consistía el cuestionario original y obtuvieron medidas en el estado de bienestar global entre 71,5 y 75,3 (Grossi et al., 2007).

En cuanto a la versión castellana del PGWB, encontramos propuestas diferentes. Según Gonzalez et al. (1996), cada ítem puntúa de 1 a 5 puntos en función de la intensidad o frecuencia con que el sujeto experimenta cada uno de los estados afectivos durante las tres últimas semanas. De esta forma, la puntuación total oscila pues, entre 22 y 110 puntos; con una lectura global ascendente, en la que, a mejor puntuación obtenida, mayor bienestar psicológico y viceversa.

Badía, Gutiérrez, Wiklund y Alonso (1996), adaptaron el cuestionario original, aumentando en el número de opciones de respuesta a 6 en lugar de 5, manteniendo las 6 dimensiones (bienestar positivo, autocontrol, vitalidad, salud general, depresión y ansiedad) y un total de 22 ítems. La puntuación en este caso oscila de 22 a 132.

Posteriormente se han realizado estudios en los que han utilizado ambas versiones. Por ejemplo, Baltar, Ortega, Rebollo, Gómez, Laures y Álvarez-Grande (2002), utilizaron la versión de Badía et al. (1996), con una puntuación teórica que oscila entre 22 y 132 puntos que corresponden a una escala tipo «Likert» con 6 opciones de respuesta y calcularon el *Índice de bienestar psicológico* (IBP): que valora las dimensiones ansiedad, depresión, estado de ánimo positivo, vitalidad, autocontrol y salud. Además describieron un punto de corte para la puntuación de este instrumento, por debajo del cual (94 puntos) marcaba la presencia de «probable malestar psicológico». Por otro lado, García (2010) utilizó la versión de Gonzalez et al. (1996), que calculó el bienestar psicológico a partir de la suma de los ítems del cuestionario, teniendo en cuenta que los ítems de las subescalas de ansiedad y humor deprimido usaron escalas de puntuación inversas. En su investigación García (2010), la máxima

puntuación posible fue de 110 (22 ítems x 5) y la mínima de 22 (22 ítems x 1), obteniendo en su estudio una puntuación positiva media, cercana a 80.

Para esta investigación se empleó la versión del PGWB, traducida al castellano por González et al. (1996), y que también utilizó García (2010). Consta de un total de 22 ítems que evalúan una dimensión de primer orden, el bienestar psicológico y seis dimensiones de segundo orden que corresponden a la percepción de seis estados intrapersonales: ansiedad, vitalidad, autocontrol, humor deprimido, buena salud general y estado psicofísico positivo. Para cada ítem existen 5 opciones, de las cuales el sujeto tiene que elegir una. Cada una de las opciones recibe una puntuación de 1 a 5 en la medida en que recoge menor o mayor puntuación de la dimensión a la que pertenece. La valoración final del bienestar psicológico se realizó sumando las puntuaciones de las seis dimensiones.

Siguiendo a García (2010) y a González et al. (1996), la dimensión ansiedad se midió a través de los ítems 2, 5, 8, 16 y 22 (p.ej. *Durante las tres últimas semanas se ha visto alterado por sus nervios: Mucho, bastante, algunas veces, un poco, en absoluto*). La dimensión vitalidad se midió mediante los ítems 9, 11, 14, 18 y 20 (p.ej. *Durante las tres últimas semanas ¿se ha sentido fresco y descansado al levantarse?: Todos los días, la mayoría de los días, menos de la mitad de los días, no a menudo, en absoluto*). La dimensión autocontrol se midió a través de los ítems 3, 7 y 13 (p.ej. *Durante las tres últimas semanas ¿ha controlado usted adecuadamente sus pensamientos, sentimientos o actos?: Sí totalmente, sí en general, no demasiado, no casi en absoluto, en absoluto*). La dimensión humor deprimido se midió a través de los ítems 1, 4, 12, 15 y 21 (p.ej. *Durante las tres últimas semanas ¿cómo se ha sentido?: de muy buen humor, de buen humor en general, he tenido muchos altibajos, de mal humor en general, de muy mal humor*). La dimensión de buena salud general se midió a través de los ítems 10 y 19 (p.ej. *Durante las tres últimas semanas ¿se ha sentido preocupado por alguna molestia o dolor o ha temido por su salud?: En absoluto, no a menudo, menos de la mitad de los días, la mayoría de los días, todos los días*). Por último la dimensión estado

psicofísico positivo se midió a través de los ítems 6 y 17 (p.ej. *Durante las tres últimas semanas ¿se encuentra usted feliz y satisfecho con la vida que hace?: Muy satisfecho, bastante satisfecho, satisfecho en general, algo satisfecho, muy insatisfecho*).

3.4 DISEÑO Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Esta investigación responde a un diseño experimental comparativo de dos grupos (experimental y de control), utilizando el método selectivo.

3.4.1- VARIABLES INDEPENDIENTES.

Las variables independientes son el Grupo experimental (DHA) y el Grupo control (placebo)

3.4.2- VARIABLES DEPENDIENTES.

Las variables dependientes por tanto son 4:

1. V. Agilidad: Tiempo en el test de Illinois
2. Tiempo de Reacción Selectivo Complejo
 - 2.1. *Tiempo de Reacción General (TMRG)*
 - 2.2. *Tiempo de Reacción en Aciertos (TMRA)*
 - 2.3. *Precisión (Aciertos-Errores)*
 - 2.4. *Eficacia en el Tiempo de Reacción Selectivo Complejo: Índice de Eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC)*
3. Estado de ánimo
4. Bienestar psicológico

3.4.3- VARIABLES EXTRAÑAS

Con el fin de conseguir que no aparecieran variables que pudieran desvirtuar el correcto desarrollo del estudio se tomaron varias medidas:

- Una de estas medidas fue informar a los sujetos de que debían tener la máxima concentración posible tanto en la velocidad de ejecución (debía ser la máxima) como en la correcta ejecución, tanto en el test de Illinois como en el test de "Tiempos de reacciones múltiples"
- Otra medida fue pedir a los sujetos que realizaran los cuestionarios para medir las variables psicológicas de forma personal y lo más sinceramente posible, rellenando todas las casillas y datos personales sin errores.

Expresado de otra forma, Inicialmente se realizó un estudio descriptivo de todas las variables. Las variables obtenidas en las pruebas se compararon mediante un Análisis de Varianza de medidas repetidas (ANOVA) con un factor intrasujeto; consumo de suplemento (pretest-postest); y dos factores intersujeto: tipo de suplemento (DHA-placebo), y equipo (equipo 1/Levante U.D.-equipo 2/Valencia C.F.). El diseño estadístico por tanto, quedaría de la siguiente forma:

- **Diseño estadístico:** Anova de medidas repetidas
- **Factores intrasujeto (1 nivel):**
 - 1) *Condiciones del muestreo;* que nos sitúa en dos momentos respecto al periodo de Suplementación:
 - 1.1) Antes de iniciar la suplementación o "Pre-Suplementación" (Pre-S).
 - 1.2) Al acabar el periodo o "Post-Suplementación" (Post-S)
- **Factores intersujetos (2 niveles):**
 - 1) *Tratamiento:*
 - 1.1) Suplementación con DHA o Grupo Experimental (GE)
 - 1.2) Suplementación con Placebo (GC)
 - 2) *Equipo:*
 - 1.1) Levante U.D. (E1)
 - 1.2) Valencia C.F. (E2)

Para el análisis de los datos obtenidos en las diferentes pruebas, test y cuestionarios se utilizó el programa estadístico SPSS 17.0 para Windows. Los

resultados más importantes después del análisis se exponen en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS

4. RESULTADOS

En una primera fase se ha realizado un estudio sobre los principales descriptivos media y desviación junto al resumen de los casos extraídos de los test para todas las variables. En una segunda fase, y una vez asumida la distribución normal de las variables, se ha procedido a realizar un Análisis de Varianza (ANOVA) de Medidas Repetidas con el fin de comprobar si los resultados de los distintos test han presentado diferencias estadísticamente significativas en función del tratamiento o factor intrasujeto “Consumo de suplemento”, con dos niveles o momentos de muestreo [pre-suplementación (Pre-S) y post-suplementación (Post-S)]. Para estos análisis de ANOVA se ha tenido en cuenta dos factores inter-grupo o de agrupación: Suplementación con DHA (Grupo Experimental, GE) vs Placebo (Grupo Control, GC); y pertenencia a uno u otro equipo: Levante (E1) vs Valencia (E2), estudiando también los efectos de sus interacciones.

Cuando la prueba de contrastes univariados ha mostrado significación ($p \leq 0,05$), -o una fuerte tendencia práctica, con valores muy cercanos a la misma - se han analizado las pruebas de contrastes intra-sujetos para analizar qué variables se han visto afectadas de forma significativa por el periodo de suplementación. Y las pruebas de contrastes inter- sujetos para estudiar la existencia de significación y el tamaño del efecto, así como la potencia observada en función de las agrupaciones. Este último análisis ha permitido estudiar la posibilidad de diferencias significativas debidas al consumo de DHA frente al placebo. Al igual que se ha mantenido en todos los casos el análisis de las diferencias entre equipos para detectar los posibles cambios atribuidos a este factor. Finalmente, cuando se han encontrado diferencias significativas en las pruebas de contrastes se ha realizado una comparación por pares (ajuste de Bonferroni) para observar la dirección de las mismas, es decir, a favor de qué grupo de los evaluados se han producido las mejoras significativas.

A continuación pasamos a reflejar los resultados de estos análisis para cada uno de los test y sus variables.

4.1 AGILIDAD (Test de Illinois)

Después de analizar esta variable, como se observa en tabla 6, los tiempos empleados por las deportistas del grupo experimental mantienen valores similares tanto en la media Pre-S como en la medida Post-S.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica: Evolución de los valores obtenidos en el Test de Illinois (en segundos) en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Test Illinois pre	G Control	1	17.05	0.54	7
		2	17.64	0.63	5
		Total	17.29	0.63	12
	G Experimental	1	17.05	0.69	10
		2	17.46	0.89	5
		Total	17.18	0.76	15
	Muestra completa	1	17.05	0.62	17
		2	17.55	0.73	10
		Total	17.23	0.69	27
Test Illinois post	G Control	1	16.91	0.51	7
		2	16.04	3.43	5
		Total	16.54	2.15	12
	G Experimental	1	17.10	0.64	10
		2	17.14	1.11	5
		Total	17.11	0.78	15
	Muestra completa	1	17.02	0.58	17
		2	16.59	2.47	10
		Total	16.86	1.54	27

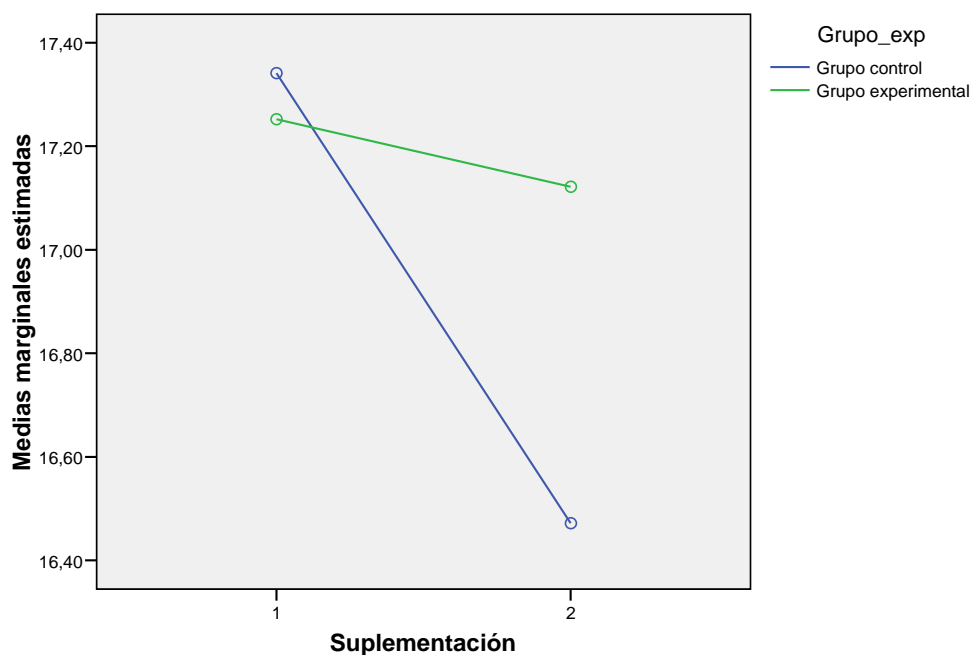
El resultado de la prueba de contrastes multivariados (λ ; Lambda de Wilks) muestra que no se dieron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos (Tabla 7). Tan sólo se observa una tendencia a la significación ($F=3.424$; $\lambda=0.870$; $p=0.077$; $\eta^2=0.130$; $1-\beta=0.426$) para la Suplementación por sí sola; tendencia que desaparece al considerar la ingesta con DHA y el resto de intersecciones.

Tabla 7

Contrastes multivariados según las diferentes intersecciones

Tratamiento	λ	F	gl	Gl	P	η^2 parcial	1- β
Suplementación	0.870	3.42	1	23	0.077	0.130	0.426
Suplementación * Grupo_exp	0.925	1.87	1	23	0.185	0.075	0.259
Suplementación * Equipo	0.889	2.87	1	23	0.104	0.111	0.368
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	0.958	1.01	1	23	0.324	0.042	0.162

Los gráficos de la figura 19 muestran la reducción en el tiempo del test entre los momentos Pre-S y Post-S con independencia de los factores Grupo Experimental y Equipo.

Medias marginales estimadas de agilidad

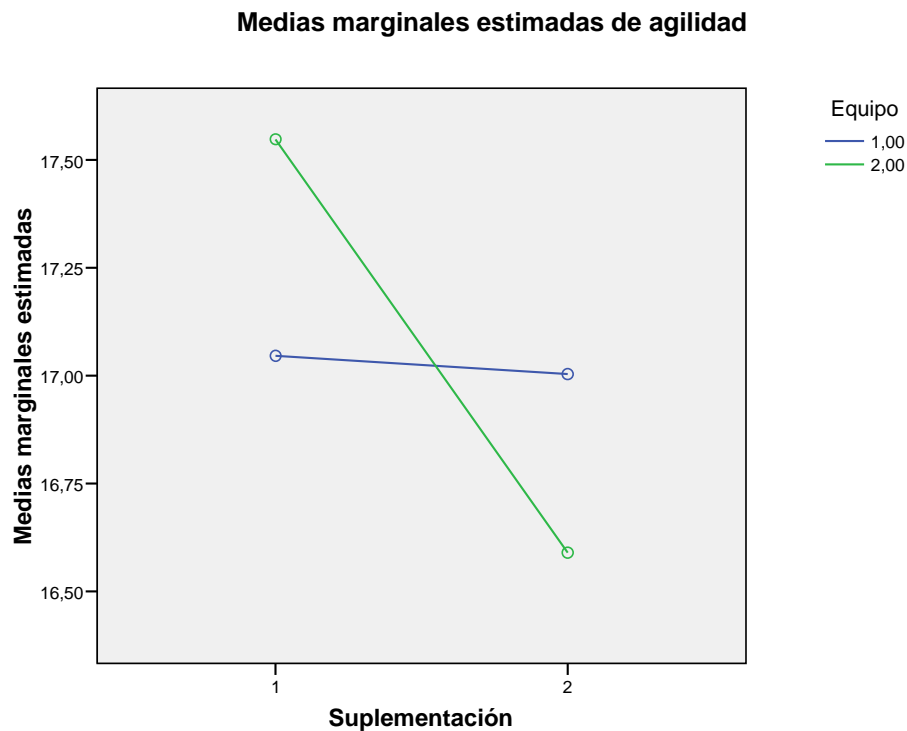


Figura 19

Gráficos para la variable Agilidad. Primer gráfico, diferencias entre grupo experimental y grupo control. Segundo gráfico, diferencias según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

4.2 TIEMPO DE REACCIÓN SELECTIVO COMPLEJO

La Velocidad de Reacción analizada a través de la variable Tiempo de Reacción Selectivo Complejo se obtuvo del test “Tiempo de reacciones múltiples”. Para ello se consideró el análisis de variables dependientes como el tiempo medio de reacción general (TMRG), el tiempo medio de reacción en aciertos (TMRA), la precisión y el Índice de eficacia de la reacción selectiva compleja. Como se ha detallado en la introducción, se realizó un análisis descriptivo de cada una de ellas, seguido de un análisis de varianza con tres factores independientes: la suplementación (Pre-S - Post-S) como factor intra-sujeto; y el tipo de tratamiento (DHA-placebo) y el equipo (1-2) como factores inter-sujeto. Los valores alcanzados por cada uno de estos análisis se indican a continuación.

4.2.1- TIEMPO MEDIO DE REACCIÓN GENERAL (TMRG).

Al considerar el tiempo medio de reacción general de las deportistas se observó (tabla 8) un descenso (y por tanto, mejora) en la media (M) de esta variable en la medida Post-S del grupo experimental (M=0.62s; DT=0.11) respecto a la medida Pre-S (M=0.71s; DT=0.14). Por otro lado, en el grupo control se produjo un empeoramiento de la medida Pre-S (M=0.68s; DT=0.63) a la medida Post-S (M=0.72s; DT=0.16). Al valorar a los equipos, se apreció que los dos mejoraron levemente sus tiempos en la segunda medición y que el Levante UD (E1) tenía siempre mejores valores en esta variable respecto al Valencia CF (E2). Estos fueron para el E1: M=0.66s; DT=0.14 (Pre-S), y M=0.63s; DT=0.11 (Post-S), frente a los del E2: M=0.76s; DT=0.12 (Pre-S), y M=0.72s; DT=0.17 (Post-S).

Tabla 8

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en el TMRG en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
TMRG pre	Grupo control	1	0.62	0.10	9
		2	0.77	0.12	7
		Total	0.68	0.13	16
	Grupo experimental	1	0.69	0.15	11
		2	0.75	0.12	7
		Total	0.71	0.14	18
	Total	1	0.66	0.14	20
		2	0.76	0.12	14
		Total	0.70	0.14	34
	TMRG post	Grupo control	1	0.63	0.10
2			0.83	0.15	7
Total			0.72	0.16	16
Grupo experimental		1	0.64	0.12	11
		2	0.60	0.08	7
		Total	0.62	0.11	18
Total		1	0.63	0.11	20
		2	0.72	0.17	14
		Total	0.67	0.14	34

Estas mejoras de la variable TMRG en la medida post se vieron reflejadas al realizar el análisis de contrastes univariados (tabla 9), donde se encontraron diferencias significativas al considerar la interacción *Suplementación*Grupo experimental* ($F=9.83$; $SC_{III}=0.075$; $gl=1$; $p=0.004$; $\eta^2=0.247$; $1-\beta=0.859$). Como recoge la misma tabla (tabla 9), a pesar de las diferencias que a priori se observaron en esta capacidad para los dos equipos, no se dio significación para las interacciones *Suplementación*Equipo* y *Suplementación*Grupo_Experimental*Equipo*. Tampoco se encontraron diferencias significativas en función de la *Suplementación* por sí sola.

Tabla 9

Contrastes univariados según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente (VD) TMRG

Tratamientos	VD	SC III	gl	MC	F	P	η^2 parcial	1- β
Suplementación	TMRG	0.016	1	0.016	2.11	0.157	0.066	0.290
Suplementación * Grupo_exp	TMRG	0.075	1	0.075	9.83	0.004	0.247	0.859
Suplementación * Equipo	TMRG	0.001	1	0.001	0.16	0.692	0.005	0.067
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	TMRG	0.020	1	0.020	2.63	0.115	0.081	0.349

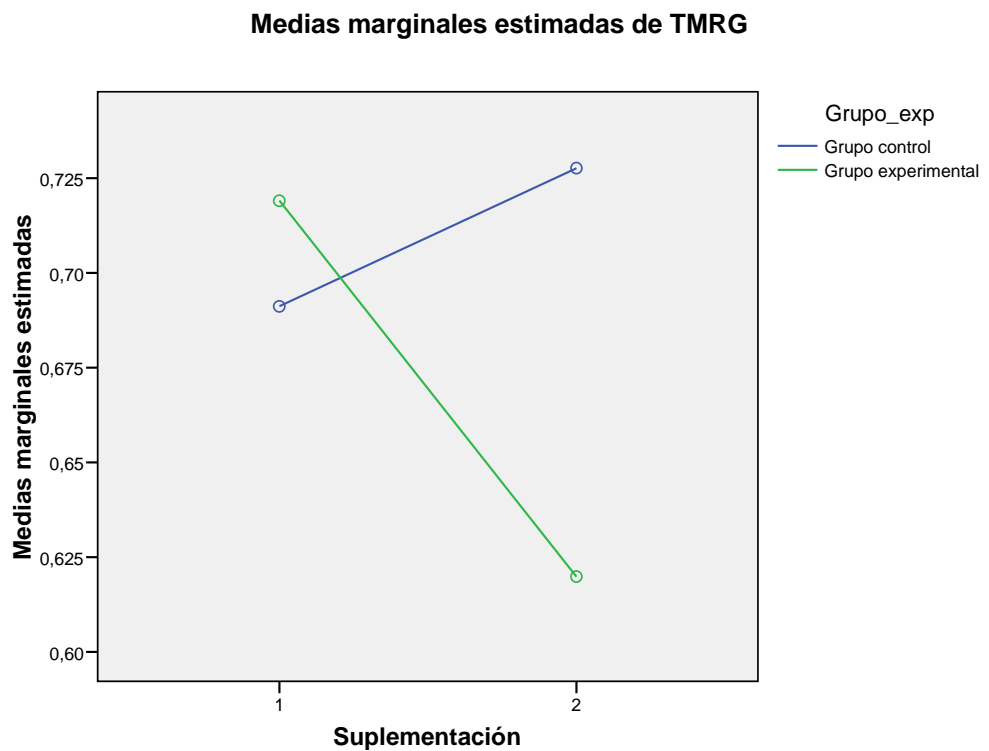
La tabla 10 completa esta información con el resultado de la comparación por pares (Bonferroni Adj) para la interacción significativa *Grupo Experimental*Suplementación*. La significación casi máxima ($p=0.002$), que sólo aparece en el grupo experimental se manifiesta como una reducción en el TMRG respecto a la medida previa al tratamiento con DHA ($p=0.002$, en el registro Post-S frente al Pre-S).

Tabla 10

*Comparación por pares (Bonferroni) resultado de la interacción Grupo_exp*Suplementación para la Variable Dependiente (VD) TMRG.*

Medida	Grupo_exp	(I) Supl.	(J) Supl.	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Signif. (a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
							Límite superior	Límite inferior
TMRG	GC	Post-S	Pre-S	0.036	0.031	0.252	-0.027	0.100
	GE	Post-S	Pre-S	-0.099(*)	0.030	0.002	-0.160	-0.038

En los siguientes gráficos (figura 20) se puede ver claramente como el Grupo Experimental mejoró de forma significativa en la medida Post-S del TMRG (bajando sus tiempos de reacción), mientras en el Grupo Control se produjo el efecto contrario, aumentando sus tiempos de reacción en la medida Post-S. En cuanto al factor Equipo, ambos conjuntos mejoraron en su medida Post-S, siendo el Equipo 1 (Levante U.D) el que mejores tiempos medios realizó, pero muy lejos de las diferencias significativas entre ellos.



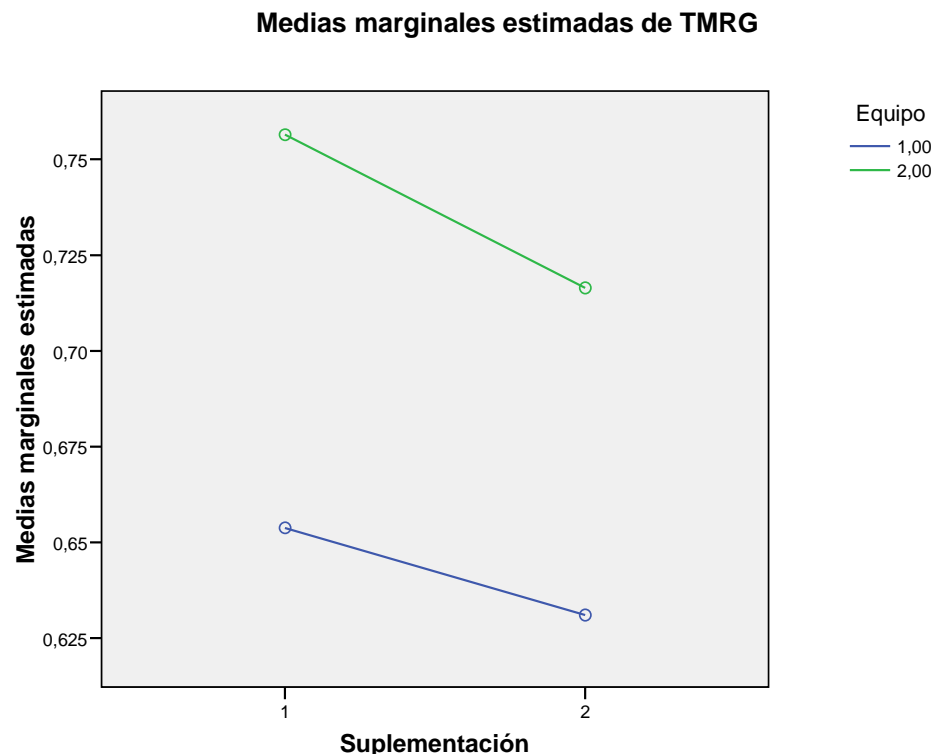


Figura 20

Gráficos de la variable TMRG. Primero, diferencias entre grupo experimental y grupo control. Segundo gráfico, diferencias según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

4.2.2- TIEMPO MEDIO DE REACCIÓN ACIERTOS (TMRA).

Al analizar el tiempo medio de reacción en los aciertos (TMRA) de las deportistas se produjeron prácticamente los mismos efectos (tabla 11) que en la variable anterior (TMRG): mejoró el Grupo Experimental de la medida Pre-S ($M=0.70s$; $DT=0.13$), a la medida Post-S ($M=0.62s$; $DT=0.11$). Los valores del Equipo 1 también fueron mejores frente a los del Equipo 2 en ambas medidas (Levante UD: $M=0.65s$; $DT=0.12$ Pre-S, y $M=0.63s$; $DT=0.11$ Post-S, vs Valencia CF: $M=0.74s$; $DT=0.12$ Pre-S, y $M=0.71s$; $DT=0.16$ Post-S).

Tabla 11

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en el TMRA en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
TMRA pre	Grupo control	1	0.62	0.11	9
		2	0.75	0.13	7
		Total	0.68	0.13	16
	Grupo experimental	1	0.67	0.14	11
		2	0.74	0.12	7
		Total	0.70	0.13	18
	Total	1	0.65	0.12	20
		2	0.74	0.12	14
		Total	0.69	0.13	34
	TMRA post	Grupo control	1	0.63	0.10
2			0.81	0.16	7
Total			0.71	0.15	16
Grupo experimental		1	0.63	0.12	11
		2	0.60	0.08	7
		Total	0.62	0.11	18
Total		1	0.63	0.11	20
		2	0.71	0.16	14
		Total	0.66	0.14	34

También de forma similar a lo sucedido con la variable anterior (TMRG), al realizar el análisis de contrastes univariados de la variable TMRA (tabla 12), se encontraron diferencias significativas al considerar la interacción *Suplementación*Grupo_Experimental* ($F=7.525$; $SC_{III}=0.061$; $gl=1$; $p=0.010$; $\eta^2=0.201$; $1-\beta=0.756$). Igualmente, esta significación desapareció al considerar la influencia del factor Equipo (*Suplementación*Equipo* y *Suplementación*Grupo_Experimental*Equipo*) y de la *Suplementación* por sí sola.

Tabla 12

Contrastes univariados según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente
(VD) TMRA

Tratamientos	VD	SC III	gl	MC	F	P	η ² parcial	1-β
Suplementación	TMRA	0.012	1	0.012	1.451	0.238	0.046	0.215
Suplementación * Grupo_exp	TMRA	0.061	1	0.061	7.525	0.010	0.201	0.756
Suplementación * Equipo	TMRA	0.002	1	0.002	0.185	0.670	0.006	0.070
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	TMRA	0.019	1	0.019	2.309	0.139	0.071	0.313

El resultado de la comparación por pares (Bonferroni Adj; Tabla 13) para la interacción significativa Grupo Experimental*Suplementación, vuelve a mostrar significación, en este caso algo mayor que en el TMRG, sólo para el grupo experimental, con una reducción en el TMRA respecto a la medida previa al tratamiento con DHA (p=0.008, en registro Post-S frente a Pre-S).

Tabla 13

Comparación por pares (Bonferroni) resultado de la interacción
Grupo_exp*Suplementación para la Variable Dependiente (VD) TMRA

Medida	Grupo_exp	(I) Supl.	(J) Supl.	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Signif. (a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
							Límite superior	Límite inferior
TMRA	GC	Post-S	Pre-S	0.034	0.032	0.295	-0.031	0.100
	GE	Post-S	Pre-S	-0.088(*)	0.031	0.008	-0.151	-0.025

Los gráficos del TMRA (figura 21) se comportan de la misma forma siendo prácticamente idénticos que en los TMRG. A continuación se exponen los correspondientes al TMRA, primero con los resultados respecto al grupo experimental y seguidamente con los resultados sobre el equipo.

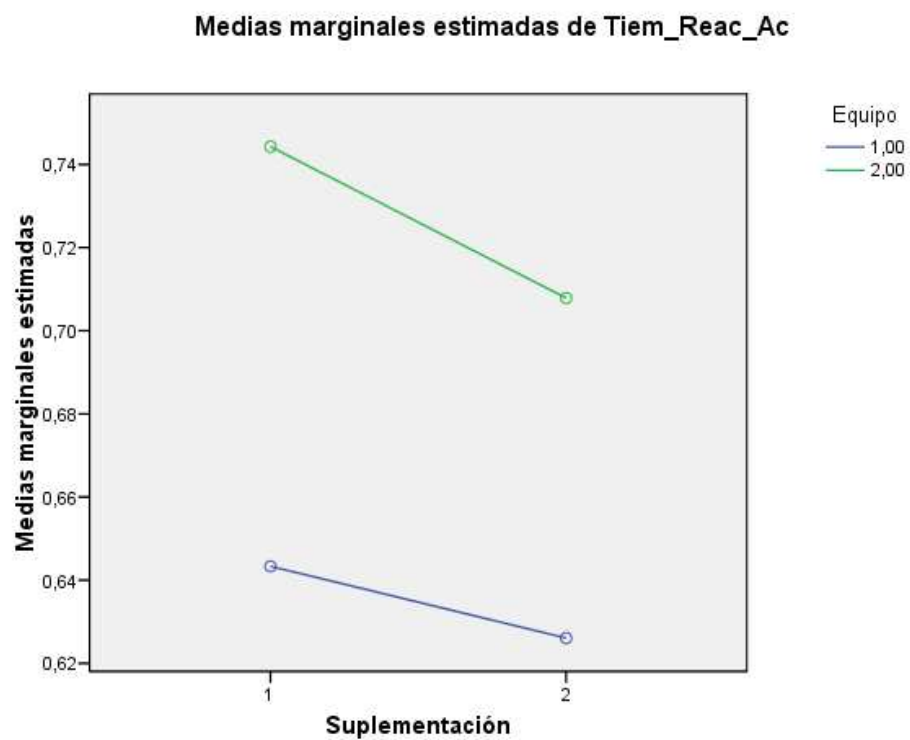
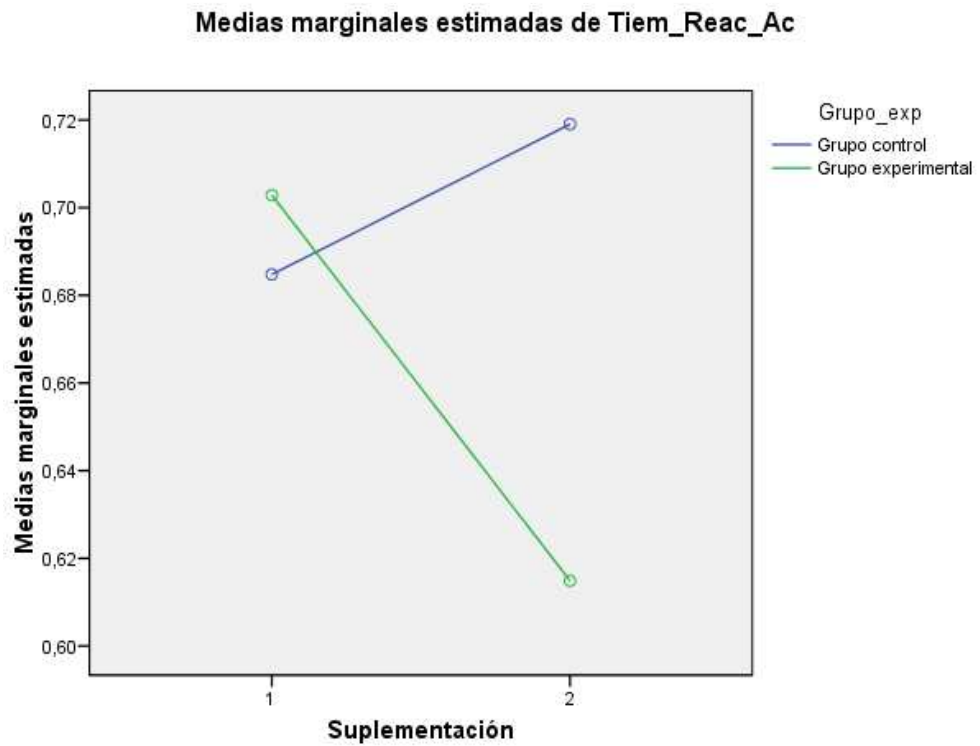


Figura 21

Gráficos de la variable TMRA. Arriba, diferencias entre grupo experimental y grupo control.

Abajo, diferencias según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

4.2.3- PRECISIÓ.

Esta variable se calculó restando a los aciertos, los errores (AC-E) que las deportistas obtuvieron en la prueba “Tiempos de reacciones múltiples”. Al observar los datos (tabla 14) se apreció una mejora (aumento de la puntuación) en el grupo experimental en la medida Post-S (M=34.56; DT=2.55) respecto a la medida Pre-S (M=28.11; DT=10.50). En el grupo control también existió una mejora de la Precisión, aunque este aumento fue menor: M=32.25; DT=5.31 (Pre-S) frente a M=33.88; DT=2.00 (Post-S). Respecto a los equipos, en esta variable los dos equipos (E1/Levante U.D. y E2/Valencia C.F.) tenían valores similares en la Pre-S (E1: M=29.50; DT 9.69, vs E2: M=30.86; DT=7.05), y los dos equipos mejoraron de forma similar en la medida Post-S (E1: M=34.20; DT=2.42, vs E2: M=34.29; DT=2.20).

Tabla 14

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en la precisión en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
PRECISIÓN_(AC-E)pre	Grupo control	1	33.56	3.43	9
		2	30.57	7.00	7
		Total	32.25	5.31	16
	Grupo experimental	1	26.18	11.91	11
		2	31.14	7.65	7
		Total	28.11	10.50	18
Total	1	29.50	9.69	20	
	2	30.86	7.05	14	
	Total	30.06	8.61	34	
	<hr/>				
PRECISIÓN_(AC-E)post	Grupo control	1	34.44	1.33	9
		2	33.14	2.54	7
		Total	33.88	2.00	16
	Grupo experimental	1	34.00	3.10	11
		2	35.43	0.98	7
		Total	34.56	2.55	18
Total	1	34.20	2.42	20	
	2	34.29	2.20	14	
	Total	34.24	2.30	34	

En la siguiente tabla (tabla 15) se muestran los contrastes univariados, en los que se observó una significación ($p=0.019$) al considerar la interacción de la Precisión con la Suplementación por sí sola. Sin embargo, esta significación desapareció al considerar el resto de intersecciones, no viéndose afectada por tanto por las agrupaciones del tratamiento son el ques e hacía la Suplmentación (DHA vs Placebo) o el factor Equipo.

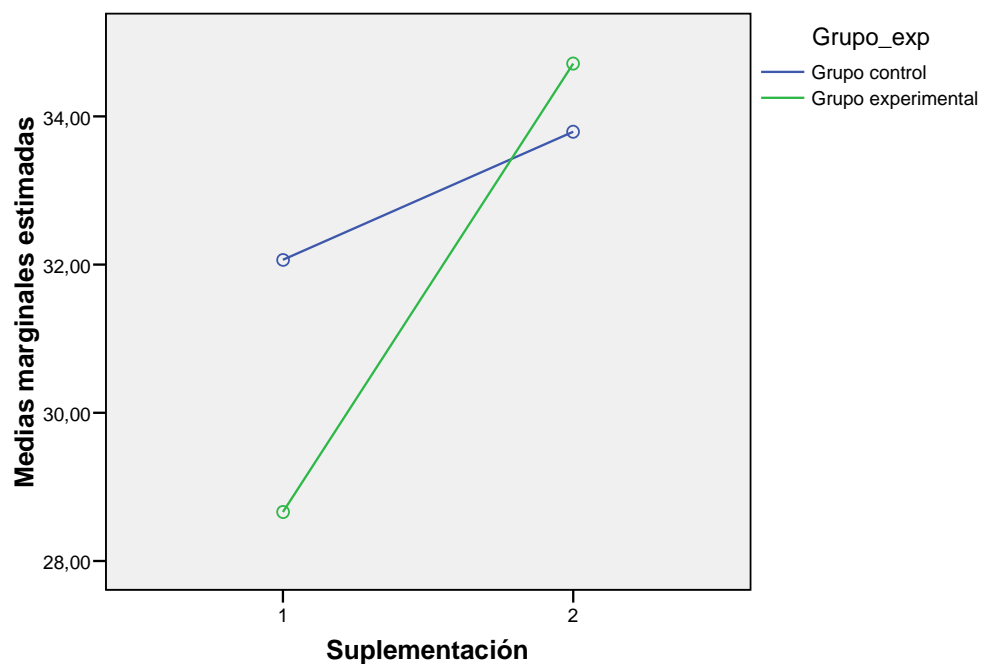
Tabla 15

Contrastes univariados según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente (VD) Precisión

Tratamientos	VD	SC III	gl	MC	F	p	η^2 parcial	1- β
Suplementación	Precisión	248.34	1	248.34	6.13	0.019	0.170	0.669
Suplementación * Grupo_exp	Precisión	76.59	1	76.59	1.89	0.179	0.059	0.265
Suplementación * Equipo	Precisión	3.51	1	3.51	0.09	0.771	0.003	0.059
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	Precisión	27.88	1	27.88	0.69	0.413	0.022	0.127

Los gráficos (figura 22) de la variable Precisión reflejan la mejora general que se produce en la medida Post-S en todos los grupos (Grupo Experimental vs Grupo Control, Equipo 1/Levante U.D. vs Equipo 2/Valencia C.F.).

Medias marginales estimadas de Precisión



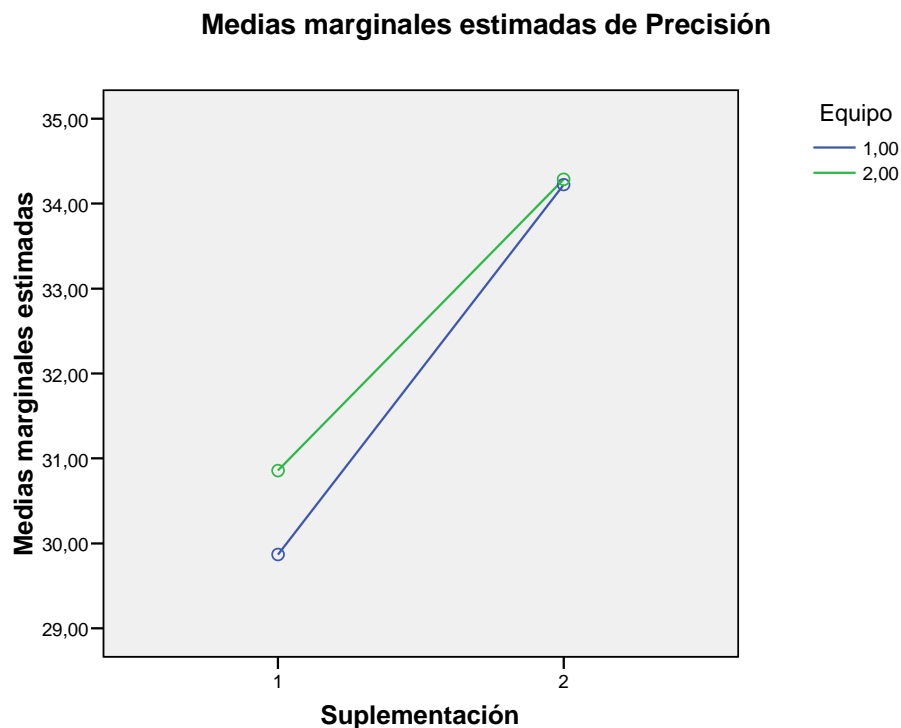


Figura 22

Gráficos de la variable Precisión. Primero, diferencias entre grupo experimental y grupo control. Segundo, diferencias según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

4.2.4- ÍNDICE DE EFICACIA DE REACCIÓN SELECTIVA COMPLEJA.

Con el fin de poder analizar la posible mejora global en la Eficacia de Reacción Discriminativa o Eficacia para respuestas complejas, se confeccionó el Índice de eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC) basándose en la siguiente expresión:

$$\text{EFICACIA DE REACCIÓN SELECTIVA COMPLEJA (IERSC)} = \frac{\text{Aciertos} - \text{Errores}}{\text{TMRG (tiempo medio de reacción general)}}$$

A partir del IERSC, se repitió el Análisis de Varianza de Medidas Repetidas con un factor intrasujeto: consumo de suplemento (pretest–postest); y dos factores intersujeto: tipo de suplemento (DHA-placebo), y equipo (Equipo1/Levante U.D., Equipo2/Valencia C.F.).

Al observar los estadísticos descriptivos (tabla 16) de esta variable y considerando los valores medios (M), se produjo un importante aumento del IERSC en el grupo experimental en la medida Post-S (M=57.12; DT=11.05) respecto a la media que había conseguido en la medición Pre-S (M=40.88; DT=17.41). En cambio, el grupo control mantuvo unos valores semejantes en las dos medidas (Pre-S M=49.52; DT=14.63, Post-S M=49.50; DT=11.01). En función del factor equipo, las jugadoras de ambos mejoraron en la medida Post-S. Así también, del mismo modo que pasó con otras variables, el equipo 1 (Levante U.D) obtuvo valores algo superiores en ambas tomas: Pre-S M=47.22; DT=18.88 y Post-S M=55.76; DT=10.49 del Equipo 1 (Levante U.D), frente a Pre-S M=41.70; DT=12.31 y Post-S M=50.35; DT=12.57 del Equipo 2 (Valencia C.F.).

Tabla 16

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en el IERSC en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
IERSC (AC-E)/TMRG pre	Grupo control	1	56.25	13.01	9
		2	40.86	12.41	7
		Total	49.52	14.63	16
	Grupo experimental	1	39.83	20.21	11
		2	42.54	13.15	7
		Total	40.88	17.41	18
	Total	1	47.22	18.88	20
		2	41.70	12.31	14
		Total	44.95	16.51	34
	IERSC (AC-E)/TMRG post	Grupo control	1	56.15	9.03
2			40.95	6.53	7
Total			49.50	11.01	16
Grupo experimental		1	55.45	11.98	11
		2	59.75	9.66	7
		Total	57.12	11.05	18
Total		1	55.76	10.49	20
		2	50.35	12.57	14
		Total	53.54	11.53	34

Los resultados del Análisis de Varianza (Tabla 17) mostraron efectos significativos de la Suplementación nutricional por sí sola ($F=10.44$; $p=0.002$; $\eta^2_{\text{parcial}}=0.27$; $1-\beta=0.88$) y de la interacción entre suplementación y grupo experimental ($F=10.62$; $p=0.003$; $\eta^2_{\text{parcial}}=0.26$; $1-\beta=0.88$). No se dieron diferencias significativas en función del equipo en el que se produjo la suplementación, puesto que como se ha visto en los descriptivos, ambos equipos mejoran de forma similar en la medida Post-S.

Tabla 17

Contrastes univariados según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente (VD) Índice de Eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC).

Tratamientos	VD	SC III	gl	MC	F	P	η^2 parcial	1- β
Suplementación	IERSC	1128.45	1	1128.45	11.19	0.002	0.272	0.899
Suplementación * Grupo_exp	IERSC	1071.46	1	1071.46	10.62	0.003	0.261	0.884
Suplementación * Equipo	IERSC	2.06	1	2.06	0.02	0.887	0.001	0.052
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	IERSC	0.01	1	0.01	0	0.994	0.000	0.050

El resultado de la comparación por pares (Bonferroni Adj; Tabla 18) muestra la máxima significación para la interacción *Grupo Experimental*Suplementación*, sólo para el grupo experimental, mejorando claramente en el IERSC respecto a la medida previa al tratamiento con DHA ($p=0.000$, en el registro Post-S frente al Pre-S).

Tabla 18

Comparación por pares (Bonferroni) resultado de la interacción *Grupo_exp*Suplementación* para la Variable Dependiente (VD) índice de Eficacia de Reacción Compleja (IERSC).

Medida	Grupo_exp	(I) Supl.	(J) Supl.	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Signif. (a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
							Límite superior	Límite inferior
IERSC	GC	Post-S	Pre-S	-0.008	3.665	0.998	-7.492	7.477
	GE	Post-S	Pre-S	16.415(*)	3.516	0.000	9.235	23.596

Los resultados sobre esta variable son de tal interés que se han analizado también las diferencias en la interacción *Equipo*Grupo exp*Suplementación*. El ajuste de Bonferroni en la comparación por pares (Tabla 19) muestra que esta significación casi máxima se ha mantenido con igual peso en el grupo experimental de ambos equipos (Levante U.D. $p=0.001$; Valencia C.F. $p=0.004$).

Tabla 19

*Comparación por pares (Bonferroni) resultado de la interacción Equipo*Grupo_exp*Suplementación para la Variable Dependiente (VD) Eficacia de Reacción Compleja (IERSC).*

Medida	Equipo	Grupo_exp	(I) Supl.	(J) Supl.	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Signif. (a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
								Límite superior	Límite inferior
IERSC	E1	GC	Post-S	Pre-S	-0.104	4.848	0.983	-10.005	9.797
		GE	Post-S	Pre-S	15.620(*)	4.385	0.001	6.664	24.576
	E2	GC	Post-S	Pre-S	0.089	5.497	0.987	-11.138	11.316
		GE	Post-S	Pre-S	17.211(*)	5.497	0.004	5.984	28.438

En el siguiente gráfico (figura 20) se aprecia la diferencia existente entre el Grupo Experimental y el Grupo Control después de la aplicación del suplemento nutricional de DHA. Vemos como el grupo control prácticamente se mantiene en la media post. En cambio se aprecia un gran incremento de la eficacia (IERSC) en el grupo experimental de la primera a la segunda medida.

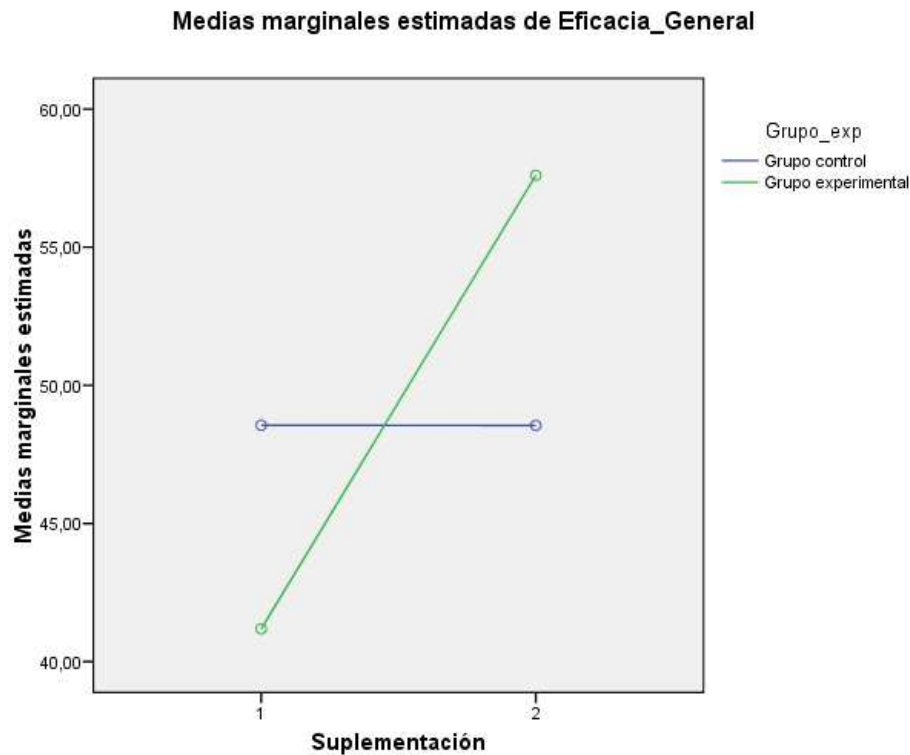


Figura 23

Gráfico de la variable Eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC) según tipo de tratamiento (Grupo experimental y Grupo control).

Respecto a los equipos, a pesar de que uno de ellos (Equipo 1-Levante), inicialmente era mucho más eficaz que el otro puesto que tenía unos valores del IERSC mucho mejores, como se ha visto en los datos anteriores, la siguiente gráfica (figura 24) muestra claramente que tanto el Equipo 1 como el Equipo 2 se comportan de la misma forma, aumentando los dos considerablemente su eficacia en la medida Post-S.

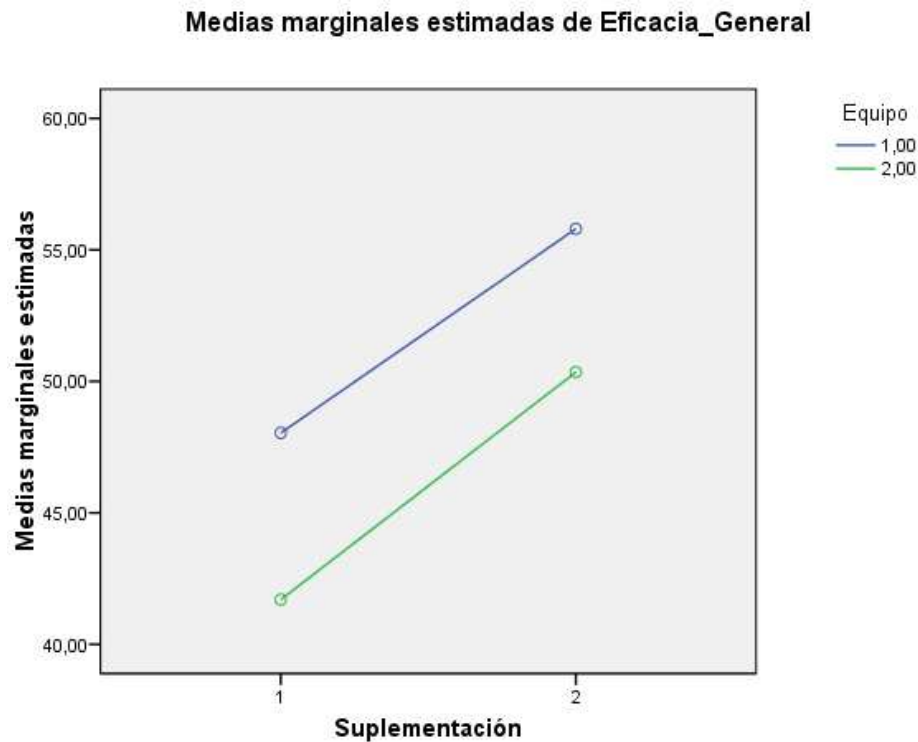


Figura 24

Gráfico de la variable Eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC) según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

4.3 ESTADO DE ÁNIMO (POMS)

La primera de las dos variables psicológicas que analizamos es el Perfil del Estado de ánimo de las deportistas. Los datos que se analizaron fueron los que se obtuvieron a través del cuestionario POMS (Profile of mood states). Calculamos el estado de ánimo a partir de la siguiente expresión (iPOMS-Fontani et al., 2009):

ESTADO DE ÁNIMO

$$(EA) = \text{Vigor} / (\text{Tensión} + \text{Depresión} + \text{Cólera} + \text{Fatiga} + \text{Confusión})/5.$$

Al observar los estadísticos descriptivos de esta variable psicológica (tabla 20) se observaron pequeñas diferencias en el estado de ánimo global (EA), mejorando en el grupo experimental desde la medida Pre-S (M=1.03; DT=0.31) a la Post-S (M=1.06; DT=0.32). Por el contrario, en el grupo control

se observo una leve empeoramiento desde la medida Pre-S (M=1.04; DT=0.31) a la Post-S (M=1.01; DT=0.29).

En cuanto al factor Equipo, el Equipo 1 (Levante U.D.) obtuvo valores más elevados en las dos medidas previas a la suplementación (E1_GC_Pre-S: M=1.11; DT=0.32, y E1_GE_Pre-S: M=1.15; DT=0.28) respecto al Equipo 2 (E2_GC_Pre-S: M=0.96, DT=0.31; E2_GE_Pre-S: M=0.85, DT=0.27). Sin embargo, al finalizar el tratamiento, esta diferencia positiva de valores sólo se mantuvo en el grupo suplementado con DHA (E1_GE_Post-S: M=1.18; DT=0.30, vs E2_GE_Post-S: 0.87; DT=0.26). Considerando la medida Post-S total de los equipos, se observa al compararlos con los valores de la medida Pre-S, que el Equipo 2 ha mejorado levemente su puntuación Post-S (M=0.95; DT=0.26), en cambio el Equipo 1 ha empeorado en su medida Post-S (M=1.09; DT=0.31).

Tabla 20

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en la medida global del estado de ánimo (EA) a través del cuestionario POMS, en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
EA_Pre	G. Control	1	1.11	0.32	9
		2	0.96	0.31	7
		Total	1.04	0.31	16
	G. Experimental	1	1.15	0.28	11
		2	0.85	0.27	7
		Total	1.03	0.31	18
Total	1	1.13	0.29	20	
	2	0.90	0.29	14	
	Total	1.04	0.30	34	
EA_Post	G. Control	1	0.99	0.32	9
		2	1.03	0.26	7
		Total	1.01	0.29	16
	G. Experimental	1	1.18	0.30	11
		2	0.87	0.26	7
		Total	1.06	0.32	18
Total	1	1.09	0.31	20	
	2	0.95	0.26	14	
	Total	1.03	0.30	34	

Al realizar el análisis de contrastes intra-sujetos de la variable EA (tabla 21), a pesar de las diferencias que se vieron en los descriptivos, no se encontraron diferencias significativas al considerar las distintas interacciones planteadas.

Tabla 21

Contrastes intra-sujetos según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente (VD) Estado de ánimo (EA)

Tratamientos	VD	SC III	gl	MC	F	P	η^2 parcial	1- β
Suplementación	T_POMS	4.75E-06	1	4.75E-06	0.000	0.989	0.000	0.050
Suplementación * Grupo_exp	T_POMS	0.010	1	0.010	0.385	0.539	0.013	0.092
Suplementación * Equipo	T_POMS	0.031	1	0.031	1.176	0.287	0.038	0.183
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	T_POMS	0.041	1	0.041	1.535	0.225	0.049	0.224

Por otro lado, la prueba de efectos inter-sujetos (tabla 22), sí que se observó una tendencia ($p=0.064$) al considerar el factor *Equipo*.

Tabla 22

Efectos inter-sujetos según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente (VD) Estado de ánimo (EA)

Tratamientos	VD	SC III	GI	MC	F	P	η^2 parcial	1- β
Grupo_exp	T_POMS	0.002	1	0.002	0.017	0.899	0.001	0.052
Equipo	T_POMS	0.532	1	0.532	3.684	0.064	3.684	0.459
Grupo_exp * Equipo	T_POMS	0.239	1	0.239	1.655	0.208	1.655	0.238

Al ver los gráficos (figura 25) se puede observar las diferencias que se habían encontrado en los descriptivos de la medida EA. En el primer gráfico se observa como los grupos experimental y control se comportaron de forma totalmente distinta, existiendo en el grupo experimental una tendencia a la mejora y el efecto contrario en el grupo control. Del mismo modo se puede ver el diferente comportamiento que se produjo según los equipos, así como el hecho de que a pesar de que el equipo 1 (Levante U.D.) empeoró sus valores de EA, siguió siendo mejor equipo en este aspecto.

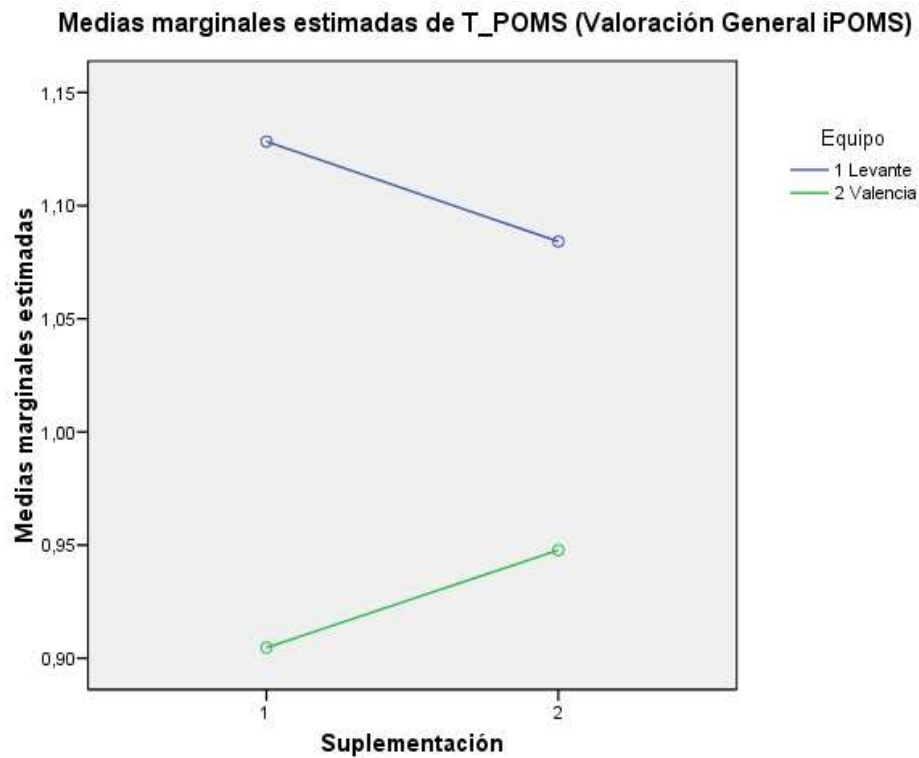
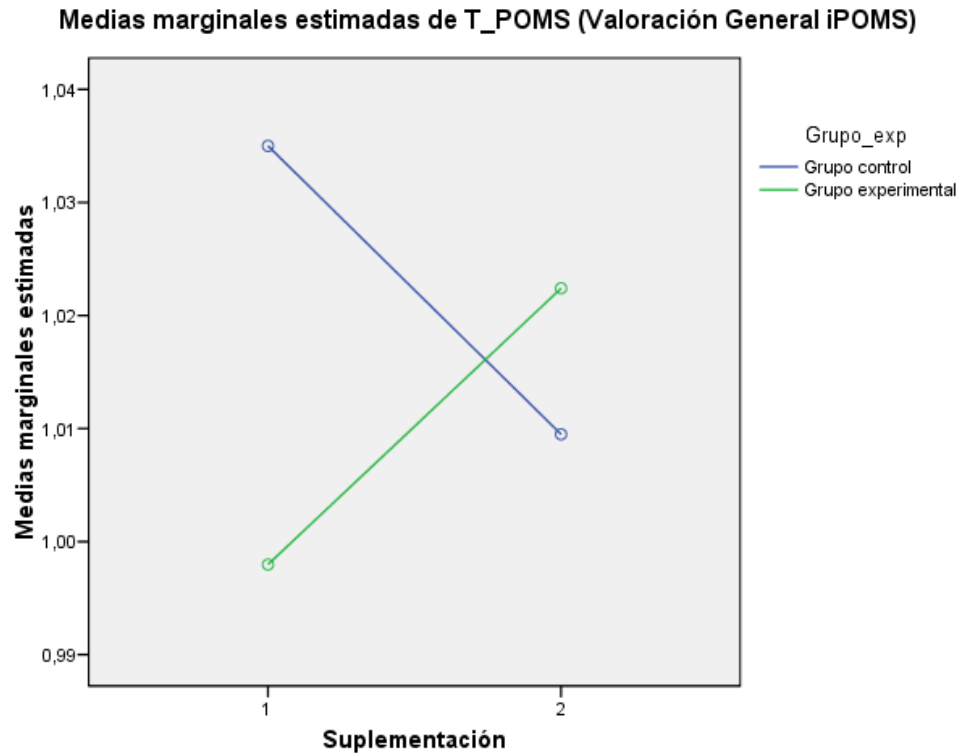


Figura 25

Gráficos de la variable Estado de ánimo (EA). Arriba diferencias según tratamiento (Grupo experimental y Grupo control). Abajo diferencias según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

Posteriormente, a partir de los datos del POMS y con el objetivo de profundizar más en esta variable psicológica, se repitieron los análisis de descriptivos y los Anovas de Medidas repetidas para cada una de las dimensiones o sub-escalas que valoraba este cuestionario. A continuación en la tabla 23, se muestran los estadísticos descriptivos (sobre valores absolutos o “raw”) de todos ellos. En algunas dimensiones se observaron cambios en los valores medios del Grupo Experimental de la media Pre-S a la medida Post-S. Estos pequeños cambios del GE se observaron en la dimensión *Tensión* (de Pre-S: M=12.17; DT=5.63, a Post-S: M=10.72; DT=5.94), en la *Depresión* (de Pre-S: M=8.75; DT=8.30, a Post-S: M=6.28; DT=6.27), en la dimensión *Cólera* (de Pre-S: M=13.17; DT=8.38, a Post-S: M=10.83; DT=6.57), también en la *Fatiga* (de Pre-S: M=8.44; DT=4.69, a Post-S: M=5.39; DT=3.55), y pequeñas diferencias en la *Confusión* (de Pre-S: M=7.12; DT=4.05, a Post-S: M=6.44; DT=4.62). Apenas existieron cambios en el resto de dimensiones para el GE. Sin embargo, también se observó que los valores medios del Grupo Control, se comportaron de forma similar en casi todas las variables.

Tabla 23

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en las diferentes dimensiones del cuestionario POMS, en función del equipo y del tratamiento con DHA. 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Tensión_pre	G. Control	1	8.67	4.58	9
		2	13.29	6.40	7
		Total	10.69	5.76	16
	G. Experimental	1	9.36	4.95	11
		2	16.57	3.46	7
		Total	12.17	5.63	18
	Total	1	9.05	4.67	20
		2	14.93	5.23	14
		Total	11.47	5.65	34
Tensión_post	G. Control	1	10.11	6.79	9
		2	12.29	8.58	7
		Total	11.06	7.43	16
	G. Experimental	1	9.00	4.24	11
		2	13.43	7.48	7
		Total	10.72	5.94	18
	Total	1	9.50	5.40	20
		2	12.86	7.75	14
		Total	10.88	6.58	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Depresión_pre	G. Control	1	7.44	8.09	9
		2	12.86	10.64	7
		Total	9.81	9.38	16
	G. Experimental	1	4.73	5.26	11
		2	15.07	8.53	7
		Total	8.75	8.30	18
	Total	1	5.95	6.64	20
		2	13.96	9.33	14
		Total	9.25	8.70	34
	Depresión_post	G. Control	1	3.11	2.89
2			9.71	6.13	7
Total			6.00	5.56	16
G. Experimental		1	4.27	3.58	11
		2	9.43	8.42	7
		Total	6.28	6.27	18
Total		1	3.75	3.26	20
		2	9.57	7.08	14
		Total	6.15	5.86	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Cólera_pre	G. Control	1	9.00	6.82	9
		2	15.54	7.95	7
		Total	11.86	7.83	16
	G. Experimental	1	8.73	5.10	11
		2	20.14	7.90	7
		Total	13.17	8.38	18
	Total	1	8.85	5.77	20
		2	17.84	7.98	14
		Total	12.55	8.03	34
	Cólera_post	G. Control	1	7.44	4.10
2			12.29	4.15	7
Total			9.56	4.69	16
G. Experimental		1	8.36	4.48	11
		2	14.71	7.76	7
		Total	10.83	6.57	18
Total		1	7.95	4.22	20
		2	13.50	6.11	14
		Total	10.24	5.72	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Vigor_pre	G. Control	1	17.03	5.51	9
		2	17.14	5.34	7
		Total	17.08	5.25	16
	G. Experimental	1	17.73	5.12	11
		2	15.43	5.47	7
		Total	16.83	5.23	18
	Total	1	17,42	5,17	20
		2	16,29	5,27	14
		Total	16,95	5,16	34
Vigor_post	G. Control	1	15,22	6,40	9
		2	17,86	3,02	7
		Total	16,38	5,23	16
	G. Experimental	1	18,00	3,55	11
		2	15,14	3,48	7
		Total	16,89	3,71	18
	Total	1	16,75	5,09	20
		2	16,50	3,44	14
		Total	16,65	4,42	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Fatiga_pre	G. Control	1	6.89	4.01	9
		2	11.71	4.42	7
		Total	9.00	4.75	16
	G. Experimental	1	7.27	4.22	11
		2	10.29	5.12	7
		Total	8.44	4.69	18
	Total	1	7.10	4.02	20
		2	11.00	4.66	14
		Total	8.71	4.65	34
Fatiga_post	G. Control	1	6.44	4.10	9
		2	6.29	4.07	7
		Total	6.38	3.95	16
	G. Experimental	1	4.64	3.93	11
		2	6.57	2.70	7
		Total	5.39	3.55	18
	Total	1	5.45	4.01	20
		2	6.43	3.32	14
		Total	5.85	3.72	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Confusión_pre	G. Control	1	5.89	3.14	9
		2	9.71	6.29	7
		Total	7.56	4.99	16
	G. Experimental	1	5.27	2.61	11
		2	10.03	4.36	7
		Total	7.12	4.05	18
	Total	1	5.55	2.80	20
		2	9.87	5.20	14
		Total	7.33	4.45	34
Confusión_post	G. Control	1	5.33	3.08	9
		2	7.57	3.36	7
		Total	6.31	3.30	16
	G. Experimental	1	4.09	2.43	11
		2	10.14	4.95	7
		Total	6.44	4.62	18
	Total	1	4.65	2.74	20
		2	8.86	4.28	14
		Total	6.38	3.99	34

Al realizar la prueba de contrastes intra-sujetos para cada uno de los ítems del POMS (tabla 24), en la aproximación Univariada del ANOVA de medidas repetidas, se produjeron algunas diferencias significativas sobre las que nos detenemos a continuación. En cuanto a la *Suplementación* por sí sola, es decir, al efecto del mes de tratamiento, con independencia de si se consumió DHA o Placebo, en algunas dimensiones se observó una significación: *Depresión* ($F=8.415$; $SC_{III}=188.729$; $gl=1$; $p=0.007$; $\eta^2=0.219$; $1-\beta=0.801$), *Cólera* ($F=6.364$; $SC_{III}=115.281$; $gl=1$; $p=0.017$; $\eta^2=0.175$; $1-\beta=0.685$) y *Fatiga* ($F=14.83$; $SC_{III}=153.176$; $gl=1$; $p=0.001$; $\eta^2=0.331$; $1-\beta=0.961$). Sin embargo, esta significación no se dio al considerar las interacciones.

Tabla 24

Pruebas de contrastes intra-sujetos de cada una de las dimensiones del cuestionario POMS y la interacción según el tipo de tratamiento.

Tratamientos	VD	SC III	GI	MC	F	P	η^2 parcial	1- β
Suplementación	Tensión	9.612	1	9.612	0.547	0.465	0.018	0.111
	Depresión	188.729	1	188.729	8.415	0.007	0.219	0.801
	Cólera	115.281	1	115.281	6.364	0.017	0.175	0.685
	Vigor	1.265	1	1.265	0.18	0.674	0.006	0.07
	Fatiga	153.176	1	153.176	14.83	0.001	0.331	0.961
	Confusión	14.559	1	14.559	3.479	0.072	0.104	0.439
Suplementación * Grupo_exp	Tensión	16.002	1	16.002	0.911	0.347	0.029	0.152
	Depresión	1.964	1	1.964	0.088	0.769	0.003	0.059
	Cólera	0.985	1	0.985	0.054	0.817	0.002	0.056
	Vigor	1.206	1	1.206	0.172	0.681	0.006	0.069
	Fatiga	0.234	1	0.234	0.023	0.881	0.001	0.052
	Confusión	2.718	1	2.718	0.65	0.427	0.021	0.122
Suplementación * Equipo	Tensión	27.973	1	27.973	1.593	0.217	0.05	0.231
	Depresión	16.341	1	16.341	0.729	0.4	0.024	0.131
	Cólera	46.93	1	46.93	2.591	0.118	0.079	0.344
	Vigor	3.97	1	3.97	0.566	0.458	0.019	0.113
	Fatiga	37.673	1	37.673	3.646	0.066	0.108	0.456
	Confusión	0.088	1	0.088	0.021	0.885	0.001	0.052
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	Tensión	0.115	1	0.115	0.007	0.936	0	0.051
	Depresión	41.643	1	41.643	1.857	0.183	0.058	0.261
	Cólera	11.6	1	11.6	0.64	0.43	0.021	0.121
	Vigor	9.756	1	9.756	1.39	0.248	0.044	0.208
	Fatiga	15.642	1	15.642	1.514	0.228	0.048	0.222
	Confusión	8.508	1	8.508	2.033	0.164	0.063	0.282

Dado que también se observó una tendencia a la significación en la dimensión *Fatiga*, evaluado mediante el POMS, en la interacción *Suplementación*Equipo* ($F=3.65$; $SC_{III}=37.67$; $gl=1$; $p=0.066$; $\eta^2=0.11$; $1-\beta=0.46$; Tabla 24); y dado que estos cambios, aunque no fueron significativos, parecían de cierta relevancia para los objetivos de la investigación, se decidió analizar la Comparación por pares (tabla 25) para la misma con el objetivo de descubrir la proveniencia de la tendencia observada. En esta comparación, se observan diferencias significativas (GC: $p=0.004$, y GE: $p=0.039$) en la

reducción de la Fatiga para ambos grupos (GE y GC) del Equipo 2 (Valencia C.F.), no existiendo significación en las diferencias del Equipo 1 (Levante U.D.).

Tabla 25

Comparación por pares (Bonferroni) resultado de la interacción

Equipo*Grupo_exp*Suplementación para la Variable Dependiente (VD) Fatiga (en el POMS).

Medida	Equipo	Grupo_ex p	(I) Supl.	(J) Supl.	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Signif. (a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
								Límite superior	Límite inferior
Fatiga	E1	GC	2	1	-0.444	1.515	0.771	-3.539	2.650
		GE	2	1	-2.636	1.371	0.064	-5.435	0.163
	E2	GC	2	1	-5.429(*)	1.718	0.004	-8.937	-1.920
		GE	2	1	-3.714(*)	1.718	0.039	-7.223	-0.205

Para finalizar el análisis de la variable Estado de ánimo evaluada a partir del POMS se realizaron los perfiles de cada uno de los equipos, en este caso a partir de los valores Tipificados del test (Morgan et al., 1987). A continuación se muestran estos Perfiles Gráficos del POMS a partir de la comparación inter-grupo (Equipo 1/Levante U.D vs Equipo 2/Valencia C.F), así como para la comparación intra-grupo (Grupo Experimental vs Grupo Control). Las gráficas que siguen contienen también la representación del Perfil del Estado de Ánimo ideal o Perfil de Iceberg descrito por Morgan (Morgan et al., 1987), como referencia comparativa para cada una de las representaciones.

En primer lugar, viendo los perfiles según el tipo de tratamiento (Grupo Experimental vs Grupo Control), las diferencias que se pudieron observar fueron mínimas entre cada uno de los perfiles de los grupos en la medida Pre-S y Post-S (figura 26). A pesar de estas mínimas diferencias se puede apreciar que por ejemplo las dimensiones “Vigor” y “Fatiga”, del grupo control y del grupo experimental se comportaron de forma totalmente distinta en las medida Pre-S y Post-S, siendo el perfil del grupo experimental (*Fatiga* menor que *Vigor* en la medida Post-S) más similar al perfil Iceberg. Por el contrario, en el perfil del grupo control en la medida Post-S, la dimensión *Fatiga* estaba más elevada

que la dimensión *Vigor*, siendo esto contrario a lo que se produce en el perfil Iceberg y más parecido al perfil Iceberg invertido (Morgan et al., 1987).

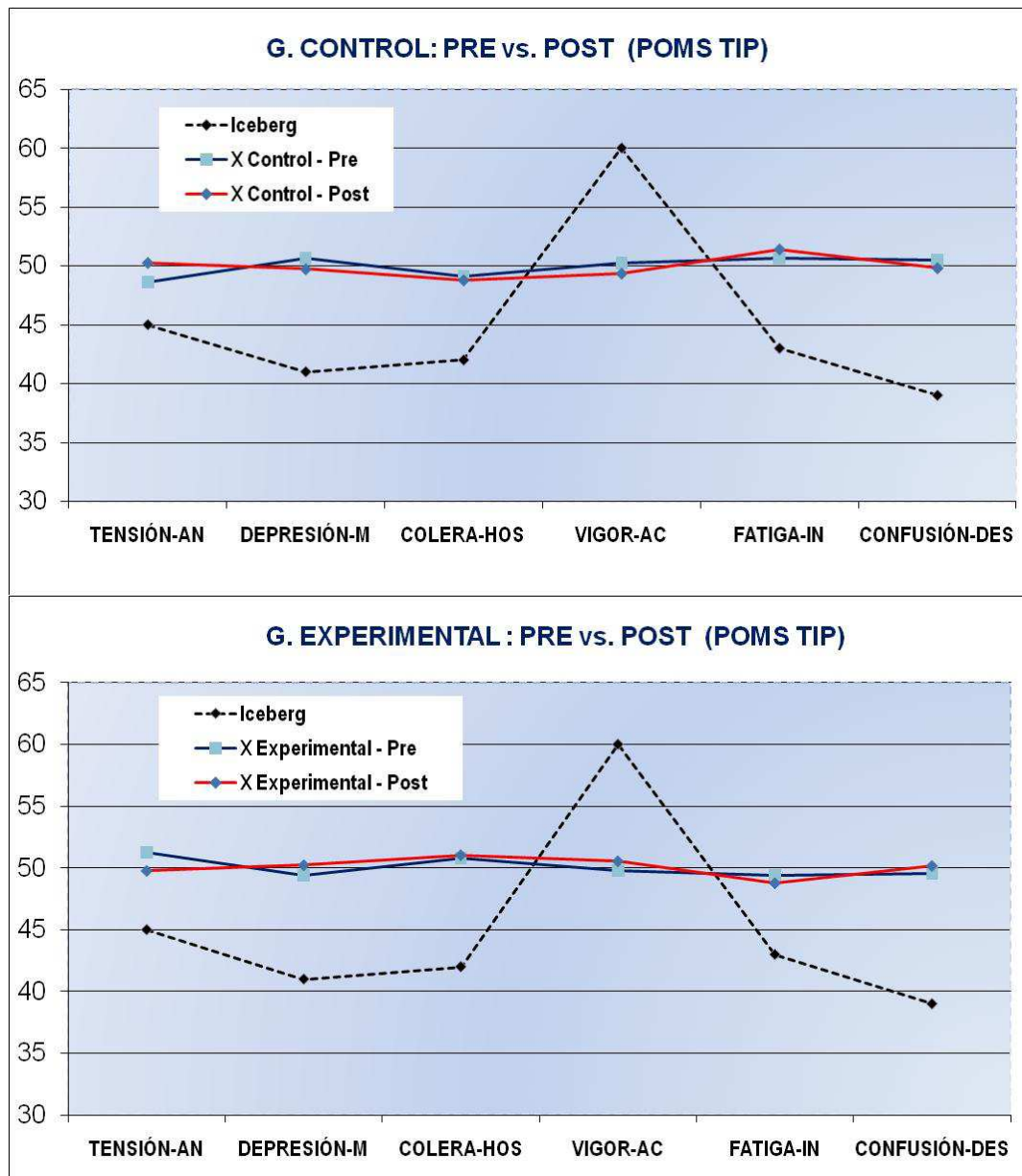


Figura 26

Gráficos del perfil del Estado de ánimo según tratamiento (Grupo Experimental y Grupo Control) y su comparación con el perfil Iceberg. Arriba perfiles pre y post del grupo control. Abajo perfiles pre y post del grupo experimental.

Respecto a los perfiles realizados según los equipos (Equipo 1/Levante U.D. y equipo 2/Valencia C.F.), se apreciaron diferencias más claras. En la siguiente figura (figura 27), donde están representados los perfiles de los dos

equipos en sus respectivas medida Pre-S y Post-S, y el perfil Iceberg, se observa como los dos perfiles (Pre-S y Post-S) del equipo 1 (Levante U.D) se comportaron de forma parecida al perfil Iceberg. En cambio, los perfiles del equipo 2 (Valencia C.F.) se comportaron de forma totalmente distinta al perfil Iceberg, estando la diferencia más clara en la dimensión *Vigor*. Estos datos pueden ser indicadores de una diferencia entre los equipos en cuanto al estado ánimo.

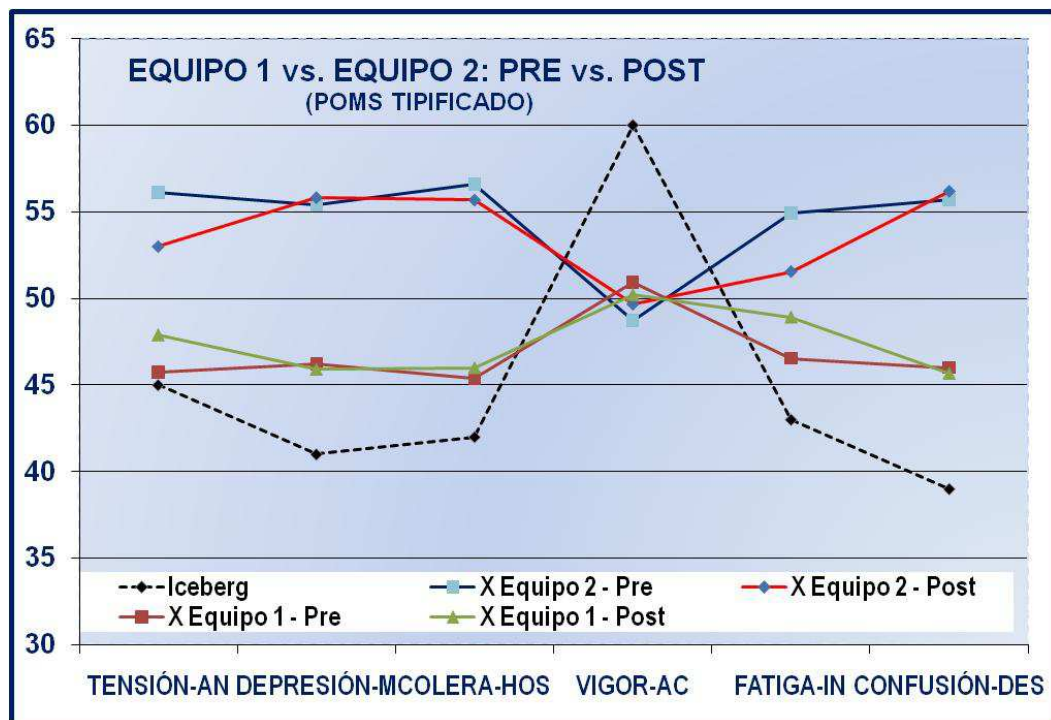


Figura 27

Gráfico de los perfiles del Estado de ánimo según equipo (Equipo 1, Levante U.D. y Equipo 2 Valencia C.F.) y su comparación con el perfil Iceberg.

Separando un poco más estos perfiles (figura 28) se aprecian con más claridad estas diferencias entre los equipos (Equipo 1/Levante U.D. y equipo 2/Valencia C.F.), y que en uno de ellos (Equipo 1) se observa claramente un perfil de estado de ánimo más similar al perfil Iceberg.

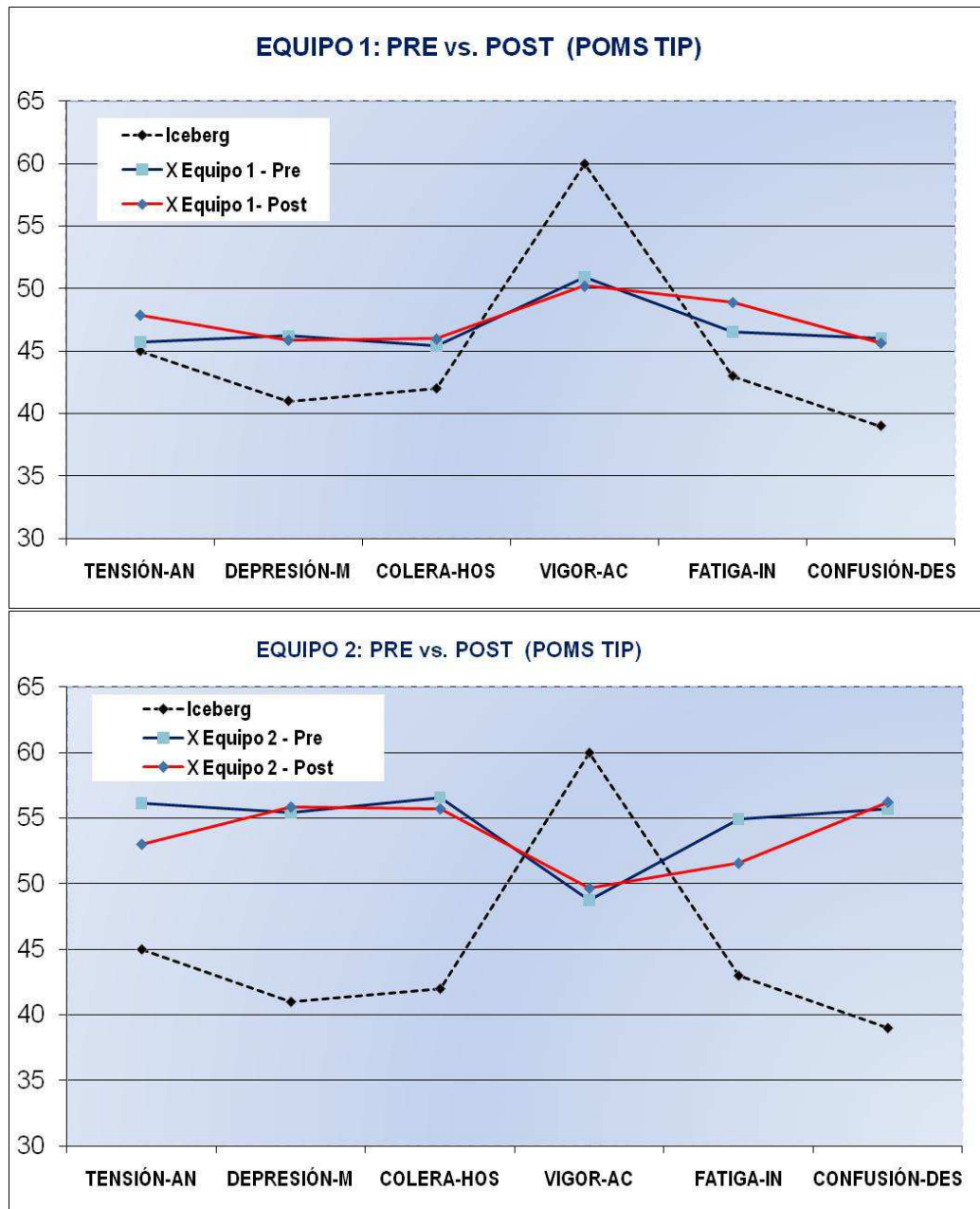


Figura 28

Gráficos de los perfiles del Estado de ánimo según equipo por separado y su comparación con el perfil Iceberg. Arriba perfiles del Equipo 1 (Levante U.D.). Abajo perfiles del equipo 2 (Valencia C.F.).

4.4 BIENESTAR PSICOLÓGICO (PGWB)

Se exponen ahora los resultados obtenidos de la segunda variable psicológica que se midió, el bienestar psicológico. Esta variable se analizó a través de los datos obtenidos del cuestionario *Psychological General Well-Being Index (PGWB)* de Dupuy (1984), llamado en castellano Índice de bienestar psicológico de Dupuy. Calculamos la percepción de bienestar psicológico a partir de la siguiente expresión:

BIENESTAR PSICOLÓGICO (BP)

vitalidad + autocontrol + salud + bienestar psicofísico + ansiedad + depresión.

Se realizó un estudio descriptivo (tabla 26) para la valoración global del bienestar psicológico (BP). Las medias del grupo control y del grupo experimental se comportaron de forma similar tanto en la medida Pre-S (GC: M=80.92; DT=11.12, y GE: M=80.94; DT=8.84) como en la medida Post-S, existiendo en ambas una mejora en la medida Post-S del BP (GC: M=84.69; DT=9.52, y GE: M=84.28; DT=10.66).

Al observar los estadísticos descriptivos de cada uno de los equipos (tabla 26), se pudo ver que el equipo 1 (Levante U.D.) tuvo valores más elevado de bienestar tanto en la medida Pre-S (M=84.79; DT=7.80) como en la medida Post-S (M=86.55; DT=9.10), existiendo un pequeña aumento del BP en la medida Post-S. El equipo 2 (Valencia C.F.) a pesar de tener unos valores menores de bienestar tanto en la medida Pre-S (M=75.43; DT=10.03) como en la Post-S (M=81.50; DT=10.78), mejoró incluso más el estos valores del BP que el equipo 1 en la medida Post-S.

Tabla 26

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos del cuestionario PGWB, en función del tratamiento con DHA y del equipo, 1 (Levante U.D.), 2 (Valencia C.F.).

	Grupo_exp	Equipo	Media	Desv. típ.	N
BP_pre	Grupo control	1	85.31	8.45	9
		2	75.29	12.18	7
		Total	80.92	11.12	16
	Grupo experimental	1	84.36	7.62	11
		2	75.57	8.34	7
		Total	80.94	8.84	18
	Total	1	84.79	7.80	20
		2	75.43	10.03	14
		Total	80.93	9.82	34
BP_post	Grupo control	1	85.44	8.66	9
		2	83.71	11.16	7
		Total	84.69	9.52	16
	Grupo experimental	1	87.45	9.76	11
		2	79.29	10.77	7
		Total	84.28	10.66	18
	Total	1	86.55	9.10	20
		2	81.50	10.78	14
		Total	84.47	9.99	34

En la prueba de contrastes intra-sujetos (tabla 27), se apreció que la mejora general de las deportistas en la medida Post-S se vio reflejada en una significación ($F=8.41$; $SC_{III}=242.27$; $gl=1$; $p=0.007$; $\eta^2=0.22$; $1-\beta=0.80$) de la interacción BP y *Suplementación* por sí sola. Considerando el resto de intersecciones no se produjeron diferencias significativas.

Tabla 27

Prueba de contrastes intra-sujetos del bienestar psicológico según tipo de tratamiento.

Tratamiento	SC III	gl	MC	F	p	η^2 parcial	1- β
Suplementación	242.266	1	242.266	8.412	0.007	0.219	0.801
Suplementación * Grupo_exp	3.172	1	3.172	0.110	0.742	0.004	0.062
Suplementación * Equipo	81.438	1	81.438	2.828	0.103	0.086	0.370
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	60.300	1	60.300	2.094	0.158	0.065	0.288

Al igual que sucedió en el análisis del Poms general, la prueba de contrastes inter-sujetos (tabla 28) mostró diferencias significativas ($F=5.523$; $SC_{III}=845.046$; $gl=1$; $p=0.026$; $\eta^2=0.155$; $1-\beta=0.623$) para el agrupamiento “Equipo”.

Tabla 28

*Efectos inter-sujetos según las diferentes intersecciones en la Variable Dependiente (VD)
Bienestar Psicológico/PGWB (BP)*

Tratamientos	VD	SC III	GI	MC	F	P	η^2 parcial	$1-\beta$
Grupo_exp	PGWB	9.711	1	9.711	0.063	0.803	0.002	0.057
Equipo	PGWB	845.046	1	845.046	5.523	0.026	0.155	0.623
Grupo_exp * Equipo	PGWB	27.804	1	27.804	0.182	0.673	0.006	0.070

Viendo los gráficos de esta variable (figura 29), se observó claramente como en la interacción con el tipo de tratamiento, los dos grupos (Experimental y Control) mejoraron de forma similar en la medida Post-S, lo que se vio reflejado en una significación en la *Suplementación* por sí sola. Respecto a la interacción según el *Equipo*, también se observa en los siguientes gráficos como ambos equipos mejoraron en la medida Post-S. Esta mejora es mayor en el equipo 2 (Valencia C.F.) que tenía unos valores más bajos en la medida Pre-S que el equipo 1 (Levante U.D.). Sin embargo, a pesar de esta mejora del equipo 2, el equipo 1 tiene valores medios más elevados en esta variable psicológica.

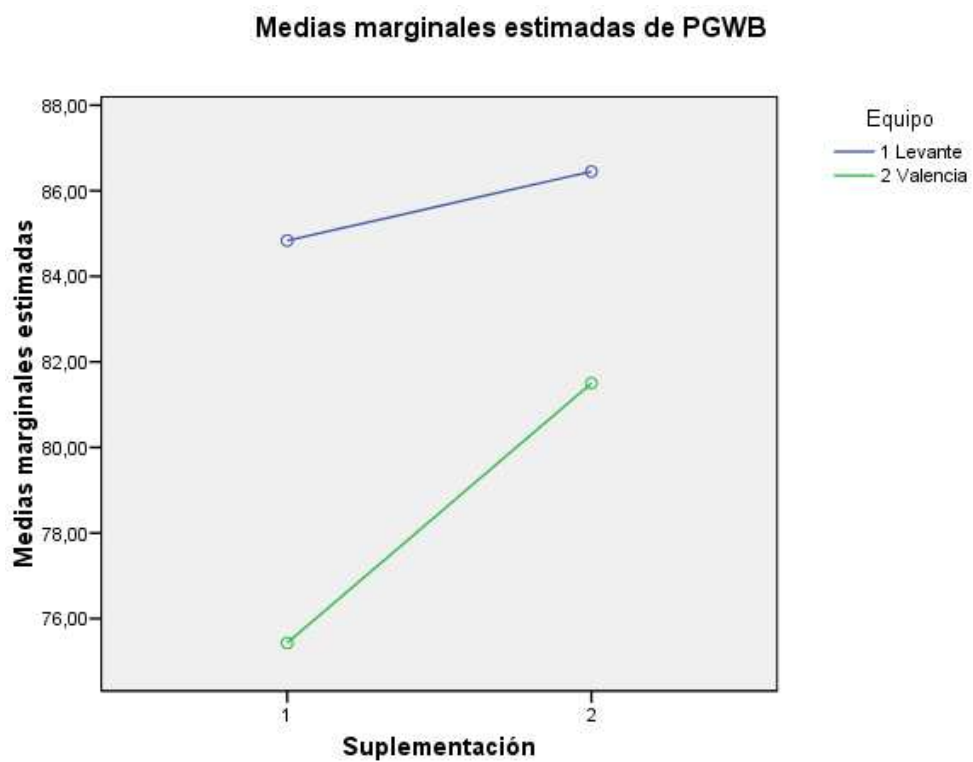
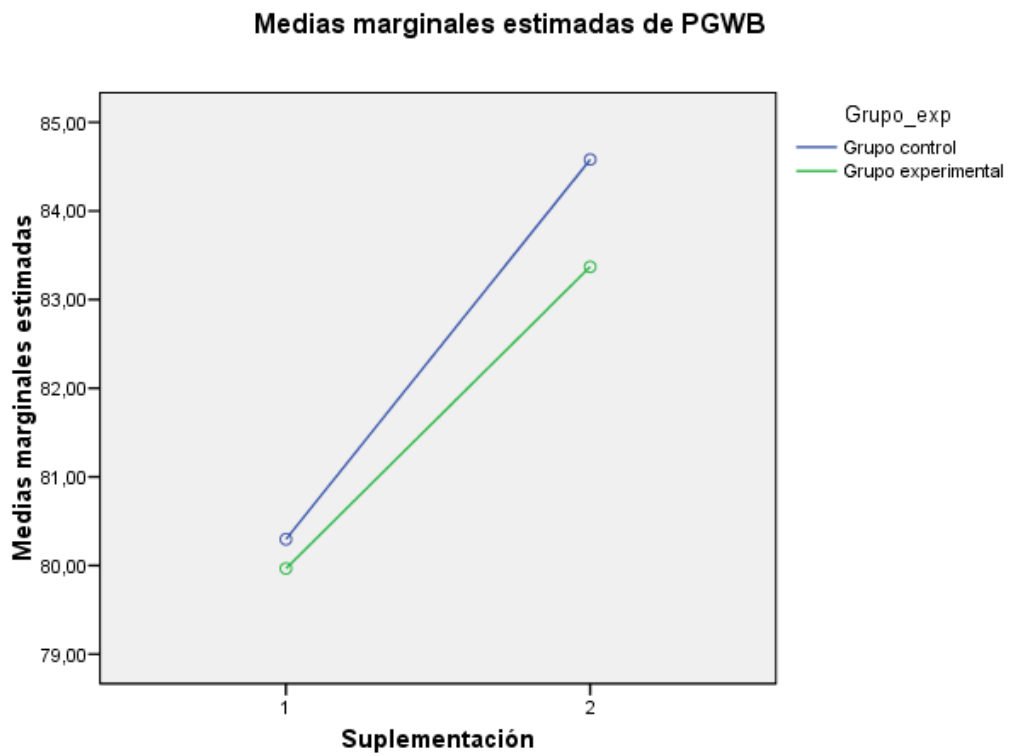


Figura 29

Gráficos de la variable Bienestar psicológico (BP). Arriba diferencias según tratamiento (Grupo experimental y Grupo control). Abajo diferencias según equipo, Equipo 1 (Levante U.D.), Equipo 2 (Valencia C.F.).

Seguidamente se analizaron cada una de las dimensiones del cuestionario PGWB por separado (tabla 29). Las medias de la medida Pre-S y Post-S, solo muestran algunos cambios para el GE en la dimensión *Ansiedad* (de Pre-S: M=8.39; DT=3.40, a Post-S: M=7.94; DT=3.49) y *Vitalidad* (de Pre-S: M=17.44; DT=2.64, a Post-S: M=18.28; DT=2.97). Sin embargo, el GC se comporta de forma similar en estas dimensiones. Para el resto de las dimensiones no existen a penas cambios.

Considerando a los equipos, se observa en la dimensión *Ansiedad*, una disminución de los valores de la misma para el Grupo Experimental (GE) del Equipo 1, de la medida Pre-S (M=7.45; DT=2.30) a la medida Post-S (M=6.73; DT=2.87). En el resto de dimensiones del PGWB los valores medios son similares para los equipos (E1 y E2) en ambas medidas.

Tabla 29

Estadísticos descriptivos, media y desviación típica de los valores obtenidos en las diferentes dimensiones del cuestionario PGWB, en tratamiento con DHA y del equipo, E1 (Levante U.D.), E2 (Valencia C.F.).

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Ansiedad_pre	Grupo control	1	6.85	3.10	9
		2	10.43	4.83	7
		Total	8.42	4.22	16
	Grupo experimental	1	7.45	2.30	11
		2	9.86	4.45	7
		Total	8.39	3.40	18
	Total	1	7.18	2.63	20
		2	10.14	4.47	14
		Total	8.40	3.75	34
Ansiedad_post	Grupo control	1	7.11	3.59	9
		2	7.71	5.06	7
		Total	7.38	4.15	16
	Grupo experimental	1	6.73	2.87	11
		2	9.86	3.72	7
		Total	7.94	3.49	18
	Total	1	6.90	3.13	20
		2	8.79	4.41	14
		Total	7.68	3.76	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
B_Vitalidad pre	Grupo control	1	18.96	1.41	9
		2	16.86	3.80	7
		Total	18.04	2.83	16
	Grupo experimental	1	18.00	2.90	11
		2	16.57	2.07	7
		Total	17.44	2.64	18
	Total	1	18.43	2.35	20
		2	16.71	2.95	14
		Total	17.73	2.71	34
B_Vitalidad post	Grupo control	1	18.44	2.70	9
		2	19.00	3.79	7
		Total	18.69	3.11	16
	Grupo experimental	1	18.73	3.41	11
		2	17.57	2.15	7
		Total	18.28	2.97	18
	Total	1	18.60	3.03	20
		2	18.29	3.05	14
		Total	18.47	3.00	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
B_Autocontrol pre	Grupo control	1	10.59	1.08	9
		2	10.71	0.95	7
		Total	10.64	0.99	16
	Grupo experimental	1	10.82	1.25	11
		2	10.00	1.63	7
		Total	10.50	1.42	18
	Total	1	10.71	1.15	20
		2	10.36	1.34	14
		Total	10.57	1.22	34
B_Autocontrol post	Grupo control	1	10.78	0.67	9
		2	10.71	1.50	7
		Total	10.75	1.06	16
	Grupo experimental	1	11.09	1.04	11
		2	10.29	1.11	7
		Total	10.78	1.11	18
	Total	1	10.95	0.89	20
		2	10.50	1.29	14
		Total	10.76	1.07	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
HumD_pre	Grupo control	1	4.71	2.61	9
		2	5.57	3.05	7
		Total	5.09	2.75	16
	Grupo experimental	1	4.00	2.24	11
		2	6.29	3.82	7
		Total	4.89	3.07	18
	Total	1	4.32	2.37	20
		2	5.93	3.34	14
		Total	4.98	2.88	34
HumD_post	Grupo control	1	3.56	1.51	9
		2	3.71	1.25	7
		Total	3.63	1.36	16
	Grupo experimental	1	3.64	2.46	11
		2	5.00	2.71	7
		Total	4.17	2.57	18
	Total	1	3.60	2.04	20
		2	4.36	2.13	14
		Total	3.91	2.08	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
B_Buena Salud pre	Grupo control	1	8.92	1.36	9
		2	6.86	2.61	7
		Total	8.01	2.20	16
	Grupo experimental	1	8.45	1.57	11
		2	8.00	2.08	7
		Total	8.28	1.74	18
	Total	1	8.66	1.46	20
		2	7.43	2.34	14
		Total	8.15	1.94	34
B_Buena Salud post	Grupo control	1	8.78	1.86	9
		2	8.00	1.53	7
		Total	8.44	1.71	16
	Grupo experimental	1	9.00	1.48	11
		2	8.57	1.90	7
		Total	8.83	1.62	18
	Total	1	8.90	1.62	20
		2	8.29	1.68	14
		Total	8.65	1.65	34

Variable	Tratamiento	Equipo	Media	Desv. típ.	N
Estado_ Psicofísico_pre	Grupo control	1	8.40	1.22	9
		2	6.86	1.68	7
		Total	7.73	1.60	16
	Grupo experimental	1	8.54	1.30	11
		2	7.14	1.46	7
		Total	8.00	1.50	18
Total	1	8.48	1.23	20	
	2	7.00	1.52	14	
	Total	7.87	1.53	34	
Estado_ Psicofísico_post	Grupo control	1	8.11	1.27	9
		2	7.43	1.27	7
		Total	7.81	1.28	16
	Grupo experimental	1	9.00	1.00	11
		2	7.71	1.38	7
		Total	8.50	1.29	18
Total	1	8.60	1.19	20	
	2	7.57	1.28	14	
	Total	8.18	1.31	34	

Al realizar las pruebas de contrastes intra-sujetos (Tabla 30) se observaron diferencias significativas en el tratamiento *Suplementación* por sí sola de la dimensión *Humor deprimido* ($F=6.55$; $SCIII=22.262$; $gl=1$; $p=0.016$; $\eta^2=0.179$; $1-\beta=0.697$) y una tendencia en la dimensión *Buena Salud* ($F=3.96$; $SCIII=4.618$; $gl=1$; $p=0.056$; $\eta^2=0.117$; $1-\beta=0.487$). Asimismo, en la interacción *Suplementación*Grupo Experimental*Equipo*, de la dimensión *Ansiedad*, también se apreció una tendencia ($F=3.21$; $SCIII=14.02$; $gl=1$; $p=0.084$; $\eta^2=0.097$; $1-\beta=0.41$).

Tabla 30

Pruebas de contrastes intra-sujetos de cada una de las dimensiones del cuestionario PGWB y la interacción según el tipo de tratamiento.

Tratamiento	VD	SC III	gl	MC	F	P	η^2 parcial	1- β
Suplementación	Ansiedad	10.399	1	10.399	2.38	0.134	0.073	0.32
	Vitalidad	11.511	1	11.511	2.47	0.127	0.076	0.331
	Autocontrol	0.574	1	0.574	0.53	0.473	0.017	0.108
	Humor_Deprimido	22.262	1	22.262	6.55	0.016	0.179	0.697
	Buena_salud	4.618	1	4.618	3.96	0.056	0.117	0.487
	E_Psicofísico	1.749	1	1.749	1.79	0.191	0.056	0.254
Suplementación * Grupo_exp	Ansiedad	3.07	1	3.07	0.7	0.409	0.023	0.128
	Vitalidad	0.011	1	0.011	0	0.962	0	0.05
	Autocontrol	0.139	1	0.139	0.13	0.723	0.004	0.064
	Humor_Deprimido	1.9	1	1.9	0.56	0.461	0.018	0.112
	Buena_salud	0.013	1	0.013	0.01	0.917	0	0.051
	E_Psicofísico	0.575	1	0.575	0.59	0.449	0.019	0.115
Suplementación * Equipo	Ansiedad	5.16	1	5.16	1.18	0.286	0.038	0.183
	Vitalidad	8.83	1	8.83	1.9	0.179	0.059	0.266
	Autocontrol	0.032	1	0.032	0.03	0.865	0.001	0.053
	Humor_Deprimido	2.709	1	2.709	0.8	0.379	0.026	0.139
	Buena_salud	1.749	1	1.749	1.5	0.23	0.048	0.22
	E_Psicofísico	0.984	1	0.984	1.01	0.324	0.032	0.163
Suplementación * Grupo_exp * Equipo	Ansiedad	14.02	1	14.02	3.21	0.084	0.097	0.41
	Vitalidad	5.852	1	5.852	1.26	0.271	0.04	0.192
	Autocontrol	0.042	1	0.042	0.04	0.845	0.001	0.054
	Humor_Deprimido	0.049	1	0.049	0.01	0.905	0	0.052
	Buena_salud	1.613	1	1.613	1.38	0.249	0.044	0.207
	E_Psicofísico	0.575	1	0.575	0.59	0.449	0.019	0.115

Por último y para acabar la exposición de los resultados, mostramos en la siguiente tabla (Tabla 31), los efectos inter-sujetos para cada una de las dimensiones del cuestionario PGWB. En ellos, se encontraron diferencias significativas en el factor *Equipo* de la dimensión *Ansiedad* ($F=4.275$; $SC_{III}=96.649$; $gl=1$; $p=0.047$; $\eta^2=0.125$; $1-\beta=0.516$) y de la dimensión *Estado Psicofísico* ($F=10.153$; $SC_{III}=24.776$; $gl=1$; $p=0.003$; $\eta^2=0.253$; $1-\beta=0.869$).

Tabla 31*Efectos inter-sujetos de cada uno de las dimensiones del cuestionario PGWB.*

Tratamiento	VD	SC III	gl	MC	F	p	η^2 parcial	1- β
Grupo_exp	Ansiedad	3.276	1	3.276	0.145	0.706	0.005	0.066
	Vitalidad	5.881	1	5.881	0.489	0.49	0.016	0.104
	Autocontrol	0.368	1	0.368	0.225	0.639	0.007	0.075
	Humor_Deprimido	1.929	1	1.929	0.208	0.652	0.007	0.073
	Buena_salud	2.233	1	2.233	0.427	0.518	0.014	0.097
	E_Psicofísico	2.625	1	2.625	1.076	0.308	0.035	0.171
Equipo	Ansiedad	96.649	1	96.649	4.275	0.047	0.125	0.516
	Vitalidad	17.531	1	17.531	1.458	0.237	0.046	0.215
	Autocontrol	2.496	1	2.496	1.525	0.226	0.048	0.223
	Humor_Deprimido	22.361	1	22.361	2.413	0.131	0.074	0.324
	Buena_salud	14.178	1	14.178	2.713	0.11	0.083	0.358
	E_Psicofísico	24.776	1	24.776	10.153	0.003	0.253	0.869
Grupo_exp * Equipo	Ansiedad	1.883	1	1.883	0.083	0.775	0.003	0.059
	Vitalidad	1.095	1	1.095	0.091	0.765	0.003	0.06
	Autocontrol	2.915	1	2.915	1.781	0.192	0.056	0.253
	Humor_Deprimido	7.082	1	7.082	0.764	0.389	0.025	0.135
	Buena_salud	3.909	1	3.909	0.748	0.394	0.024	0.133
	E_Psicofísico	0.214	1	0.214	0.088	0.769	0.003	0.059

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 DISCUSIÓN

A continuación, y después de haber expuesto los resultados de la investigación, se realizará la discusión de los mismos. Para discutir los resultados se van a tener en cuenta los objetivos e hipótesis planteadas inicialmente, así como los resultados obtenidos por otros estudios anteriores. Se seguirá una estructura similar a la del capítulo 4, analizando cada uno de los objetivos de la investigación. Finalmente, se verificarán o desecharán las hipótesis planteadas.

5.1.1- AGILIDAD Y TEST DE ILLINOIS.

Los tiempos empleados en el Test de Illinois por las futbolistas participantes en la investigación, estuvieron dentro de los tiempos de referencia para este test que oscilan entre 16 y 18 segundos (Miller et al., 2006; Vescovi and McGuigan, 2007).

En los resultados de esta variable agilidad, medida por el test de Illinois, se apreció en los estadísticos descriptivos (tabla 6), que el Grupo Experimental (GE) mantenía valores similares en los tiempos empleados, tanto en la medida Pre-S (M=17.18s; DT=0.76) como en la medida Post-S (M=17.11s; DT=0.78). Sin embargo, en el Grupo Control sí se apreció una pequeña mejora, aunque no significativa, de la medida Pre-S (M=17.29s; DT=0.63) respecto a la medida Post-S (M=16.54s; DT=2.15), mejora que parece deberse fundamentalmente a la mejoría que se produce en el equipo 2 (Valencia C.F: Pre-S M=17.55 s; DT=0.73 vs. Post-S M=16.59s; DT=2.47). La comparación de las medias de ambos equipos (tabla 6) permite apreciar que la media del equipo 1 (E1/Levante U.D.) fue siempre superior, con mejores resultados tanto en la medida Pre-S como en la Post-S. De esta forma, esta mejoría del equipo 2 podría explicarse por sus tiempos más altos en la medida Pre-S, con mayor margen de mejora.

Al realizar la prueba de contrastes multivariados (tabla 7) no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las intersecciones para la Agilidad. Tan sólo se apreció una pequeña tendencia a la significación

($p=0.077$) al considerar la *Suplementación* por sí sola. Esta tendencia pudo deberse al efecto placebo que se produce por el simple hecho de participar en una investigación, a la mejora global de las jugadoras por el paso del tiempo, o por el conocimiento previo del test que se producía en la media Post-S.

Después de analizar esta variable, podemos señalar que el test utilizado no era el más adecuado para los objetivos planteados. El Test de Illinois, mide la agilidad de las deportistas, no obstante, en él también influyen otros factores que no se pueden controlar como la técnica de carrera, el tipo de superficie y el material personal utilizado. Además, del mismo modo que han venido advirtiendo algunos investigadores (Vescovi and McGuigan, 2007), el Test de Illinois, puede ser un test de demasiada duración y con excesivos tramos para esprintar en los que puede influir más la capacidad de acelerar de los deportistas que la propia habilidad para reaccionar y cambiar de dirección. Por tanto, sería recomendable una reducción del test tal y como realizaron Vescovi y McGuigan (2007), con el objetivo de que así midiera realmente la agilidad que tienen los deportistas para realizar cambios de dirección, realizar giros, acelerar y desacelerar en distancias cortas.

Del mismo modo, una vez vistos los resultados, se puede decir que el Test de Illinois no fue el más apropiado para evaluar los objetivos que se buscaban con la suplementación de DHA, al ser un test que está diseñado para medir la habilidad del deportista y su velocidad específica (coordinativa), parece medir el componente más “técnico” de la velocidad, y por tanto está escasamente relacionado con la velocidad de reacción selectiva compleja, o con otras respuestas fisiológicas sobre las que el DHA pueda ejercer algún efecto positivo.

5.1.2- EFECTO DEL DHA EN EL TIEMPO DE REACCIÓN SELECTIVO COMPLEJO.

Como se ha visto en el anterior capítulo de resultados, dentro de esta variable se midieron 4 dimensiones: el tiempo medio de reacción general (TMRG), el tiempo medio de reacción en aciertos (TMRA), la precisión, y el

índice de eficacia de reacción selectiva compleja (IERSC). A continuación presentamos la discusión de los resultados obtenidos en cada una de estas variables.

Tiempo medio de reacción general (TMRG)

Con esta variable se medía el tiempo de reacción selectivo complejo general, es decir, el tiempo medio que empleaban las jugadoras en reaccionar a cualquiera de los estímulos que se les presentaba, sin tener en cuenta si esta elección era o no la correcta. Los resultados, al observar los estadísticos descriptivos (tabla 8), mostraron claras diferencias en el Grupo Experimental (GE) de la medida Pre-S (M=0.71s; DT=0.14) a la medida Post-S (M=0.62s; DT=0.11). Esta mejora en TMRG del GE se vio reflejada claramente al realizar los contrastes univariados (tabla 9), donde se encontraron diferencias significativas ($p=0.004$) al considerar la interacción *Suplementación*Grupo Experimental*.

Otro dato que se pudo observar fue la diferencia existente entre los dos equipos participantes pues, aunque ambos mejoraron sus tiempos en la medida Post-S, en los descriptivos de esta variable se observó que el Equipo 1 (Levante U.D.) obtuvo valores medios más elevados en el TMRG que el Equipo 2 (Valencia C.F.), tanto en la medida Pre-S, como en la medida Post-S. A pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas al considerar el factor *Equipo*, los datos apuntan a que las jugadoras del equipo 1 eran superiores en esta capacidad en el momento de la evaluación.

Tras la aplicación del tratamiento con DHA se obtuvieron importantes efectos en el GE, lo que permite confirmar que el DHA produjo mejoras en el tiempo de reacción general de las deportistas que consumieron este suplemento. Los resultados obtenidos, coinciden con los de Fontani et al. (2009), que realizaron una investigación similar con deportistas y con un suplemento de Omega-3, en la cual obtuvieron también resultados significativos en el tiempo de reacción de los deportistas sometidos al suplemento.

De gran importancia son los resultados obtenidos en el TMRG, ya que esta variable indica la capacidad de las jugadoras para reaccionar rápidamente ante cualquier estímulo, y por tanto, es una capacidad imprescindible para muchos deportes en los cuales es muy importante el hecho de reaccionar rápidamente ante diversos estímulos. Si estos resultados los enfocamos al fútbol, aún son más esperanzadores, ya que al ser un deporte donde se van sucediendo cantidad de acciones inesperadas a las que es necesario reaccionar, el DHA podría ayudar a reaccionar lo antes posible y por tanto, a salir exitoso de las mismas,

Tiempo medio de reacción en aciertos (TMRA)

En la variable TMRA se medía el tiempo de reacción pero sólo en las respuestas correctas de las jugadoras. Este dato, a diferencia del anterior TMRG, nos indica la media empleada por una persona en las reacciones de las respuestas correctas, teniendo en cuenta, que para las mismas, anteriormente se ha realizado una elección y en la que por tanto, ha existido un riesgo a cometer un error.

Al explorar los resultados, se observó que la variable tiempo medio de reacción en aciertos (TMRA) se comportó de forma similar al TMRG. El Grupo Experimental mejoró en la medida Post-S ($M=0.70s$; $DT=0.13$ vs $M=0.62s$; $DT=0.11$), no produciéndose esta mejora en el Grupo Control (tabla 11). Al realizar los contrastes univariados (tabla 12), se encontraron diferencias significativas ($p=0.010$) al considerar la interacción Suplementación*Grupo experimental.

Estos resultados que muestran una clara mejora del TMRA, siguen ratificando que el DHA puede ser un buen suplemento para la mejora del tiempo de reacción selectivo complejo. Además, los datos obtenidos en el TMRA, indican que esta rapidez en la reacción también se produce cuando, a pesar de existir una elección y un riesgo a fallar, la respuesta es correcta. Por tanto se podría decir que tras una suplementación de DHA se podría mejorar el tiempo de reacción, manteniendo la habilidad para decidir correctamente en el mismo.

Del mismo modo que ocurrió en el TMRG, en los resultados del TMRA también se aprecia que la media de un equipo era mejor que la del otro en esta capacidad. El Equipo 1 (Levante U.D), fue superior tanto en la medida Pre-S (0.65s) como en la Post-S (0.63s), con respecto al Equipo 2 (Valencia C.F.), que obtuvo unos valores más elevados tanto en la medida Pre-S (0.74s), como en la medida Post-S (0.71s). Ambas diferencias entre equipos, tanto la que se apreció en el TMRG como la del TMRA, pueden relacionarse con el nivel y trayectoria deportiva del equipo, siendo el E1 (Levante U.D.) el de más tradición futbolística, con jugadoras de mayor experiencia y con un mejor palmarés que el E2 (Valencia C.F.) Parece, por tanto, acertado considerar que este test y sus resultados aportan información relevante para el rendimiento deportivo en la modalidad del Fútbol.

Precisión

En cuanto a la variable Precisión, medida de los aciertos menos los errores de las participantes, a pesar de que en los descriptivos (tabla 14) se apreciaron diferencias en las puntuaciones del GE de la medida Pre-S (M=28.11; DT=10.50) respecto a la medida Post-S (M=34.56; DT=2.55), mejorando más que las del Grupo Control (Pre-S: M=32.25; DT=5.31, Post-S: M=33.88; DT=2.00), al realizar los contrastes univariados (tabla 15) no se obtuvieron diferencias significativas ($p=0.179$) en la interacción *Suplementación*Grupo experimental*.

Sin embargo, sí que se observaron diferencias significativas ($p=0.019$) en la interacción de la Precisión con la *Suplementación* por sí sola. Este dato puede explicarse por la mejora generalizada que se produjo en la medida Post-S tanto en el GE y GC, como en el E1 (Levante U.D.) y en el E2 (Valencia C.F.). Es factible pensar que las razones de que se produzca una mejora en todos los grupos de la investigación, puedan deberse al efecto aprendizaje que se produce en el test aplicado de las jugadoras. A pesar de que el test posee diferentes series de estímulos preprogramados que se aplican al azar, el hecho de realizar el test por segunda vez, pudo significar algún tipo de aprendizaje.

Índice de Eficacia de Reacción Selectiva Compleja (IERSC)

Esta variable se midió a partir de la Precisión y del TMRG creando el IERSC. Este índice es un dato muy importante e interesante, ya que informa de la capacidad que tienen las jugadoras de reaccionar rápidamente y además de hacerlo de forma precisa y eficaz.

En primer lugar, los descriptivos del IERSC (tabla 16) mostraron una clara mejora en el comportamiento del Grupo Experimental, puesto que habiendo conseguido un valor medio en la medida Pre-S (M=40.88; DT=17.41), fueron claramente superados en la medida Post-S, con un valor de M=57.12; DT=11.05. Sin embargo, el Grupo Control se mantuvo en puntuaciones similares tanto en la medida Pre-S (M=49.52; DT=14.63) como en la medida Post-S (M=49.50; DT=11.01), lejos de la media post tratamiento del grupo experimental.

Por otra parte, los resultados del análisis de varianza (tabla17) mostraron diferencias significativas ($p=0.003$) en la interacción entre Suplementación y Grupo experimental. Y como se recoge en esta misma tabla, también se produjeron diferencias significativas ($p=0.002$) al considerar el tratamiento, es decir, la Suplementación por sí mismo.

Referente a los equipos participantes, la interacción Suplementación con el Equipo, no produjo diferencias significativas, debido en parte, a que los dos equipos mejoraron de forma similar en la medida Post-S. Del mismo modo que se produjo en otras variables, el Equipo 1 (Levante U.D.) también fue superior tanto en la medida Pre-S (M=47.22; DT=18.88) como en la Post-S (M=55.76; DT=10.49), comparado con el Equipo 2 (Valencia C.F.) que obtuvo valores algo inferiores para el IERSC tanto en la medida Pre-S (M=41.70; DT=12.31) como en la medida Post-S (M=50.35; DT=12.57).

Las citadas diferencias significativas obtenidas de la interacción Suplementación y Grupo Experimental ($p=0.003$), demuestran por tanto, que los PUFAs Omega 3 y en concreto el DHA producen un efecto beneficioso en las deportistas que consumen este complemento. Entre los efectos positivos que

promueve el DHA, parece que se produce una mejora en el tiempo de reacción ante la elección de diferentes estímulos (selectivo complejo), mejorando además, la eficacia en esta reacción. Este resultado es de gran importancia para el deporte de Alto nivel, ya que son muchos los deportes en los que esta capacidad es clave para un correcto y óptimo rendimiento.

Los destacados resultados obtenidos en el IERSC, cobran incluso más importancia al estar aplicados a un deporte como el fútbol, donde la eficacia de las jugadoras en la toma de decisión con tiempos reducidos, resulta muy importante en determinados momentos de los partidos, Este aumento de la eficacia individual de las jugadoras posiblemente llevaría a un aumento general de la eficacia del equipo y por tanto a un mayor éxito y menos errores en los partidos jugados. No obstante, no se pueden generalizar los resultados obtenidos en esta investigación al conjunto del equipo al completo, ya que la investigación se centraba individualmente en cada una de las jugadoras. Por tanto está demostrado que un suplemento de DHA mejora la eficacia de reacción selectiva compleja de las acciones individuales de las jugadoras. Y queda abierta la puerta a la investigación de nuevas líneas de trabajo que pueden analizar, entre otras, la repercusión del DHA sobre la mejoría general del equipo. Los resultados anteriormente citados, parecen confirmar la recomendación de tomar suplementación nutricional relacionada con los ácidos grasos Omega 3 (en este caso DHA) en otros deportes en los que el éxito también dependa en gran parte de la capacidad de respuesta rápida y eficaz de cada deportista. Estos resultados, parecen indicar que los AG Omega-3 son muy adecuados en deportes en los que la actividad sensoriomotora, la toma de decisiones y la percepción visual, sean cruciales para el éxito (Overney et al. 2008), y en los que se exija una precisión y eficacia máxima. Por tanto, el DHA puede tener un papel importante en los deportes socio-motrices, grupales o de equipo, y queda abierta la posibilidad de nuevas investigaciones centradas en los efectos del DHA en los deportes individuales, deportes donde la presión y la responsabilidad dependen de la misma y única persona.

El importante efecto que produce el DHA en el tiempo de reacción selectivo complejo (TRsc) puede explicarse gracias a la actuación que realiza este AG en el sistema nervioso a un nivel sensoriomotor y cognitivo, mejorando el procesamiento sensoriomotor de los estímulos, lo que llevaría a una mejora tanto de la rapidez de respuesta como de la precisión. Investigaciones como las de McNamara et al. (2010), ya demostraron que una suplementación con DHA mejoró la atención de niños sanos, gracias a que se produjo una mayor activación de la corteza cerebral. En esta misma línea Fontani et al. (2009) también realizaron una investigación en la que utilizaron un suplemento de Omega 3 (DHA+EPA), demostrando que este tipo de suplementos producía una reducción en el tiempo de reacción. Estos autores adjudicaron esta mejora al efecto que se produjo en el sistema nervioso central, produciéndose una disminución de la latencia de los movimientos y un aumento de la activación cerebral medida por EMG (electromiografía). Estos mismos procesos podrían ser los responsables de que el DHA también mejore la capacidad de reaccionar de una forma rápida y eficaz.

De cumplirse estas premisas, los efectos que produciría el DHA en el TRsc se encontraría en aquella fase de la respuesta que tiene un mayor componente perceptivo-cognitivo, llamada según Marzilli y Hutcherson (2002), tiempo premotor. Estos autores llaman Tiempo Premotor (componente cognitivo) a la latencia entre la identificación del impulso y el inicio de la activación del músculo. Es decir, el DHA produciría sus efectos en la fase premotora del tiempo de reacción selectivo complejo, y no tanto en la fase motora (tiempo requerido para activar los mecanismos que intervienen en la contracción de los músculos periféricos) de la reacción.

Otro de los posibles mecanismos por los que se pensaba que el DHA podría producir efectos en el tiempo de reacción selectivo complejo, era a través del retardo de la aparición de fatiga (manteniendo de esta forma la precisión en la respuesta sin disminuir la rapidez). En este sentido, estudios previos han demostrado que la capacidad para responder con eficacia ante un móvil en deportistas de élite disminuye cuando aparece la fatiga, disminuyendo la

precisión (Thomson et al., 2009). Sin embargo, como se verá más adelante (variables psicológicas), no se puede constatar este mecanismo de actuación del DHA, ya que aunque se produjo una mejora en la eficacia, ésta, no fue acompañada por una disminución de la fatiga (medida a través de test psicológico). Cabe reflexionar, sin embargo sobre la circunstancia de que la fatiga evaluada como sub-escala psicológica es una fatiga de tipo más general y contextual que la fatiga fisiológica, de tipo agudo, que relacionamos con la acumulación de metabolitos y la fatiga neural. Ello nos llevaría a considerar la necesidad de incluir otros elementos de evaluación más cercanos a la medición de la fatiga fisiológica –como las escalas de Borg u otros-, en la realización de trabajos futuros.

Por otra parte, es importante recalcar también, que este beneficio no solo es aplicable al ámbito de la alta competición, sino también al deporte y la actividad física en general y a otros ámbitos relacionados con la práctica física y la salud, ya que el tiempo de reacción selectivo complejo y la eficacia en el mismo, son importantes para muchas otras funciones y facetas de la vida. Por tanto, de este interesante resultado se pueden beneficiar tanto deportistas de élite, como personas sanas que intentan mantener un nivel de salud óptimo, o incluso diferentes afectados por algún tipo de patología o enfermedad, de ahí la importancia del resultado que esta investigación ha demostrado. Y la necesidad de seguir investigando en el futuro sobre líneas de intervención que relacionen la práctica física y la suplementación con DHA.

Además, también en estas variables o dimensiones del tiempo de reacción selectivo complejo (TRsc), es importante comentar el comportamiento que se observó entre los dos equipos participantes. Uno de los objetivos específicos marcados inicialmente fue analizar la influencia de factores externos como la pertenencia a diferentes equipos sobre el posible efecto de la suplementación con DHA en los resultados. Pues si bien, no se produjeron unas diferencias significativas en cuanto a las interacciones *Suplementación* Grupo experimental* Equipo*, ni en la *Suplementación*Equipo*, es necesario comentar que el Equipo 1 (Levante U.D) obtuvo siempre mejores valores tanto en la

medida Pre-S como en la medida Post-S que el Equipo 2 (Valencia C.F.). Esta inferioridad del E2, quizás producida en algunas variables por la carga de entrenamiento de la pretemporada en la que se encontraban en la medida Post-S, pudo alterar algunos resultados, ya que como se ha visto anteriormente, en la medida Post-S de algunas variables, se produce una gran mejora para el E2. Igualmente podría estudiarse el posible efecto de la estacionalidad de esta investigación (el equipo 1 fue suplementado y evaluado coincidiendo con la primavera, mientras el equipo 2 siguió el mismo proceso pero en invierno).

Concluyendo con la discusión de esta variable, se puede decir que los resultados de este estudio (eficacia y mejora del tiempo de reacción selectivo complejo) se añaden a los ya existentes beneficios y efectos en los que los ácidos grasos Omega 3 y el DHA están relacionados. Además, los mismos resultados, se suman a una serie de líneas de investigación (Fontani et al. 2009; Vidal, 2007; Villegas et al. 2005, entre otros) que tienen el objetivo de demostrar beneficios de la utilización de los A.G Omega 3 en el ámbito del deporte.

5.1.3- EFECTO DEL DHA EN LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS.

Estado de ánimo

En los estadísticos descriptivos (tabla 20) de esta variable, medida a través del cuestionario POMS, se observaron mínimas diferencias en el Estado de Ánimo general (EA) para los diferentes grupos (GC y GE) y equipos (E1/Levante U.D., y E2/Valencia C.F), sobretodo apreciables en los gráficos (figura 25) de esta variable expuestos en el anterior capítulo de resultados. Al realizar las correspondientes interacciones no se encontraron diferencias significativas, aunque sí que se observó una pequeña tendencia a la significación ($p=0.064$) en los efectos inter-sujetos (tabla 22) al considerar el factor *Equipo*. Esta tendencia posiblemente fue producida por la mejora observada en los descriptivos, del Equipo 2 en la medida Post-S, y por el leve empeoramiento del Equipo 1 en esta misma medida Post-S. Sin embargo, es necesario comentar, que a pesar de estas diferencias, independientemente de la mejora o empeoramiento en las medidas, el Equipo 1 (Levante U.D) siempre

obtuvo valores más elevados para el Estado de Ánimo que el Equipo 2 (Valencia C.F), no obstante, estas diferencias entre equipos no fueron causa de significación en ninguna de las interacciones.

A pesar de la ausencia de significación al considerar estas interacciones, las diferencias que se observaron en los estadísticos descriptivos (tabla 20), en las que el Grupo Experimental (sometido a DHA) mejoró un poco su Estado de Ánimo, y en las que, por el contrario, el Grupo Control, empeoró en los valores del EA, pueden hacer presagiar que con tratamientos más largos y controlados, o con muestras mayores, se pueda llegar a producir un efecto significativamente beneficioso del DHA sobre el Estado de Ánimo. Este efecto ha sido presenciado en algunas investigaciones recientes (Fontani et al., 2005; Fontani et al., 2009; Sears, 2002) en las que se ha llegado a la conclusión de que un suplemento Omega-3 puede ayudar a mejorar el estado de ánimo de las personas debido al papel que juega este ácido graso en el sistema nervioso y el cerebro.

Siguiendo con lo que se vio en los resultados, al realizarse el análisis por separado de cada una de las dimensiones de las que se componía el cuestionario POMS, se encontraron algunos resultados interesantes. En los estadísticos de cada una de las dimensiones, se observaron diferencias en los valores del GE de la medida Pre-S a la medida Post-S, pero el GC se comportó de forma muy similar. Esta similitud en la evolución ante el tratamiento, con independencia del placebo o el DHA, ha afectado de forma negativa a los resultados esperados de la suplementación con DHA.

Al realizar los contrastes intra-sujetos sí que se aparecieron diferencias significativas en algunas dimensiones, al considerar la *Suplementación* por sí sola. Las dimensiones en cuestión fueron *Depresión* ($p=0.007$), *Cólera* ($p=0.017$), y *Fatiga* ($p=0.001$). Estas diferencias indican que el simple hecho de participar en la investigación pudo producir unos cambios en los participantes en estas dimensiones, bien debido al efecto placebo de participar en un estudio; o incluso porque el propio transcurso del tiempo del periodo de tratamiento pudo producir estos cambios. Un mayor control sobre el proceso de entrenamiento

hubiera permitido localizar mejor un posible efecto contaminante sobre la evolución de las diferentes dimensiones del test POMS (para el Estado de Ánimo), fundamentalmente en la dimensión Fatiga.

Es importante destacar otro efecto que se pudo observar al analizar las dimensiones por separado, ya que en la intersección *Suplementación*Equipo*, de la dimensión *Fatiga* (Tabla 24), se dio una tendencia a la significación ($p=0.066$). Este efecto, aunque no llegó a ser significativo, se analizó con la Comparación por pares (Tabla 25) para intentar descubrir porque se producía la tendencia observada. En esta comparación, se observaron diferencias significativas (GC: $p=0.004$ y GE: $p=0.039$) en la reducción de la Fatiga para ambos grupos (GE y GC) del Equipo 2 (Valencia C.F.), no existiendo significación en las diferencias del Equipo 1 (Levante U.D.). Este efecto tiene una posible explicación, ya que el Equipo 2 en el momento de la medida Pre-S se encontraba en plena pretemporada, donde la fatiga acumulada por la carga de entrenamiento era mayor, lo que pudo afectar a los valores obtenidos en esa medida, al ser más altos. En la medida Pos-T, el Equipo 2 (tanto en el GC como en el GE) redujo considerablemente los valores en la dimensión Fatiga. Esta reducción puede deberse o bien por el efecto positivo del DHA en el Grupo Experimental y al efecto placebo en el Grupo Control, o bien porque ambos grupos del Equipo 2 al realizar la medida Post-S ya se encontraban menos saturados de entrenamiento y con ello las jugadoras estaban menos fatigadas. De nuevo se puede recordar que el efecto estacional también pudo influir sobre sus resultados.

En cuanto a los perfiles del Estado de Ánimo (Figura 26 y siguientes) que se han presentado en el anterior capítulo de resultados, hay que empezar diciendo que los perfiles de esta investigación se comportaron tal y como el creador de estos mismos perfiles (Morgan et al., 1987) estipuló, siendo según este autor, los deportistas con un patrón de estado de ánimo más adecuado para el éxito los que en las dimensiones *tensión*, *depresión*, *cólera*, *fatiga* y *confusión* se sitúan bajo el percentil 50, y el *vigor* está por encima de dicho percentil. En este caso el Equipo 1 (Levante U.D), tuvo unos perfiles (en este

caso, confeccionados con la medias de todas las jugadoras) tanto Pre-S como Post-S (figura 28), similares al perfil Iceberg. Además, coincidiendo con el pronóstico de éxito de Morgan et al. (1987), el Equipo 1 (Levante U.D.) fue realmente el que mejores resultados y palmarés había conseguido hasta ese momento, e incluso en la investigación se apreció que fue el equipo que obtuvo mejores valores en las distintas variables que se le aplicaron, comparándolo con el Equipo 2. Aunque, como se ha visto, estas diferencias entre equipos, no llegaron a ser significativas en ningún momento, a pesar de que éstas eran apreciables en los estadísticos y en los gráficos. El equipo 2 (Valencia C.F.) por su parte, tuvo unos perfiles Pre-S y Post-S, totalmente diferentes (figura 28) a los del Equipo 1, ya que en ellos, las distintas dimensiones se comportaron de otro modo, situándose el *vigor* por debajo del percentil 50, y el resto de dimensiones por encima, siendo por tanto, más parecido al Perfil Iceberg Invertido (Morgan et al., 1987). Siguiendo con el pronóstico de éxito de Morgan et al., hay que decir que estas diferencias entre los perfiles de los equipos, se correspondían claramente con lo que sucedía en la realidad, puesto que el Equipo 2 (Valencia C.F.) era un equipo algo inferior deportivamente al Equipo 1.

Finalmente, no se apreciaron perfiles tan claros al realizar el mismo proceso considerando el efecto de la suplementación con DHA, es decir, al realizar los correspondientes perfiles Pre-S y Post-S tanto para el Grupo Experimental como para el Grupo Control (figura 26). En estos perfiles es difícil apreciar cambios en los mismos debido a que al juntar las puntuaciones obtenidas por toda la muestra, observamos la existencia de una gran variedad individual en los resultados intersujetos, y por tanto, todas están cercanas al percentil 50. Pese a esto, se puede apreciar como en los perfiles del Grupo Control la dimensión *Vigor* se encuentra cercana al percentil 50 en ambos, pero en el perfil Pre-S está dimensión se encuentra por arriba del *Vigor* del perfil Post-S. Al contrario ocurre cuando se observan los perfiles del Grupo Experimental, donde en este caso la dimensión *Vigor* del perfil Post-S sí que se encuentra por arriba del *Vigor* del perfil Pre-S, dato que es positivo puesto que puede indicar (aunque no se encontraron diferencias significativas) que el DHA pudo causar algún efecto beneficiosos en esta dimensión *Vigor*.

Bienestar Psicológico

Respecto a los resultados obtenidos de la variable Bienestar Psicológico medida a través del cuestionario PGWB, se observó en los estadísticos descriptivos de la misma (Tabla 26), que los valores medios de ambos grupos (Experimental y Control), eran similares y se comportaron prácticamente igual tanto en la medida Pre-S, como en la medida Post-S, existiendo una mejoría en el Bienestar Psicológico (BP) en la medida post tratamiento para ambos grupos. Al observar los equipos, igualmente, tanto el Equipo1 (Levante U.D.), como el Equipo 2 (Valencia C.F.), se comportaron del mismo modo, en la medida Pre-S y Post-S, mejorando ambos (aunque más el Equipo 2) en esta última medida Post-S. Sin embargo, en los equipos, a pesar de comportarse del mismo modo, sí que se apreció que existía una diferencia en los valores medios, siendo siempre superiores para el Equipo 1 (Levante U.D.) tanto en la medida Pre-S como en la Post-S.

Los valores medios en la medida global del BP, son muy similares a los obtenidos por otras investigaciones (García, 2010; González et al., 1996) que utilizaron la misma versión del cuestionario PGWB. En estos estudios las medias totales de BP estaban cercanas a 80, tal y como sucedió en esta investigación, donde los valores del BP global oscilaban entre 75 y 87. Importante resaltar que en la medida Pre-S los valores globales para todos los grupos (GE y GC; E1 y E2) fueron inferiores que los valores globales del BP Post-S, donde subieron estas medias llegando a una puntuación máxima de 87.45 (GE del Equipo 1).

De la prueba de contrastes intra-sujetos (Tabla 27) resalta la significación obtenida al considerar la *Suplementación* por sí sola ($p=0.007$). Efecto producido por la mejora global de toda la muestra en la medida Post-S. Esta mejora pudo deberse tanto al efecto placebo que se puede producir por el hecho de participar en un estudio y consumir un suplemento, como al propio paso del tiempo que podría haber afectado a la mejoría del BP en todos los grupos de la medida Post-S. También resalta, aunque algo lejos de ser

significativo ($p=0.100$), el dato obtenido de la interacción *Suplementación* Equipo*, que puede estar indicando que existieron pequeñas diferencias entre los Equipos, aunque estas no fueron significativas. Estas diferencias se observaron en los descriptivos, donde se pudo ver que el Equipo 2 (Valencia C.F.) mejoró un poco más que el Equipo 1 (Levante U.D. en la medida Post-S en la puntuación global del BP, aunque como ya se ha comentado anteriormente, los valores del Equipo 2 en el BP Pre-S ($M=75.43$; $DT=10.03$) eran menores que los del Equipo 1 ($M=84.79$; $DT=7.80$) en esta medida Pre-S, con lo que el margen de mejora era mayor en el Equipo 2, cosa que puede explicar estas pequeñas diferencias de comportamiento entre los equipos.

En los gráficos (Figura 29) de esta variable se pudieron ver estos dos efectos anteriormente citados, tanto la significación de la *Suplementación* por sí sola donde se apreció la mejora global de los dos grupos (Experimental y Control) en la medida Post-S, como el diferente comportamiento de los equipos, que aunque no fue significativo este hecho, se observó como el Equipo 2 mejoró un poco más en la medida Post-S, posiblemente debido a la menor puntuación inicial de este equipo.

Posteriormente, al igual que se hizo con la variable *Estado de Ánimo*, también se analizaron por separado cada una de las dimensiones de las que consistía el cuestionario PGWB utilizado para medir la variable *Bienestar Psicológico*. De los descriptivos (Tabla 30) se observaron pocas diferencias en los valores medios, ya que salvo en las dimensiones Ansiedad y Vitalidad, en las que hubo pequeñas diferencias de comportamiento, en el resto de dimensiones las medias de ambos grupos (GE y GC) y de ambos equipos (E1 y E2) eran similares en las dos medidas (Pre-S y Post-S).

En los contrastes intra-sujetos (Tabla 31) de todas las dimensiones del PGWB, la *Suplementación* por sí sola, afectó a la dimensión *Humor Deprimido*, donde se dio significación ($p=0.016$), siendo posiblemente esta dimensión del cuestionario la más susceptible al efecto placebo, con lo que el hecho de participar en una investigación y de tomar un suplemento, puede explicar este

dato. También existieron algunos cambios en la dimensión *Buena Salud General* que estuvieron cercanos a la significación ($p=0.056$), posiblemente por el mismo efecto explicado para la dimensión *Humor Deprimido*. Cabe nombrar también, aunque lejos de ser significativo ($p=0.084$), este dato que se produjo en la interacción *Suplementación*Grupo Experimental*Equipo* de la dimensión *Ansiedad*, puede indicar algún tipo de tendencia, ya que como se vio en los descriptivos, en el Grupo Experimental del Equipo 1 (Levante, U.D.) hubo una mejora en esta dimensión de la medida Pre-S a la medida Post-S, por lo que posiblemente el DHA sí produjo algún efecto en este grupo, sin embargo, este dato no se puede confirmar. A pesar de que este último dato no es significativo, puede estar indicando que con muestras más amplias, con un periodo de tratamiento más largo y con grupos más controlados, los resultados podrían ser mejores, por lo que es aconsejable seguir con esta línea de investigación con el fin de establecer y aclarar los posibles efectos del DHA en el Bienestar Psicológico y otras variables relacionadas. En esta línea, algunos autores como Fontani et al. (2005), indicaron que es necesario potenciar las investigaciones centradas en los efectos psicológicos del DHA y los Omega-3 en la población sana, ya para poblaciones con necesidades especiales y con diversas patologías, estos efectos beneficiosos del DHA ya han quedado demostrados.

Por último, citaremos las diferencias que se vieron al realizar la prueba de los efectos inter-sujetos. En la misma, se observó como al considerar el factor *Equipo*, las dimensiones *Ansiedad* ($p=0.047$) y *Estado Psicofísico* ($p=0.003$) mostraron diferencias significativas. Estas, se pueden explicar por la mayor mejora del comportamiento del Equipo 2 (Valencia C.F.) en la medida Post-S para estas dimensiones. Los cambios en la *Ansiedad*, se vieron facilitados por el margen de mejora del E2 que obtuvo en la medida Pre-S valores muy elevados en esta dimensión, indicando esto que las jugadoras de este equipo estaban más ansiosas inicialmente, a pesar de encontrarse en pretemporada y no en fases decisivas. Este dato, si lo comparamos con el Equipo 1 (que estaba en el final de temporada y en la Supercopa), indica que a pesar de que el momento de la temporada era más asequible para las jugadoras del E2, posiblemente debido a la menor experiencia en la élite del

fútbol femenino, eran jugadoras con mayores niveles de ansiedad. En cuanto al efecto que se produce en la dimensión *Estado Psicofísico*, también se puede explicar por el margen de mejora que tenía el Equipo 2 en esta dimensión, ya que obtuvo valores más elevados que el E1 en la medida Pre-S. Estas diferencias entre equipos y marcadas por el comportamiento del E2, se pueden relacionar con la tendencia que se produjo en la dimensión *Fatiga* analizada anteriormente en el POMS-Estado de Ánimo, ya que ambas dimensiones (*Fatiga* y *Estado Psicofísico*) están relacionadas y mostraron comportamientos similares en esta interacción. Por tanto, se puede explicar esta significación del *Estado Psicofísico* debida a reducción que se produjo en el E2 en esta dimensión de la medida Post-S, bien por el efecto positivo del DHA en el Grupo Experimental y al efecto placebo en el Grupo Control, o bien porque ambos grupos del Equipo 2 al realizar la medida Post-S ya se encontraban menos saturados de entrenamiento y con ello las jugadoras estaban menos fatigadas. De nuevo, aquí también es necesario recordar que el efecto estacional también pudo influir sobre sus resultados.

Discusión conjunta de las variables psicológicas

Valorando simultáneamente los resultados de las dos variables psicológicas analizadas se pueden realizar comentarios y conclusiones comunes, ya que tanto el *Bienestar Psicológico* (PGWB), como la variable anterior, *Estado de Ánimo* (POMS), se han comportado de forma muy similar. Inicialmente se optó por realizar dos cuestionarios psicológicos diferentes (PGWB y POMS), pero con fines similares, porque a pesar de que el objetivo de estos dos instrumentos era similar, sin embargo, tenían algunas características particulares, como que el PGWB medía dimensiones más positivas que las del POMS (García, 2010). Por ello, se pensó que podían aportar alguna información relevante al considerar *Estado de Ánimo* y *Bienestar Psicológico* por separado. No obstante, como se ha venido viendo en la discusión, todos los grupos estudiados se han comportado de forma muy similar tanto en un cuestionario (POMS) como en el otro (PGWB), estando muy relacionados los efectos que se

han visto al analizar los resultados de ambos, ya que en algunos casos, para una variable han sido significativos, pero para la otra no y viceversa.

Para finalizar, es importante mencionar, que los resultados significativos encontrados en estas variables, como algunos cambios que no han llegado a ser significativos, hacen presagiar que con muestras mucho más amplias y más controladas, los resultados pueden ser incluso mayores y por tanto más importantes. Por esta razón se recomienda seguir, mejorar y ampliar esta línea de investigación del DHA y la actividad física.

5.2 CONCLUSIONES

Tras la exposición de los distintos apartados de la investigación, de los resultados obtenidos de la misma, y después de haber realizado las discusiones oportunas, y contrastando los objetivos e hipótesis planteados inicialmente, se enuncian las conclusiones más importantes y relevantes de la investigación:

- 1- Los Ácidos Grasos Poliinsaturados Omega 3 (DHA) producen efectos positivos a nivel neuromotor en la mujer deportista, produciendo una mejora del tiempo de reacción general, del tiempo de reacción selectivo complejo, así como una mejora en la eficacia de la misma capacidad. Se puede decir por tanto, que un suplemento nutricional de DHA (3.5gr. diarios durante 4 semanas), mejora de forma significativa la velocidad de reacción en mujeres deportistas de alto nivel.
- 2- Los resultado obtenidos en el tiempo de reacción selectivo complejo, hacen recomendable la utilización de suplementos de DHA en las mujeres futbolistas de élite. Por extensión, parece razonable recomendar esta misma suplementación con DHA para aquellos deportes en los que se requiera de una rápida y eficaz toma de decisión, y la consiguiente reacción selectiva ante las diferentes situaciones, y que la misma sea crucial para el éxito deportivo. Al menos entre la población femenina.
- 3- La suplementación con DHA no proporciona beneficios sobre capacidades condicionales resultantes o complejas como la agilidad en las mujeres futbolistas de élite. No obstante, el test de Illinois utilizado posiblemente no sea el más adecuado para medir capacidades en las que el DHA pueda ejercer algún efecto.
- 4- El tratamiento con DHA no logró provocar cambios beneficiosos de índole psicológica a nivel significativo en las mujeres deportistas de élite suplementadas con DHA. Sin embargo, después del tratamiento

se observaron algunas diferencias y tendencias hacia una mejora que hacen aconsejable seguir y mejorar esta línea de investigación.

- 5- La presencia de diferentes factores externos como la pertenencia a equipos dispares entre sí, la diferencia de nivel entre los mismos, los sistemas de entrenamiento aplicados, así como el momento de aplicación del tratamiento, etc., pudo tener un efecto contaminante sobre los resultados. Ello pudo alterar el posible efecto beneficioso de la suplementación con DHA en los resultados entre deportistas de élite.
- 6- La complejidad, tanto de los mecanismos neurales como de la dinámica interna de los factores que afectan al rendimiento deportivo, hace difícil desarrollar estudios con resultados concluyentes en este ámbito. A pesar de ello, los resultados de este trabajo alientan a seguir investigando los posibles efectos beneficiosos del DHA en la mejora del rendimiento deportivo. Ampliar las muestras, seleccionar test de evaluación más precisos o alargar la duración del tratamiento pueden ser algunas de las recomendaciones para estudios futuros. De la misma forma, se abre la posibilidad de estudiar los beneficios en otros deportes o sobre el género masculino, entre otras.

CAPÍTULO VI

ANEXOS

ANEXO 1

ACEPTACIÓN DE PARTICIPACIÓN

_____, mayor de edad, accedo a participar libremente, sabiendo que tengo derecho a abandonar sí así lo deseo, en el proyecto de investigación realizado por la Unidad de Investigación del Rendimiento Físico y Deportivo (U.I.R.F.I.D.E.) de la Universitat de València, en colaboración con el Gimnasio femenino “Essential Woman”. He sido informada de que la participación en este estudio no supone un riesgo para mi salud y de que los datos personales serán protegidos en un fichero que estará sometido a, y con las garantías de, la ley 15/1999 de 13 de diciembre.

Entendiendo que los resultados obtenidos pueden contribuir a mejorar los conocimientos y medios de entrenamiento, me comprometo a:

- Tomar un **suplemento nutricional** (5 comprimidos **diarios** tomados en el **desayuno** y **sin masticar**, *aunque también pueden ser dosificados en las comidas si se tienen molestias*) durante el tiempo determinado (**4 semanas**).
- Completar una **encuesta nutricional** durante una semana, en la que debo indicar **TODO** lo que he ingerido cada día, lo más especificado posible (*por ejemplo: si comió lentejas se debe especificar cantidad -plato grande, mediano, pequeño-, ingredientes que llevaba -chorizo, jamón, cebolla, arroz, verduras, etc.- y cuantas más especificaciones, incluidas marcas, mejor -por ejemplo galletas aullon integral con fibra-*).
- Realizar las **medidas psicológicas y físicas** que se requieran.

Para que conste, firmo la presente en Valencia, a ___ de _____ de 2008

Firma.

DATOS PERSONALES

Actividad/es que realizo:

Tiempo semanal aproximado de práctica de actividad física: _____

Edad : ____ años.

Talla : _____ cm.

Peso: _____ Kg.

ANEXO 3 (PGWB-Índice de bienestar psicológico general)

<p>Las siguientes preguntas se refieren a cómo se ha sentido ud. Las últimas tres semanas, por favor, ponga una marca en la casilla que crea que se aproxima más a cómo se ha encontrado.</p>		
<p>1. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Cómo se ha sentido?</i></p>		
De muy buen humor	↻	
De buen humor en general	↻	
He tenido muchos altibajos	↻	
De mal humor en general	↻	
De muy mal humor	↻	
<p>2. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se ha sentido alterado por sus nervios?</i></p>		
Mucho	↻	
Bastante	↻	
Algunas veces	↻	
Un poco	↻	
En absoluto	↻	
<p>3. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Ha controlado Ud. Adecuadamente sus pensamientos, sentimientos o actos?</i></p>		
Sí, totalmente	↻	
Sí, en general	↻	
No demasiado	↻	
No, casi en absoluto	↻	
En absoluto	↻	
<p>4. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se ha sentido triste? ¿Se ha sentido sin ánimo y sin esperanza hasta el punto de pensar que la vida no vale la pena?</i></p>		
Mucho	↻	
Bastante	↻	
Algunas veces	↻	
Un poco	↻	
En absoluto	↻	
<p>5. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Ha estado Ud. sometido a fuertes tensiones o stress?</i></p>		
Sí, más de lo que podía soportar	↻	
Sí, más de lo normal	↻	
Sí, como siempre	↻	
Sí, un poco	↻	
No, en absoluto	↻	
<p>6. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se encuentra usted feliz y satisfecho con la vida que hace?</i></p>		
Muy satisfecho	↻	
Bastante satisfecho	↻	
Satisfecho en general	↻	
Algo insatisfecho	↻	
Muy insatisfecho	↻	
<p>7. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Ha tenido Ud. la sensación de estar perdiendo el control de sus pensamientos o actos?</i></p>		
En absoluto	↻	
Sólo un poco	↻	
No suficiente como para preocuparme por ello	↻	
Sí, bastante a menudo	↻	
Sí, muy a menudo	↻	
<p>8. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se ha sentido ansioso, preocupado o alterado?</i></p>		
Mucho	↻	
Bastante	↻	
Algunas veces	↻	
Un poco	↻	
En absoluto	↻	
<p>9. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se ha sentido fresco y descansado al levantarse?</i></p>		
Todos los días	↻	
La mayoría de los días	↻	
Menos de la mitad de los días	↻	
No a menudo	↻	
En absoluto	↻	
<p>10. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se ha sentido preocupado por alguna molestia o dolor o ha temido por su salud?</i></p>		
Todo el tiempo	↻	
La mayoría del tiempo	↻	
Algunas veces	↻	
Poco	↻	
En absoluto	↻	
<p>11. Durante las tres últimas semanas:</p>		
<p><i>¿Se ha dedicado y entretenido con las cosas que le interesan?</i></p>		
Todo el tiempo	↻	
La mayoría del tiempo	↻	
Algunas veces	↻	
Poco	↻	
En absoluto	↻	

12. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Se ha sentido desanimado y triste?</i>	
Todo el tiempo	3
La mayoría del tiempo	3
Algunas veces	3
Poco	3
En absoluto	3
13. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Se ha sentido estable y seguro de sí mismo?</i>	
Todo el tiempo	3
La mayoría del tiempo	3
Algunas veces	3
De vez en cuando	3
Nunca	3
14. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Se ha sentido cansado, rendido o agotado?</i>	
Todo el tiempo	3
La mayoría del tiempo	3
Algunas veces	3
De vez en cuando	3
Nunca	3
15. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Se ha sentido deprimido?</i>	
Sí, mucho	3
Sí, un poco	3
Suficiente como para preocuparme	3
Un poco deprimido de vez en cuando	3
No, en absoluto	3
16. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Cómo se ha sentido de tenso?</i>	
Extremadamente tenso todo el tiempo	3
Muy tenso la mayoría del tiempo	3
Un poco tenso a veces	3
Casi nunca tenso	3
En absoluto tenso	3
17. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Se ha sentido lo suficientemente bien como para hacer las cosas que le gustan o que tenía que hacer?</i>	
Sí, desde luego	3
Sí, la mayoría del tiempo	3
La mitad del tiempo	3
No a menudo	3
No en absoluto	3
18. Durante las tres últimas semanas:	

<i>¿Cuánta energía o vitalidad ha tenido?</i>	
Mucha energía	3
Bastante energía, la mayoría del tiempo	3
Ha variado mucho, con altibajos	3
Poca energía la mayoría del tiempo	3
Ninguna energía	3
19. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Ha tenido preocupaciones o temores sobre su salud?</i>	
Sí, continuamente	3
La mayoría del tiempo	3
De vez en cuando	3
No mucho	3
En absoluto	3
20. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Se ha sentido activo y con energía?</i>	
Muy activo todo el día	3
Generalmente activo	3
Algo activo	3
Rara vez activo	3
No activo en absoluto	3
21. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Cómo se ha encontrado de alegre?</i>	
Nada en absoluto	3
Sólo un poco de vez en cuando	3
Como la mitad del tiempo	3
Bastante, casi todo el tiempo	3
Mucho, todo el tiempo	3
22. Durante las tres últimas semanas:	
<i>¿Cómo se han encontrado de relajado?</i>	
Muy relajado todo el tiempo	3
Generalmente relajado	3
Relajado la mitad del tiempo	3
Raramente me he sentido relajado	3
En absoluto relajado	3

CAPÍTULO VII
BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA:

- Albani, C., Blazer, G., Geyer, M., and Schmutzer, G. (2005) The German Short Version of «Profile of Mood States» (POMS): Psychometric evaluation in a representative sample. *Psychotherapie Psychosomatik Medizinische Psychologie*, 55(7), 324-330.
- Alexander, J.W. (1998). Immunonutrition: the role of omega-3 fatty acids. *Nutrition*. 14 (7-8), 627-33.
- Amiri-Khorasani, M., Sahebozamani, M., Tabrizi, K.G. and Yusof, A.B. (2010) Acute effect of different stretching methods on Illinois agility test in soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*; in press
- Anderson, G.L., Connor, W.D. and J.D. Corliss (1990). Docosahexaenoic acid is the preferred dietary n-3 fatty acid for the development of the brain and retina. *Pediatric Research*, 27 (1), 89-97.
- Andrade, E.M., Arce, C. y Seoane, P. (2002) Adaptación al español del cuestionario "Perfil de los estados de ánimo" en una muestra de deportistas. *Psicothema* 14(4), 708-713.
- Andrade, E., Arce, C., Armental, J., Rodríguez, M., y de Francisco, C. (2008) Indicadores del estado de ánimo en deportistas adolescentes según el modelo multidimensional del POMS. *Psicothema* 20, 630-635.
- American Psychological Association (2001). *Publication manual of the American Psychological Association* (5th ed.). Washington, DC: Author. *The fifth edition of the APA Publication Manual. Versión Española, por Tatiana Canales Opazo.
- Arce, C., Andrade, E.M. y Seoane, G. (2000) Problemas semánticos en la adaptación del POMS al castellano. *Psicothema* 12, 47-51.
- Arrington, J.L., Chapkin, R.S., Switzer, K.C., Morris, J.S. and McMurray, D.N. (2001) Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids modulate purified murine T-cell subset activation. *Clin Exp Immunol*. 125 (3), 499-507.
- Arruza, J.A.; Balagué, G. y Arrieta, M. (1998). Rendimiento deportivo e influencia del estado de ánimo, de la dificultad estimada, y de la autoeficacia en la alta competición. *Revista de Psicología del Deporte* 2, 193-204.
- Arterburn, L.M., Hall, E.B., and Oken, H. (2006) Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 1467–1476.
- Awad A.B. (1986). Effect of dietary fats on membrane lipids and functions. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*. 6, 1-14.

- Awad, A.B. and Chattopadhyay, J. P. (1986a). Effect of dietary saturated fatty acids on hormone-sensitive lipolysis in rat adipocytes. *Journal of Nutrition*. 116, 1088-94.
- Awad, A.B. and Chattopadhyay, J. B. (1986b). Effect of dietary saturated fatty acids on intracellular free fatty acids and kinetic properties of hormone-sensitive lipase of rat adipocytes. *Journal of Nutrition*. 116, 1095-100.
- Awad, A.B. and Zepp, E.A. (1979). Alteration of rat adipose tissue lipolytic response to norepinephrine by dietary fatty acid manipulation. *Biochem Biophys Res Commun*. 86, 138-44.
- Azra, B. (2005) Dyslipidemia and its causal-interventional connection with omega-3 fatty acids. *Med Arh*. 59(4), 217-20.
- Badía, X., Gutiérrez, F., Wiklund, I. and Alonso, J. (1996) Validity and reliability of the spanish version of the General Well-Being index. *Quality of Life Research* 5, 101-108.
- Balaguer, I. y García-Mértia, M.L. (1994). Exercici físic i benestar psicològic. *Anuari de Psicologia*, 1, 2-26.
- Balaguer, I., Fuentes, I., Meliá, J.L., García, M.L. y Pérez, G. (1993) El Perfil de los Estados de Ánimo (POMS): baremo para estudiantes valencianos y su aplicación en el contexto deportivo. *Revista de Psicología del Deporte* 4, 39-52.
- Balaguer, I., Fuentes, I., Meliá, J.L., García, J.L. y Pons, D. (1994) Adaptación del Perfil de Estados de Ánimo (POMS) a una muestra de estudiantes valencianos. Trabajo presentado al *IV Congreso de Evaluación Psicológica*. Santiago de Compostela.
- Baltar, J., Ortega, F., Rebollo, P., Gómez, E., Laures, A. y Álvarez-Grande, J. (2002) Cambios en la calidad de vida relacionada con la salud durante el primer año del trasplante renal. *Nefrología* 22, 262-268.
- Baillie R.A., Jump D.B., and Clarke S.D. (1996). Specific effects of polyunsaturated fatty acids on gene expression. *Curr Opin Lipidol*. 7(1), 53-5.
- Baker, F., Denniston, M., Zabora, J., Polland, A. and Dudley, W. (2002) A POMS short form for cancer patients: psychometric and structural evaluation, *Psychooncology* 11, 273–281.
- Barr, S. I. (1999). Effects of dehydration on exercise performance. *Canadian Journal of Applied Physiology* 24(2), 164-172.
- Barrios, R. (2007) Los estados de ánimo en el deporte: fundamentos para su evaluación (II). Disponible en: *Revista Digital Educación Física y Deportes* 113, www.efdeportes.com.
- Blasco, C. (2006). Estudio de las modificaciones del proceso inflamatorio agudo y crónico al ingerir una dieta rica en ácidos grasos omega-3 y/o antioxidantes. Proyecto de

- investigación no publicado. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de Murcia.
- Bloomer, R., Larson, D., Fisher-Wellman, K., Galpin, A., & Shilling, B. (2009). Effect of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid on resting and exercise-induced inflammatory and oxidative stress. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 6, 3.
- Bolognini, M., Plancherel, B., Bettschart, W. and Halfon, O. (1996). Self-esteem and mental health in early adolescence: development and gender differences. *Journal of Adolescence*, 19(3), 233-45.
- Brady, F. (1996). Anticipation of coincidence, gender, and sports classification. *Perceptual & Motor Skills*, 82(1), 227-39.
- Breckenridge, W.C., Gombos, G. and Morgan, I.G. (1972). The lipid composition of adult rat brain synaptosomal plasma membranes. *Biochim Biophys Acta*, 266(3), 695-707.
- Buckley, J.D., Burgess, S., Murphy, K.J., and Howe, P.R. (2009). DHA-rich fish oil lowers heart rate during submaximal exercise in elite Australian Rules footballers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 503-7
- Byleved, P.M., Pang, G. T., Clancy, R. L. and Roberts, D. C. K. (1999). Fish oil feeding delays influenza virus clearance and impairs production of interferon-gamma and virus-specific immunoglobulin A in the lungs of mice. *Journal of Nutrition*. 129 (2), 328-35.
- Calder, P. C. (2003). N-3 polyunsaturated fatty acids and inflammation: from molecular biology to the clinic. *Lipids*, 38(4), 343-52.
- Calder P. C. (2002). Dietary modification of inflammation with lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61(3), 345-58.
- Castro-González, M^a I. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3), 128-136.
- Chang, H. R., Dulloo, A.G., Vladoianu, I.R., Piguet, P.F., Arsenijevic, D., Girardier, L. and Pechère, J.C. (1992). Fish oil decreases natural resistance of mice to infection with *Salmonella typhimurium*. *Metabolism*. 41(1), 1-2.
- Cheatham, R. A., Roberts, S. B., Das, S. K., Gilhooly, C. H., Golden, J. K., Hyatt, R. (2009). Long-term effects of provided low and high glycemic load low energy diets on mood and cognition. *Physiology & Behavior*, 98(3), 374-379.
- Clarke, S. D. (2000). Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a mechanism to improve energy balance and insulin resistance. *British Journal of Nutrition*. 83 Suppl 1, 59-66.

- Clarke, S. D. (2001). Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a molecular mechanism to improve the metabolic syndrome. *Journal of Nutrition*, 131(4), 1129-32.
- Clarke, S. D., Baillie, R., Jump, D. B. and Nakamura, M. T. (1997). Fatty acid regulation of gene expression. Its role in fuel partitioning and insulin resistance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 827, 178-87.
- Clarke, S.D. and Jump, D. B. (1996). Polyunsaturated fatty acid regulation of hepatic gene transcription. *Lipids*, 31, 7-11.
- Collardeau, M., Brisswalter, J., Vercruyssen, F., Audiffren, M., and Goubault, C. (2001). Single and choice reaction time during prolonged exercise in trained subjects: Influence of carbohydrate availability. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 150-156.
- Comstock, G.W., Ferebee, S.H. and Hammes, L.M. (1967). A controlled trial of community-wide isoniazid prophylaxis in Alaska. *American Review of Respiratory Disease*, 95(6), 935-43.
- Connor, W.E., M. Neuringer, and D.S. Lin. (1990). Dietary effects on brain fatty acid composition: the reversibility of n-3 fatty acid deficiency and turnover of docosahexaenoic acid in the brain, erythrocytes, and plasma of rhesus monkeys. *Journal of Lipid Research*, 31(2), 237-47.
- Conquer, J.A. and B.J. Holub. (1997). Dietary docosahexaenoic acid as a source of eicosapentaenoic acid in vegetarians and omnivores. *Lipids*, 32(3), 341-5.
- Christiansen E. N., Flatmark, T., and Kryvi, H. (1981). Effects of marine oil diet on peroxisomes and mitochondria of rat liver. A combined biochemical and morphometric study *European Journal of Cell Biology*, 26, 11-20.
- Der, G., and Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and Aging*, 21, 62-73.
- Demoz, A., Asiedu, D.K., Lie, O., and Berge, R.K. (1994). Modulation of plasma and hepatic oxidative status and changes in plasma lipid profile by n-3 (EPA and DHA), n-6 (cornoil) and a 3-thia fatty acid in rats. *Biochim Biophys Acta*, 1199, 238-44.
- Dogan, B. (2009). Multiple-choice reaction and visual perception in female and male elite athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 91-6.
- Duarte, R.B. (2007). Los estados de ánimo en el deporte: fundamentos para su evaluación. *Lecturas: Educación Física y Deporte [revista digital]* 110. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd110/los-estados-de-animo-en-el-deporte.htm>

- Dupuy, H.J. (1984). The psychological general well-being (PGWB) index. En: Wegner NK, Mattson ME, Fuberg CP, eds. Assessment of quality of life in clinical trials of cardiovascular therapies. New York: Le Jacq,
- Emre, A.K., and Settar, K. (2010). Coincidence-anticipation timing and reaction time in youth tennis and table tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 110, 879-887.
- Ergas, D., Eilat, E., Mendlovic, S. and Stoeberl Z.M. (2002). n-3 fatty acids and the immune system in autoimmunity. *Israel Medical Association Journal*, 4(1), 34-8.
- Ernst, E., Nielsen, G.L. and Schmidt, E.B. (1994). Fish oils and rheumatoid arthritis. *Ugeskr Laeger journal articles* 156(23), 3490-5.
- Escrich E., Solanas, M. and Segura, R. (1994). Experimental diets for the study of lipid influence on the induced mammary carcinoma in rats: I—Diet definition. *In Vivo*, 8, 1099-105.
- Escrich E., Solanas, M., Soler, M., Ruiz De Villa, M.C., Sánchez, J.A. and Segura R. (2001). Dietary polyunsaturated n-6 lipids effects on the growth and fatty acid composition of rat mammary tumors. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 12, 536-549.
- Faarvang, K.L., Nielsen, G.L., Thomsen, B.S., Teglbaerg, K.L., Hansen, T.M., Lervang, H.H., Schmidt, E.B., Dyerberg, J. and Ernst, E. (1994). Fish oils and rheumatoid arthritis. A randomized and double-blind study. *Ugeskr Laeger journal articles*. 156(23), 3495-8.
- FAO/WHO, (1993). Report, fats and oils in human nutrition. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. Rome, 49-55.
- Febbraio M. (2001). Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Medicine* 31(1), 47-59.
- Fontani, G., Corradeschi, F., Felici, A., Alfatti, S., Migliorini, S. and Lodi, L. (2005). Cognitive and physiological effects of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation in healthy subjects. *European Journal of Clinical Investigation*, 35(11), 691-699.
- Fontani, G., Lodi, L., Migliorini, S. and Corradeschi, F. (2009). Effect of Omega-3 and Picosanol Supplementation on Attention and Reactivity in Athletes. *Journal of the American College of Nutrition*, 28(4), 473-481.
- Francois, C.A., Connor, S.L., Wander, R.C. and Connor, W.E. (1998). Acute effects of dietary fatty acids on the fatty acids of human milk. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67(2), 301-8.
- Fritsche, K.L., Feng, C. and Berg, J.N. (1997). Dietary fish oil enhances circulating interferon-gamma in mice during listeriosis without altering in vitro production of this cytokine. *Journal of Interferon & Cytokine Research* 17(5), 271-7.

- Fritsche, K.L., Shahbazian, L.M., Feng, C. and Berg, J.N. (1997). Dietary fish oil reduces survival and impairs bacterial clearance in C3H/Hen mice challenged with *Listeria monocytogenes*. *Clinical Science*, 92(1), 95-101.
- Froyland, L., Vaagenes, H., Asiedu, D.K., Garras, A., Lie, O. and Berge, R.K. (1996). Chronic administration of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid as ethyl esters reduced plasma cholesterol and changed the fatty composition in rat blood and organs. *Lipids*, 31, 169-78.
- Galli C. and Calder P.C. (2009). Effects of fat and fatty acid intake on inflammatory and immune responses: a critical review. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1-3), 123-39.
- García, C. (2010). *El bienestar psicológico de la danza*. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos.
- García-Closas, R., Serra-Majem, L. and Segura, R. (1993). Fish consumption, omega-3 fatty acids and the Mediterranean diet. *European Journal of Clinical Nutrition*, 47(1), 85-90.
- General ASDE (2005). La evaluación psicológica mediante los equipos normalizados driver-test (Mod. N-845) [The psychological evaluation through standardized driver-test equipment (Mod. N-845)]. Pruebas de aptitud perceptivo-motoras para conductores y portadores de armas de fuego. Alfa Delta Digital: Valencia.
- Gibson, R.A., M.A. Neumann, and M. Makrides. (1996). Effect of dietary docosahexaenoic acid on brain composition and neural function in term infants. *Lipids*, 31, 177-81.
- Gill, I. and R. Valivety. (1997). Polyunsaturated fatty acids, Part 1: Occurrence, biological activities and applications. *Trends Biotechnol*, 15(10), 401-9.
- Gill, I. and R. Valivety. (1997). Polyunsaturated fatty acids, Part 2: Biotransformations and biotechnological applications. *Trends Biotechnol*, 15(11), 470-8.
- González-Gross, M., Gutiérrez, A., Mesa, J.L., et al. (2001). La nutrición en la práctica deportiva: Adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta del deportista. *ALAN*, 51(4), 321-331.
- González, M.P., Bobes, J., Sáiz, P.A., Pedregal, J. y Bousoño, M. (1996). Bienestar psicológico y población involutiva. Evaluación a través del PGWB Index. *Revista de Gerontología*, (4), 232-238.
- Gutierrez, A., Gonzalez-Gross, M., Delgado, M., Castillo, M.J. (2001). Three days fast in sportsmen decreases physical work capacity but not strength or perception-reaction time. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, 420-429.
- Grammatikos, S. I., Subbaiah, P. V., Victor, T. A., and Miller, W. M. (1994). Diversity in the ability of cultured cells to elongate and desaturate essential (n-6 and n-3) fatty acids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 745, 92-105.

- Grimsgaard, S., Bonna, K.H., Hansen, J.B. and Myhre, E.S. (1998). Effects of highly purified eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on hemodynamics in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68(1), 52-9.
- Grossbard, J. R., Smith, R. E., Smoll, F. L. and Cumming, S. P. (2009). Competitive anxiety in young athletes: differentiating somatic anxiety, worry, and concentration disruption. *Anxiety Stress and Coping*, 22(2), 153-66.
- Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad*. Barcelona: Ed. Martínez Roca, (p.18).
- Grossi, E., Groth, N., Mosconi, P., Cerutti, R., Pace, F., and Compare, A. (2006). Development and validation of the short version of the Psychological General Well-Being Index (PGWB-S). *Health and Quality of Life Outcomes*, 4, 88.
- Hamazaki, T., et al. (2000). Anti-stress effects of DHA. *Biofactors*, 13(1-4), 41-5.
- Hamazaki, T., et al. (2001). Effect of docosahexaenoic acid on hostility. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 88, 47-52.
- Hansen, J.B., Grimsgaard, S., Nilsen, H., Nordoy, A. and Bonna, K. H. (1998). Effects of highly purified eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on fatty acid absorption, incorporation into serum phospholipids and postprandial triglyceridemia. *Lipids*, 33(2), 131-8.
- Hildes, J.A. and Schaefer, O. (1984). The changing picture of neoplastic disease in the western and central Canadian Arctic (1950-1980). *The Journal Of the American Medical Association*, 130(1), 25-32.
- Hornych, A., Oravec, S., Girault, F., Forette, B. and Horrobin, D.F. (2002). The effect of gammalinolenic acid on plasma and membrane lipids and renal prostaglandin synthesis in older subjects. *Bratisl Lek Listy*, 103, 101-107.
- Horrocks, L.A. and Yeo, Y.K. (1999). Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). *Pharmacol Research* 40(3), 211-25.
- Javierre, C., Vidal, J., Segura, R., Lizarraga, M.A., Medina, J. and Ventura, J.L. (2005). Continual supplementation with n-3 fatty acids does not modify plasma lipid profile in spinal cord injury patients. *Spinal Cord*.
- Jaques, H., Gascon, A., Bergeron, N., Lavigne, C., Hurley, C., Deshaies, Y, Moorjani, S. and Julien, P. (1995). Role of dietary protein in the regulation of plasma lipids. *The Canadian Journal of Cardiology*, 11, 63-71.
- Jeffrey, B.G., Weisinger, H.S., Neuringer, M. and Mitchell, D.C. (2001). The role of docosahexaenoic acid in retinal function. *Lipids*, 36(9), 859-71.

- Jiménez, M.G., Martínez, P., Miró, E. y Sánchez, A.I. (2008). Bienestar psicológico y hábitos saludables: ¿están asociados a la práctica de ejercicio físico?. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8(1), 185-202.
- Jump, D.B. (2002). Dietary polyunsaturated fatty acids and regulation of gene transcription. *Current Opinion in Lipidology*, 13(2), 155-64.
- Jump, D.B. and S.D. Clarke. (1999). Regulation of gene expression by dietary fat. *The Annual Review of Nutrition*, 19, 63-90.
- Jump, D. B., Clarke, S. D., Thelen, A., Limmatta, M., Ren, B. and Badin, M. (1996). Dietary polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription. *Progress in Lipid Research*, 35(3), 227-41.
- Jump, D.B., Clarke, S. D., Thelen, A., Limmatt, M., Ren, B. and Badin, M. V. (1997). Dietary fat, genes, and human health. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 422, 167-76.
- Lehninger, A.L. (1988). Principios de Bioquímica. 2ª Reimpresión ed. Vol. 1. Barcelona: Ediciones Omega. 303-310.
- Luchies. C. W., J. Schiffman, L. G. Richards, M. R. Thompson, D. Bazuin, and A. J. De Young. (2002). Effects of age, step direction, and reaction condition on the ability to step quickly. *The Journals of Gerontology, Series A*57(4), 246.
- MacDonald, S. W. S., Nyberg, L., Sandblom, J., Fischer, H., and Bäckman, L. (2008). Increased response-time variability is associated with reduced inferior parietal activation in recognition memory in aging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 779–786.
- Madsen, L., Rustan, A. C., Vaagenes, H., Berg, K., Dyroy, E. and Berge, R. K. (1999). Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid affect mitochondrial and peroxisomal fatty acid oxidation in relation to substrate preference. *Lipids*, 34, 951-63.
- Makrides, M., Simmer, K., Goggin, M. and Gibson, P.A. (1993). Erythrocyte docosahexaenoic acid correlates with the visual response of healthy, term infants. *Pediatric Research*, 33(4 Pt 1), 425-7.
- Marzilli, T. S. and Hutcherson, A. B. (2002). Nicotine deprivation effects on the dissociated components of simple reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 985–995.
- McNamara, R., Able, J., Jandacek, R., Rider, T., Tso, P., Eliassen, J., Alfieri, D., Weber, W., Jarvis, K., Delbello, M., Strakowski, S., and Adler C. (2010). Docosahexaenoic acid supplementation increases prefrontal cortex activation during sustained attention in healthy boys: a placebo-controlled, dose-ranging, functional magnetic resonance imaging study. *American Society for Clinical Nutrition*, Feb. 3.

- McNair, D. M., Lorr, M. and Droppleman, L. F. (1971). Profile of Mood States Manual. Educational and Industrial Testing Service, San Diego.
- McNair, D.M., Lorr, M., and Droppleman, L.F. (1992). EdITS manual for the Profile of Mood States . San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Services.
- Meydani, S.N., Lichtenstein, A.H., Cornwall, S., Meydani, M., Goldin, B.R., Rasmussen, H., Dinarello, C.A. and Schaefer, E.J. (1993). Immunologic effects of national cholesterol education panel step-2 diets with and without fish-derived N-3 fatty acid enrichment. *The Journal of Clinical Investigation*, 92(1), 105-13.
- Miles, E.A. and P.C. Calder. (1998). Modulation of immune function by dietary fatty acids. *Proceedings of the Nutrition Society*, 57(2), 277-92.
- Miller, M.G., Herniman, J.J., Ricard, M.D., Cheatham, C.C. and Michael, T.J. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 459-465.
- Molina-García, J., Castillo, I., y Pablos, C. (2007). Bienestar psicológico y práctica deportiva en universitarios. Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 18, 79-91.
- Montaner, A., Llana, S., Domínguez, D., Moreno, Y., y Benedicto, E. (2005). Influencia de la natación sobre el bienestar psicológico en mujeres mayores de 55 años. *Apunts: Educación física y deportes*, 80, 71-74.
- Monterde H., (2005). Examen psicológico de conductores en España con equipos normalizados. [Psychological testing of drivers in Spain with standard equipment] (Real Decreto 772/97 ASDE Driver-Test N-845)
- Monterde, H., Docavo, V., Uranga, J. y Iñesta, J. M. (1986). DRIVER-TEST Bateria informática de tests psicotécnicos para conductores [Battery tests psycho computer for drivers] Madrid: General ASDE, SA.
- Morgan, W.P. (1980a). The Trait Psychology Controversy. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 51, 50-76.
- Morgan, W.P. (1980b). Test of champions. *Psychology Today*, July, 92-99.
- Myerson, J., Robertson, S., and Hale, S. (2007). Aging and intra-individual variability: Analysis of response time distributions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 88, 319–337.
- Naghii, M.R. (2000). The significance of water in sport and weight control. *Journal of Nutrition Health*, 14(2), 127-132.

- Nair, S.S., Leitch, J.W., Falconer, J. and Garg, M.L. (1997). Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action. *Journal of Nutrition*, 127(3), 383-93.
- Nakamoto, H. and S. Mori 2008. Sport-specific decision-making in a go/no go reaction task: difference among nonathletes and baseball and basketball players. *Perceptual and Motor Skills*, 106(1), 163-171.
- Nakamura, N., Hamazaki, T., Kobayashi, M. and Yazawa, K. (1994). The effect of oral administration of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on acute inflammation and fatty acid composition in rats. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 40(2), 161-70.
- Navarro, X., Cañete, J.D., Prat, J. and Segura, R. (1988). Fatty acids of plasma and red blood cell lipids in a normal population. *Revista Española de Fisiología*. 44: 387-93.
- Navarro, X. and Segura, R. (1988). Plasma lipids and their fatty acid composition in multiple sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*. 78: 152-7.
- Navarro, X. And Segura, R. (1989). Red blood cell fatty acids in multiple sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*, 79, 32-7.
- Neill, A.R. and C.J. Masters. (1973). Metabolism of fatty acids by ovine spermatozoa. *Journal of Reproduction and Fertility*, 34(2), 279-87.
- Neuringer, M., G.J. Anderson, and W.E. Connor. (1988). The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Annual Review of Nutrition*, 8, 517-41.
- Neuringer, M. and W.E. Connor. (1986). n-3 fatty acids in the brain and retina: evidence for their essentiality. *Nutrition Reviews*, 44(9), 285-94.
- Neuringer, M. (2000). Infant vision and retinal function in studies of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids: methods, results, and implications. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1 Suppl), 256-67.
- Nieman D., Henson D., McNulty S., Jin F. & Maxwell K. (2009). n-3 polyunsaturated fatty acids do not alter immune and inflammation measures in endurance athletes. *Journal of Sports Science and Medicine* 19, 536-46
- Okuyama, H. (1997). Recommended LNA/LA ratio for the prevention of chronic, elderly diseases. *In 88th AOCS Annual Meeting and Expo*.
- Orellana, A. (2009). *Valoración del tiempo de reacción simple y discriminativo como determinante de la respuesta neuromotriz*. [Evaluation of simple reaction time and discriminant as a determinant of neuromotor response] Doctoral Dissertation, University of Granada, Granada, Spain.

- Overney, L.S., Blanke, O., and Herzog, M.H. (2008). Enhanced temporal but not attentional processing in expert tennis players. *PLoS ONE* 3, 1-9.
- Pastor, Y., y Pons, D. (2003). Actividad física y salud. En A. Hernández (Coord.), *Psicología del deporte (Vol. I) Fundamentos 2* (pp. 168-189). Buenos Aires: Edeportes.
- Pauole, K., Madole, K. and Lacourse, M. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power and leg speed in college aged men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14, 443-450.
- Putnam, J.C., Carlson, S.E., DeVoe, P.W. and Barness, L.A. (1982). The effect of variations in dietary fatty acids on the fatty acid composition of erythrocyte phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine in human infants. *American Journal of Clinical Nutrition*, 36(1), 106-14.
- Qiu, X. (2003). Biosynthesis of docosahexaenoic acid (DHA, 22:6-4,7,10,13,16,19): two distinct pathways. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 68(2), 181-6.
- Raastad, T., Høstmark, A. and Strømme, S. (1997). Omega-3 fatty acid supplementation does not improve maximal aerobic power, anaerobic threshold and running performance in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(1), 25-31.
- Rangel, H., González, M. y Sebrango, C. (2003). Entrenamiento mental en patinadores escolares: su influencia en el mejoramiento del rendimiento físico. *Lecturas: Educación Física y Deportes [revista digital]*. 8(56), [10 páginas]. Disponible en: www.efdeportes.com/efd56/mental.htm
- Ratledge, C. (1993). Single cell oils--have they a biotechnological future? *Trends in Biotechnology*, 11(7), 278-84.
- Robinson, D.R., Xu, L.L., Knoell, C.T., Tateno, S. and Olesiak, W. (1993). Modification of spleen phospholipid fatty acid composition by dietary fish oil and by n-3 fatty acid ethyl esters. *Journal of lipid research*, 34(8), 1423-34.
- Roth, D.A. (1991). The sarcolemmal lactate transporter: transmembrane determinants of lactate flux. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 925-34.
- Roozen, M. (2004). Illinois agility test. *NSCA's Performance Training Journal*, 3(5), 5-6.
- Ryan, J.P., Atkinson, T.M., and Dunham, K.T. (2004). Sports-related and gender differences on neuropsychological measures of frontal lobe functioning, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14, 18-24.

- Chulei, R., Xiaofang, L., Hongseng, M., Xiulan, M., Guizheng, L., Gianhong, D., DeFrancesco, C.A. and Connor, W.E. (1995). Milk composition in women from five different regions of China: the great diversity of milk fatty acids. *Journal of Nutrition*, 125(12), 2993-8.
- Saldanha, L., Salem, N., and Brenna, J.T. (2009). Workshop on DHA as a required nutrient: Overview. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 81(2), 233-236.
- Salem, N. Jr., Litman, B., Kim, H.-Y. and Gawrisch, K. (2001). Mechanisms of action of docosahexaenoic acid in the nervous system. *Lipids*, 36(9), 945-59.
- Salem, N., Jr. (1986). Docosahexaenoic acid: membrane function and metabolism. *New York: Academic Press*, 319-351.
- Sanders, G. (2011). Sex differences in coincidence-anticipation timing (cat): a review. *Perceptual and Motor Skills*, 112, 61-90.
- Sanders T.A. (2009). DHA status of vegetarians. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 81, 37-41.
- Sauerwald, T.U., Demmelmair, H. and Koletzko, B. (2001). Polyunsaturated fatty acid supply with human milk. *Lipids*, 36(9), 991-6.
- Sears B. (2002). *The Omega Rx Zone*. New York: Regan Books (Harper Collins).
- Segura, R. (1988). Preparation of fatty methyl esters by direct transesterification of lipids with aluminium chloride-methanol. *Journal of Chromatography*, 441, 99-113.
- Silverman, I. W. (2006). Sex differences in simple visual reaction times: A historical meta-analysis. *Sex Roles*, 54, 57-68.
- Simopoulos, A.P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(3), 438-63.
- Simopoulos, A. (2007). Omega-3 fatty acids and athletics. *Current Sports Medicine Reports*, 6, 230-6.
- Srivastava, K.C. (1985). Docosahexaenoic acid (C22:6 omega 3) and linoleic acid are antiaggregatory, and alter arachidonic acid metabolism in human platelets. *Prostaglandins Leukot Med*, 17, 319-27.
- Stillwell, and Wassall S.R. 2003. Docosahexaenoic acid: membrane properties of a unique fatty acid. *Chemistry and Physics of Lipids*, 126, 1-27.
- Stillwell, W, Jenski, L.J., Crump, F.T. and Ehringer W. (1997). Effect of docosahexaenoic acid on mouse mitochondrial membrane properties. *Lipids*, 32(5), 497-506.
- Suchner, U. and U. Senftleben. (1994). Effect of polyunsaturated fatty acids on immune status: importance as structural and mediator building blocks. *Infusion Therapy and Transfusion Medicine*, 21(1), 59-70.

- Szinnai, G., Schachinger, H., Arnaud, M. J., Linder, L., and Keller, U. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289(1), R275–R280.
- Tahin, Q.S., M. Blum, and E. Carafoli. (1981). The fatty acid composition of subcellular membranes of rat liver, heart, and brain: diet-induced modifications. *European Journal of Biochemistry*, 121(1), 5-13.
- Terry, P.C., Lane, A.M., and Forgarty, G.J. (2003). Construct validity of the Profile of Mood States-Adolescents for use with adults. *Psychology of Sport and Exercise*, 4(2), 125-139.
- Thomson, K., Watt, A. and Liukkonen, J. (2009). Differences in ball sports athletes speed discrimination skills before and after exercise induced fatigue. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 259-264.
- Tomprowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, 112, 297–324.
- US Department of Health and Human Services (USDHHS). (1996). *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.
- Valenzuela, A. y Nieto, S. (2003). Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista chilena de pediatría*, 74(2), 149-157.
- Valenzuela, A. and Nieto, S. (2001). Docosahexaenoic acid (DHA) in fetal development and in infant nutrition. *Revista chilena de pediatría*, 129(10), 1203-11.
- Van Amersfoort, Y. (2004). Prescripción de ejercicio físico y salud mental. En R. Serra y C. Bagur (coord.), *Prescripción de ejercicio físico para la salud* (pp. 303-339). Barcelona: Paidotribo.
- VanMeter, A.R., Ehringer, W.D., Stillwell, W., Blumenthal, E.J. and Jenski, L.J. (1994). Aged lymphocyte proliferation following incorporation and retention of dietary omega-3 fatty acids. *Mechanisms of Ageing and Development*, 75(2), 95-114.
- Vescovi, J.D. and McGuigan, M.R. (2007). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97–107.
- Vidal, J. (2007). *Efecto de la suplementación de la dieta con ácidos grasos del tipo n-3 sobre la capacidad funcional de los lesionados medulares*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona.

- Villegas, J.A., Martínez, M^a T., López, F. J., Martínez, A. B., y Luque, A. J. (2005). Ácidos grasos omega-3 en las lesiones deportivas. ¿Una posible ayuda terapéutica? *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 105, 39-44. ISSN 0212-8799.
- Villegas, J.A. (2007). *La alimentación de ayer, de hoy y de mañana, Nuevos conceptos*. Murcia: Elbal SL.
- Vinuesa y Coll (1987). *Teoría básica del entrenamiento*. Madrid. Esteban Sanz. 2^o Edición.
- Walser B. and Stebbins C. (2008). Omega-3 fatty acid supplementation enhances stroke volume and cardiac output during dynamic exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 455-61
- Weber, P. (1999). Triglyceride-Lowering Effect of n-3 Long Chain Polyunsaturated Fatty Acid: Eicosapentaenoic Acid vs. Docosahexaenoic Acid. *Lipids*, 34 Suppl, S269.
- Weber, P., and Raederstorff, D. (2000). Triglyceride-lowering effect of omega-3 LC-polyunsaturated fatty acids--a review. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 10(1), 28-37.
- Weinberg, R., y Gould, D. (1996). *Fundamentos de psicología del deporte y el ejercicio físico*. Barcelona: Ariel Psicología.
- Wiegand, R.D. and R.E. Anderson. (1983). Phospholipid molecular species of frog rod outer segment membranes. *Experimental Eye Research*, 37(2), 159-73.
- Williams, A. M., and Ford, P. (2008). Expertise and expert performance in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1, 4-18.
- Wu, D. and Meydani, S.N. (1998). n-3 polyunsaturated fatty acids and immune function. *Proceedings of the Nutrition Society*, 57(4), 503-9.
- Zapata, F. (2005). Modulación del sistema inmune por el ácido docosahexaenoico: efecto sobre la célula dendrítica. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- Zerouga, M., Stillwell, W., Stone, J., Powner, A., Dumauval, A.C. and Jencki, L.J. (1996). Phospholipid class as a determinant in docosahexaenoic acid's effect on tumor cell viability. *Anticancer Research*, 16(5A), 2863-2868.
- Yongmanitchai, W. and O.P. Ward. (1991). Growth of and omega-3 fatty acid production by *Phaeodactylum tricornutum* under different culture conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(2), 419-25.