

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA



FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE.

Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte.

Doctorado en Rendimiento Deportivo.

**“Comparación de dos modelos de periodización
(tradicional e inversa) sobre el rendimiento en la natación
de velocidad.”**

Tesis doctoral

Juan Jaime Arroyo Toledo

Director:

Dr. José María González Ravé

Toledo, 2011

El Dr. José María González Rave como director de la Tesis Doctoral titulada “Comparación de dos modelos de periodización (tradicional e inversa) sobre el rendimiento en la natación de velocidad.” Realizada por D. Juan Jaime Arroyo Toledo en el departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte, informa favorable el depósito de la misma, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Fdo:Dr. José María González Rave.

“Triste época la nuestra! Es más fácil desintegrar un átomo que un prejuicio.”

Albert Einstein.

"Debería haber una escuela para desaprender, para sacarnos de la cabeza todo lo que no sirve. Lo que es útil para cada uno nosotros es solamente lo que es útil para la humanidad."

Facundo Cabral.

INDICE.	
AGRADECIMIENTOS.....	9
ABREVIATURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	13
RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	18
1. INTRODUCCIÓN.....	20
2. ANTECEDENTES.....	24
2.1. LA PERIODIZACION DEL ENTRENAMIENTO Y SU CONCEPTUALIZACION.....	24
2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO.....	25
2.3. ACTUAL ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO.....	32
2.4. LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA NATACIÓN.....	36
2.5. INVESTIGACIONES EN TORNO A LA PERIODIZACIÓN INVERSA.....	39
2.6. PERIODIZACIÓN INVERSA Y EL ENTRENAMIENTO DE LA NATACIÓN.....	42
2.7. ENTRENAMIENTOS RESISTIDOS Y ASISTIDOS EN LA NATACIÓN.....	44
2.8. EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD.....	48
2.9. EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD EN LA NATACIÓN.....	49
2.10. EL ENTRENAMIENTO ULTRA-CORTO Y LA NATACIÓN.....	56
2.11. EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO EN LA NATACIÓN.....	62

2.12. EL TAPER O RESTABLECIMIENTO PREVIO A LA COMPETICIÓN EN LA NATACIÓN.....	68
2.13. RENDIMIENTO DE LA NATACIÓN Y COMPOSICIÓN CORPORAL.....	74
2.14. MONITORIZACION DEL VOLUMEN Y LA INTENSIDAD DEL ENTRENAMIENTO.....	78
2.15. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	81
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	83
HIPÓTESIS DE ESTUDIO.....	83
3. METODOLOGÍA.....	84
3.1. SUJETOS.....	84
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	85
3.3. VARIABLES DE ESTUDIO.....	87
3.3.1. VARIABLES DEPENDIENTES.....	87
3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	88
3.4. RECURSOS.....	91
3.4.1. TECNOLÓGICOS.....	91
3.4.2. HUMANOS.....	96
3.4.3. INSTALACIONES.....	96
3.5. TESTS EMPLEADOS.....	98
3.5.1. TEST DE COMPOSICIÓN CORPORAL.....	99
3.5.2. TEST DE RENDIMIENTO EN 100 METROS CROL.....	100
3.5.3. TEST DE FUERZA ESPECÍFICA DE NADO GENERADA CON CARGAS EXTERNAS.	101
3.6. PROCEDIMIENTOS.....	105
3.7. ENTRENAMIENTOS.....	108

3.8. MONITORIZACIÓN DE LA CARGA.....	110
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	111
4. RESULTADOS.....	112
4.1. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA MUESTRA.	112
4.2. EVALUACIONES DE RENDIMIENTO EN NATACIÓN.....	113
4.2.1. EVALUACIONES EN TIEMPO 100 M. CROL (t100c).....	113
4.2.2. EVALUACIONES DE VELOCIDAD DE NADO (VN).....	115
4.2.3. EVALUACIONES DE BRAZADAS REALIZADAS (BR).....	117
4.2.4. EVALUACIONES EN DISTANCIA POR BRAZADA (DB).....	119
4.3. EVALUACIONES DE NADO RESISTIDO.....	122
4.3.1. EVALUACIONES DE POTENCIA ESPECÍFICA DE NADO GENERADA CON CARGAS EXTERNAS (PENGCE).....	122
4.3.2. EVALUACIONES DE CARGA MÁXIMA DE ARRASTRE (CMA).....	124
4.4. EVALUACIONES DE COMPOSICIÓN CORPORAL.....	127
4.4.1. EVALUACIONES DE PESO CORPORAL (PC).....	127
4.4.2. EVALUACIONES DE MASA MUSCULO-ESQUELÉTICA (MME).....	129
4.4.3. EVALUACIONES DE MASA GRASA (MG).....	131
5. DISCUSIÓN.....	134
5.1. EVALUACIONES DE RENDIMIENTO EN NATACIÓN.....	137
5.1.1. EVALUACIONES EN TIEMPO 100 M. CROL.....	137
5.1.2. EVALUACIONES DE VELOCIDAD DE NADO.....	141
5.1.3. EVALUACIONES DE BRAZADAS REALIZADAS.....	144

5.1.4. EVALUACIONES EN DISTANCIA POR BRAZADA.....	145
5.2. EVALUACIONES DE NADO RESISTIDO.....	147
5.2.1. EVALUACIONES DE POTENCIA ESPECÍFICA DE NADO GENERADA CON CARGAS EXTERNAS.....	148
5.2.2. EVALUACIONES DE CARGA MÁXIMA DE ARRASTRE.....	149
5.3. EVALUACIONES DE COMPOSICIÓN CORPORAL.....	151
5.3.1. EVALUACIONES DE PESO CORPORAL.....	152
5.3.2. EVALUACIONES DE MASA MUSCULO-ESQUELÉTICA.....	153
5.3.3. EVALUACIONES DE MASA GRASA.....	155
6. CONCLUSIONES.....	158
7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS PARA EL ENTRENAMIENTO.....	161
8. LIMITACIONES.....	162
9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	163
10. REFERENCIAS.....	164

AGRADECIMIENTOS.

A todos mis profesores en particular a mi mentor José María González Rave, y a Fernando Navarro por su impulso y ejemplo en la búsqueda de soluciones al entrenamiento y rendimiento deportivo.

ABREVIATURAS.

ATR – Acumulación Transformación Recuperación

BR – Brazadas Requeridas

BSP – (Block Shock Periodization) Periodización de Bloques Concentrados

BTS – (Block Training Sistem) Sistema de Entrenamiento en Bloques

CMA –Carga Máxima de Arrastre

CSS – (Critical Swimming Speed) Velocidad Crítica de Nado

DB – Distancia por Brazada

ER – Entrenamiento Resistido

GPI – Grupo de Periodización Inversa

GPT –Grupo de Periodización Tradicional

HP – (High Repetition) Alta Repeticion

HIT – (High-intensive Interval Training) Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad

HVT (High Volume Training) Entrenamiento de Alto Volumen

Hz – Hercios

IMC – Índice de Masa Corporal

J – Julios

LIT – (Low Intensity Training) Entrenamiento de Baja Intensidad

m – metro

MAD - (measure active drag) Instrumento de medición de la resistencia de nado

MLG - Masa libre de grasa

MME – Masa Musculo-Esquelética

mM./l. – Milimoles/litro

min – Minuto

N - Newtons

NCAA – (National Collegiate Athletic Association) Confederación Nacional Deportiva Estudiantil

OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) Punto de Acumulación de Lactato en Sangre

P – Peso

PC – Peso Corporal

PComp – Periodo Competitivo

PENGCE – Potencia Específica de Nado Generada con Cargas Externas

PO - Periodización ondulatoria

PRG – Periodo de Resistencia General

PRE – Periodo de Resistencia Específica

RLP – (Reverse linear periodization) Periodización Lineal Inversa

SD – (Stroke Distance) Distancia por Brazada

SDvcomp – Distancia por Brazada a velocidad de competición

SDvmod - Distancia por Brazada a velocidad moderada

SF – (Stroke Frequency) Frecuencia de Brazada

SFRA – (stimul- fatigue-recovery-adaptation) Estimulo Fatiga Recuperación Adaptación

S. Rotas – Series Rotas

t100c – Tiempo para 100 metros estilo crol

TE – Tamaño del Efecto

ThT – (Threshold Training) Entrenamiento entre Umbrales

UAn – Umbral Anaeróbico

VO2 – Consumo de Oxígeno

VO2max – Consumo Máximo de Oxígeno

VVO2max – Velocidad al Consumo Máximo de Oxígeno

UST – (Ultra Short Training) Entrenamiento Ultra Corto

VN – Velocidad de Nado

w – Watts

y – Yarda

INDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1. Fases y períodos de desarrollo de la preparación deportiva dentro de un macrociclo convencional. Adaptado de Navarro (1998).....	30
Tabla 2.2. Periodización clásica de Maglischo, Costill, y Richarson (1992).....	38
Tabla 2.3. Publicaciones e investigaciones relacionadas con la Periodización Inversa.....	41
Tabla 2.4. Métodos de entrenamiento para el desarrollo de la periodización inversa.....	43
Tabla 2.5. Resumen de estudios relacionados con el entrenamiento resistido en <i>Power-rack o Aquaforce</i> ®.....	47
Tabla 2.6. Resumen de estudios relacionados con el HIT en natación.....	55
Tabla 2.7. Propuesta de UST. Adaptado de Rushall (1999).....	57
Tabla 2.8. Tabla-resumen de aquellos estudios del entrenamiento aeróbico de duración mayor a 1 semana de intervención.....	67
Tabla 2.9. Tabla 2.9. Tabla- resumen de estudios de taper en la natación.....	72
Tabla 2.10. Resumen de estudios de composición corporal.....	77
Tabla 2.11. Modelo Banister de monitorización del entrenamiento. Adaptado por la Federación Olímpica de Noruega. (Seiler, 2010).....	79
Tabla 3.1. Descriptiva de la muestra.....	84
Tabla 3.2 Modelos de periodización empleados en el estudio.....	86
Tabla 3.3 Tareas típicas de entrenamiento del grupo de periodización tradicional.....	89
Tabla 3.4. Cuantificación del entrenamiento del grupo de periodización tradicional.....	89
Tabla 3.5 Tareas típicas de entrenamiento del grupo de periodización inversa.....	90
Tabla 3.6 Cuantificación del entrenamiento del grupo de periodización Inversa.....	91
Tabla 3.7. Ejemplo de cálculo de Potencia Específica de Nado Generada con cargas externas.....	114
Tabla 3.8. Ejemplo del seguimiento de cálculo de PENGCE.....	114
Tabla 3.9. Características descriptivas del GPT.....	106
Tabla 3.10. Características descriptivas de GPI.....	106
Tabla 3.11. Distribución de entrenamientos GPT.....	108
Tabla 3.12. Distribución de entrenamientos GPI.....	109

Tabla 4.1 Prueba <i>Shapiro-Wilk</i> de normalidad de la muestra (gl.25).....	112
Tabla 4.2. Evaluaciones en tiempo 100m crol (s).....	113
Tabla 4.3. Evaluaciones de velocidad de nado (m/s).....	115
Tabla 4.4. Evaluaciones de brazadas realizadas.....	117
Tabla 4.5. Evaluaciones en Distancia por brazada (m).....	119
Tabla 4.6. Evaluaciones en rendimiento de nado 100m crol.....	121
Tabla 4.7. Evaluaciones de Potencia Específica de Nado Generada con Cargas Externas (w).....	122
Tabla 4.8. Evaluaciones de Carga Máxima de Arrastre (Kg).....	124
Tabla 4.9. Síntesis de evaluaciones de nado resistido.....	126
Tabla 4.10. Evaluaciones de Peso corporal (Kg).....	127
Tabla 4.11. Evaluaciones de Masa Musculo-Esquelética (kg).....	129
Tabla 4.12. Evaluaciones de Masa Grasa (kg).....	131
Tabla 4.13. Síntesis de las evaluaciones de composición corporal.....	133

INDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1 Periodización del entrenamiento según Matveiev.....	25
Figura 2.2. Terminologías en la periodización del entrenamiento. Adaptado de Fleck y Kraemer (2004).....	28
Figura 2.3. Secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación. Adaptado de Stone (1991).....	31
Figura 3.1. Diseño de la investigación.....	86
Figura 3.2. Dispositivo <i>Newtest</i> 300.....	92
Figura 3.3. Dispositivo <i>aquaforce</i> de fabricación TELJU S.A.....	93
Figura 3.4. Tallímetro Seca.....	93
Figura 3.5. Cronómetros manuales.....	94
Figura 3.6. Relojes cuenta brazadas pool mate.....	94
Figura 3.7. Cámara de video JVC GR-D740.....	95
Figura 3.8: Inbody 230.....	95
Figura 3.9. Piscina semi-olímpica del modulo acuático de La U.C.L.M. Campus fábrica de armas Toledo.....	97
Figura 3.10. Piscina de vaso de baja profundidad del modulo acuático de La U.C.L.M. Campus fábrica de armas Toledo.....	97
Figura 3.11. Test de composición corporal.....	98
Figura 3.12. Test de nado.....	101
Figura 3.13. Test LED. de Potencia Específica de Nado Generada con Cargas Externas.	
Figura 3.14. Grafica de PENGCE.....	103
Figura 4.1. Evaluaciones de tiempo en 100m crol (t100C).....	114
Figura 4.2. Evaluaciones de Velocidad de nado (VN).....	116
Figura 4.3. Evaluaciones de brazadas realizadas (BR).....	118
Figura 4.4. Evaluaciones de distancia por brazada (DB).....	120
Figura 4.5. Evaluaciones de Potencia Específica de Nado (PENGCE).....	123
Figura 4.6. Evaluaciones de Carga Máxima de Arrastre (CMA).....	125
Figura 4.7. Evaluaciones de peso corporal (kg).....	128
Figura 4.8. Evaluaciones de MME (kg).....	130

RESUMEN.

Las bases de la periodización tradicional establecidas cinco décadas atrás han sido estudiadas por numerosos investigadores. La periodización del entrenamiento de la natación, al igual que otros deportes, requiere de modulaciones en el volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento invirtiéndose en los programas tradicionales extensas horas y kilómetros de entrenamiento siguiendo habitualmente un régimen de trabajo de alto-volumen/moderada-intensidad. En los últimos años se han producido notables cambios en la programación del macrociclo tradicional mediante nuevos modelos de periodización. Uno de estos modelos basado en un régimen de bajo-volumen/alta-intensidad de entrenamiento es el denominado como “periodización inversa” cuya intención es la reducción de elevados volúmenes de entrenamiento.

El objetivo principal de este estudio fue analizar la eficacia de dos distintos modelos de periodización de la natación. Tomaron parte en este estudio 25 nadadores de nivel nacional y regional de la comunidad de Castilla-la Mancha (16.1 ± 1.0 años 1.72 ± 9.3 cm 64.1 ± 9.3 kg) divididos en dos grupos de entrenamiento, periodización tradicional (GPT) y periodización inversa (GPI) que entrenaron durante 14 semanas con el objetivo de mejorar el rendimiento en la prueba de 100 metros crol. Se analizaron en cinco ocasiones las variables de: Tiempo en un esfuerzo máximo de 100m crol (t100c), Velocidad media de Nado (VN), N° de brazadas requeridas (BR) Distancia por Brazada (DB), Potencia Específica de Nado Generada con Cargas Externas (PENGCE) Carga Máxima de Arrastre (CMA, así como la composición corporal (Peso Corporal (PC), Masa Musculo-Esquelética (MME) y Masa Grasa (MG)).

El ANOVA de medidas repetidas muestra que después de 14 semanas de preparación, el GPI mejoró en el t100c, VN, PENGCE significativamente ($p < 0,05$) respecto al GPT, los dos incrementaron la MM aunque no de forma significativa, y el GPT disminuyó la masa grasa de forma significativa ($p < 0.05$) respecto al GPI.

De los resultados observados en esta investigación podemos concluir que un programa de natación de 14 semanas para velocistas de la especialidad de 100 metros crol, basado en un modelo de periodización inversa de bajo volumen/alta intensidad; resultó más efectivo para la mejora del rendimiento para la prueba de 100m crol, que el programa de

preparación basado en el modelo de periodización tradicional de alto volumen/moderada intensidad.

Palabras clave: Periodización Inversa, Potencia, Entrenamiento, Natación.

ABSTRACT.

The basis of traditional periodization was founded five decades ago and studied of many researchers. Periodization in swimming same than other sports requires modulation and variations of volume, intensity and frequency of training; traditional programs spend extended hours and kilometers using traditional model of high-volume/moderated-intensity. Recently years notable changes in the programming of the macrociclo have been produced by means of new models of periodization. One of these new models based in state of low-volume/high-intensity of training and named “reverse periodization” which intention is reduce excessive volume of training.

The main objective of this investigation was analyzing efficiencies of two different forms to organize periodization. Took part in this study 25 swimmers national and regional level of training from Castilla-La Mancha Region (16.1 ± 1.0 years 1.72 ± 9.3 cm of height; 64.1 ± 9.3 kg) divided in two groups' traditional periodization (GPT) and group of reverse periodization (GPI) who's training 14 weeks to compete in 100m crawl style. Was analyzed in five times outputs in the dependent variables of time maximum effort in 100m crawl (t_{100c}), average speed of swimming (VN), N° of strokes required (BR) distance per stroke (DB) specific swim power measured with external loads (PENGCE), maxim drag charge (CMA) and inclusive body composition corporal weight (PC), muscle-skeletal mass (MME) and fat mass (MG).

Repeated measures ANOVA showed that after 14 weeks of preparation, improved in the t_{100c} GPI, VN, PENGCE significantly ($p < 0.05$) compared to GPT, the two MM increased but not significantly, and the GPT fat mass decreased significantly ($p < 0.05$) compared to GPI.

From the results found in this investigation we can conclude that a swimming program for 14 weeks sprinters in the 100 meters freestyle specialty, based on a reverse periodization model of low volume / high intensity, was more effective for improving performance the 100m freestyle, the preparation program based on the traditional periodization model of high volume / moderate intensity.

Results of competitive preparation expressed in 100m. crawl test show that: after 14 weeks of training GPI model based in a low-volume/high-intensity obtain improvements in t100c, VN, significant ($p < 0,05$) highest than GPT model based in high-volume/low-intensity.

Keywords: Reverse periodization, Swimming, Power, Training.

1. INTRODUCCIÓN.

Desde la popularización de la Periodización del entrenamiento deportivo, basada en métodos desarrollados en la Europa del este y por primera vez expuestos por el científico soviético Matveiev, (1977), numerosos artículos han estudiado la importancia de la planificación y periodización del entrenamiento deportivo como mecanismo clave para la consecución del máximo rendimiento deportivo (Matveiev, 1977; Navarro, 1999, 2010; Stone, 1999, 2000; Fleck, 1999; Plisk, and Stone 2003; Haff, 2004; González-Rave, 2003, 2005; Gamble, 2006; Kraemer, and Fleck, 2007; Cissik, 2008; Issurin, 2008, 2010; Tuner, 2011). La mayoría de estos autores ponen de manifiesto la relevancia que la periodización del entrenamiento deportivo tiene como herramienta de organización, control y evaluación en la consecución de los logros deportivos.

Al mismo tiempo cada vez más investigaciones científicas cuestionan la periodización tradicional expuesta por Matveiev (1977), (Navarro, 1999, 2010; Verhonsanski, 1999, 2004, 2006, 2007; Isurin, 2008, 2010) basada en un paradigma de trabajo general de alto-volumen/baja-intensidad durante la primera parte del desarrollo de la forma deportiva conocido como periodo preparatorio y que posteriormente pasa a un orden de trabajo específico de la especialidad en un régimen de bajo-volumen/alta-intensidad que es descrito como periodo competitivo.

Los componentes principales a considerar en cualquier programa de entrenamiento deportivo son el volumen, la intensidad y la frecuencia o número de sesiones de entrenamiento (Rhea y Aldeman, 2004). La mayoría de los expertos de la teoría y metodología del entrenamiento coinciden que estos componentes determinan la magnitud de la carga y como consecuencia de ello las respuestas y adaptaciones al entrenamiento (Matveiev, 1977; Navarro, 1999, 2010; Stone, 1999, 2000; Fleck, 1999; Plisk, and Stone 2003; Haff, 2004; González-Rave, 2003, 2005; Gamble, 2006; Kraemer, and Fleck, 2007; Cissik, 2008; Issurin, 2008, 2010; Tuner, 2011).

Algunos investigadores en fisiología del ejercicio han demostrado que cortos periodos de trabajo en alta intensidad con un adecuado restablecimiento produce adaptaciones físicas similares a las producidas por el entrenamiento de alto volumen. (Hawley, 2002; Burgomaster, et al 2008; Gibala, et al 1994, 2006, 2010).

La especialización representa el principal elemento requerido para obtener el éxito en el deporte. La especialización y los ejercicios específicos en un deporte conducen a cambios anatómicos y fisiológicos relacionados con las necesidades del deporte en cuestión (Bompa, 1999). Los efectos de entrenamiento son específicos al tipo de estímulo que se utilice en las tareas. La especificidad se considera, al menos, a nivel mecánico y energético del ejercicio (Stone et al. 1998, 2000; Adams, 2010). Este principio se encuentra tremendamente relacionado con el efecto de transferencia del entrenamiento de acuerdo al grado de adaptación al gesto competitivo. Por tanto, la mayoría de las adaptaciones son realizadas en tipo de fibra muscular involucrada en el régimen de ejercicio.

Como alternativa al modelo tradicional, surgen nuevas tendencias de organización de la periodización del entrenamiento de distintos deportes entre ellos la natación y que llaman la atención de entrenadores e investigadores. Métodos de periodización del entrenamiento como el macrociclo integrado de Navarro (1999, 2010) la organización en bloques (BTS) de Verhonsanski, (1984, 1999, 2004, 2006, 2007) y el modelo de periodización en bloques (ATR) de Issurin, et al (1985, 2002, 2008, 2010) entre otros, proponen nuevas variantes de la periodización tradicional.

Uno de los novedosos modelos de periodización, que presumiblemente ha sido empleado en distintas actividades deportivas como el ciclismo, piragüismo, carrera atlética y natación, es el que por primera vez fue presentado como Periodización inversa por el Neo Zelandés Ian King (2000) en su libro “*Foundations of Physical Preparation*”, que se presenta como una alternativa a los modelos ya existentes de preparación deportiva.

El enfoque teórico de la periodización inversa está basado en iniciar y mantener prioritariamente las intensidades de la carga de entrenamiento por encima de los altos volúmenes de trabajo, lo que significa iniciar el ciclo de entrenamiento alta-intensidad/bajo-volumen y posteriormente aumentar el volumen sin sacrificar las intensidades de trabajo.

Ian King (2000) establece que los deportistas de cualquier especialidad pueden beneficiarse de este tipo de entrenamiento evitando el excesivo trabajo aeróbico de base que es característico de la periodización tradicional. Por tanto, la interconexión de las cargas de entrenamiento se basan en iniciar el trabajo con un objetivo de potencia-velocidad y posteriormente adaptar el entrenamiento pasando consecutivamente al entrenamiento de los distintos niveles de energía demandados en las distintas disciplinas de competición, evitando al mismo tiempo el trabajo general que solo es usado en este modelo como mecanismos regenerativos y compensatorios de la carga principal del entrenamiento. La teoría de la periodización inversa sostiene la hipótesis de que si se requiere competir en una cierta intensidad, lo más conveniente es iniciar la preparación en esa intensidad y el siguiente paso será construir el volumen.

La mayoría de las pruebas de la natación de competición son realizadas por los nadadores de elite en un tiempo menor a los 4 minutos en distancias de los 400 metros libres o menos. Del mismo modo en las competiciones de nivel nacional y regional los competidores definen las pruebas de 100 metros libres en un tiempo máximo de 70 segundos, y los campeones nacionales de España en un tiempo menor a los 55 segundos para hombres y 60 segundos para mujeres. Tradicionalmente los planes y programas de entrenamiento de la natación emplean entre 12 y 18 horas semanales de preparación en agua, además de incluir entrenamientos en seco de entre 2 y 6 horas semanales.

En el atletismo de pista las pruebas de nivel regional y nacional para las distancias menores a la milla estarían por debajo de los 4 minutos, y para la prueba de 400 metros lisos en menos de 60 segundos. Esto nos invita a reflexionar si los métodos de entrenamiento aplicados para los velocistas de natación pudieran estar contraindicados o lo que es lo mismo, si no sería algo similar a entrenar a un corredor de atletismo de pista de la distancia de 400 metros lisos con métodos y cargas de trabajo de un maratoniano. Costill et al. (1991) afirman como: “es difícil de comprender cómo entrenando a velocidades que son notablemente más lentas que el ritmo competitivo durante 3~4 horas diarias se puede preparar a un atleta para esfuerzos supra-máximas de competición”.

Aunque la organización de la periodización inversa ha sido referenciada por autores del fitness y la natación (Rhea et al 2003; Ebben et al 2004; Cissik, et al 2008; Prestes, et al 2009; Ratamess, et al 2009; Wathen, and Hageman, 2010; Navarro 2010), hasta el momento no existen estudios científicos que confirmen su eficacia como modelo de entrenamiento y preparación de las distintas distancias de competición de la natación.

El presente estudio tiene por propósito principal analizar los resultados de dos distintas formas de periodización del entrenamiento de la natación y sus resultados posteriores a 14 semanas de entrenamiento bajo dos distintas organizaciones del macrociclo de entrenamiento: Periodización tradicional y Periodización Inversa, con la finalidad de conocer cuál sería el modelo más adecuado para el entrenamiento del velocista en natación.

Como variables dependientes se analizarán las variables de rendimiento de nado; tiempo en 100m crol (t100c), velocidad promedio de nado (VN), brazadas realizadas (BR) y distancia por brazada (DB); así como potencia específica de nado ante una carga externa (PENCE), y carga máxima de arrastre (CMA); del mismo modo se incluyen las siguientes variables de composición corporal: peso corporal (PC), masa musculo-esquelética (MME) y masa grasa (MG).

2. ANTECEDENTES.

2.1. LA PERIODIZACION DEL ENTRENAMIENTO Y SU CONCEPTUALIZACION.

Tradicionalmente es atribuido a los científicos y preparadores deportivos del antiguo bloque soviético la popularización del entrenamiento deportivo organizado en periodos aunque hay evidencias de que antes de la popularización de la periodización del entrenamiento ya se seguían organizaciones similares de preparación en países como los Estados Unidos de norte-américa así como en Alemania, Nueva Zelanda y Finlandia (Navarro, 1999; Billat, 2007; Kraemer, and Fleck, 2007; González-Ravé, 2010).

Al transcurrir los años 50's junto con el éxito deportivo de la delegación soviética en los juegos olímpicos de Helsinki, el científico Lev Matveiev expuso y popularizó su "*Teoría General del entrenamiento deportivo*" fundamentada en las leyes biológicas y en particular el síndrome general de adaptación al estrés planteado por Hans Selye. La definición de la forma deportiva difundida por Matveiev, (1977) es entendida como "*el estado de predisposición óptima para la consecución de los logros deportivos*" y que es posible alcanzar mediante una detallada organización del programa de entrenamiento en ciclos periódicos. Estos ciclos son definidos por Matveiev, (1977) como periodo preparatorio, periodo competitivo y periodo transitorio (figura 2.1). Complementariamente estos periodos son análogos a la forma deportiva que transcurre por 3 estados: adquisición, mantenimiento y pérdida temporal de esta forma deportiva (Matveiev, 1965, 1977; Navarro, 1999).

La vía fundamental de la adquisición y mantenimiento de la forma deportiva está basada principalmente en el manejo y modulación del volumen e intensidad de los estímulos, tareas o ejercicios y que junto con la complejidad del ejercicio constituyen la carga del entrenamiento. La modulación de estas dos variables, volumen e intensidad, se incluyen en los programas de manera inversamente proporcional, iniciándose en el periodo preparatorio con volúmenes que van en continuo aumento con intensidades moderadas que van aumentándose, para posteriormente en el periodo de mantenimiento invertir esta condición a razón de reducir el volumen de entrenamiento e incrementar la intensidad con la finalidad de preparar el organismo humano a la competición y de este modo alcanzar un estado de

rendimiento manifestado en el concepto de forma deportiva (Matveiev, 1977; Baker, et al. 1994; Bompa 1994, 2000).

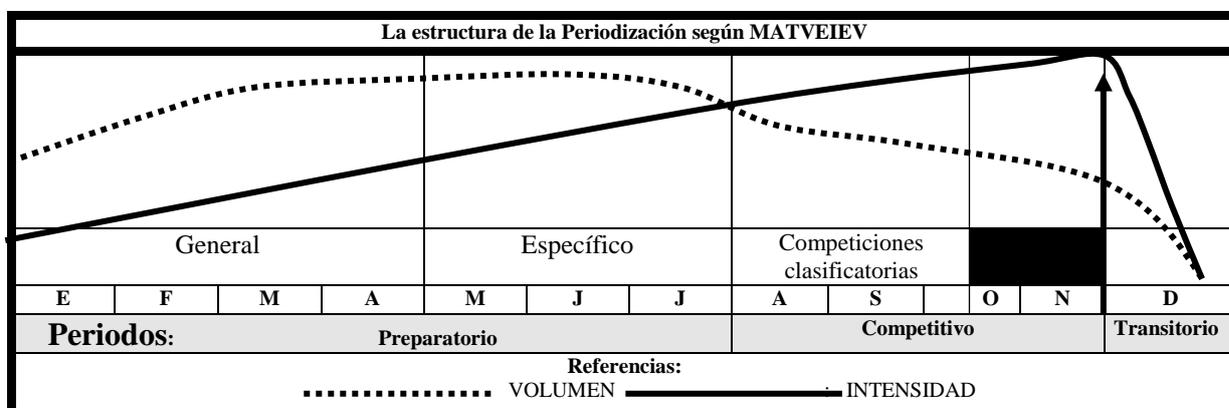


Figura 2.1 Periodización del entrenamiento según Matveiev (1977).

Aunque algunos estudiosos del entrenamiento deportivo como Kotov, Pihkala, Ozolin y Letunov, entre otros, ya proponían y practicaban algún tipo de periodización del entrenamiento (García Manso et al., 2000) es atribuido a Matveiev, la difusión y popularización de los conceptos de la planificación y programación del entrenamiento deportivo y continuamente algunos autores en sus textos le consideran el padre de la periodización deportiva.

2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO.

Para Stone et al. (1999) la periodización es definida como: *“La manipulación y lógica variación del entrenamiento para lograr objetivos específicos de rendimiento”*. Complementa esta conceptualización agregando: *“variaciones sencillas del entrenamiento, volumen e intensidad pueden ofrecer beneficios disminuyendo las posibilidades del síndrome de sobre-entrenamiento y mejorando así el rendimiento deportivo. La variación periodizada con la secuencia específica de selección de ejercicio, el volumen, y factores de intensidad ofrecen un método superior de desempeño”*. Otros autores definen la periodización como la organización cíclica y gradual de los ejercicios del entrenamiento siguiendo los principios de especificidad, volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento con el objetivo de alcanzar altos niveles de rendimiento

deportivo en las competiciones más importantes (Harre, 1982; Baker, et al. 1994; Bompa, 2000; González-Rave, et al. 2005).

La periodización establecida dentro de la programación del entrenamiento ofrece un marco coherente y anticipado para la planificación de los ciclos que han de integrar el programa y los contenidos del entrenamiento. Es una forma de dirigir las tareas del entrenamiento con el objetivo de alcanzar las adaptaciones fisiológicas necesarias para conseguir los objetivos de entrenamiento requeridos por el deporte y con ello cumplir las metas del programa anual o temporada (Fleck, and Kraemer, 1997; Rhea et al. 2002; Brown, and Greenwood, 2005).

La periodización del entrenamiento, es el plan organizado en periodos denominados macrociclos con una posible duración de varios meses hasta un año, mesociclo con un tiempo regular de entre uno y tres meses, y microciclo con una duración regularmente comprendida en una semana, (Matveiev, 1977; Plisk and Stone, 2003, Issurin 2008, 2010; Tuner, 2011).

Es común en el lenguaje de entrenadores y deportistas, usar los términos de macro, meso y microciclo para referirse al tipo de organización referido anteriormente. Sin embargo, la taxonomía más usada en la investigación deportiva hace referencia a periodización de corta duración para aludir a la manipulación de variables del entrenamiento en días y hasta algunas semanas, mientras que el termino periodización de larga duración es más común para referirse a aquellas manipulaciones del entrenamiento que oscilan desde semanas hasta varios meses (Seiler, 2010).

Actualmente tanto investigadores como entrenadores, coinciden en que el entrenamiento periodizado requiere del control de las variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento considerando que la correcta modulación de estas variables es la clave para lograr aumentos de rendimiento y de este modo alcanzar las distintas metas establecidas a lo largo del proceso de entrenamiento. la mayoría de estos autores abogan por los programas periodizados por sus resultados sobre los programas no periodizados en los que existe la carencia de alguna de las variables ya antes mencionadas de volumen, intensidad o frecuencia del entrenamiento (Willoughby, 1993; Baker, 1994; Stone et al. 1999; Fleck, 1999; Rhea et al. 2002, 2003; Gonzalez-Rave et al. 2003; 2005; Kraemer and Fleck 2007).

Una de las aportaciones más importantes en torno a la investigación de la efectividad de la periodización del entrenamiento la realizan Rhea y Aldeman, (2003) quienes realizaron un meta-análisis de los resultados de programas periodizados versus programas no-periodizados a partir de la publicación de estudios científicos desde el año 1962 hasta el año 2000. Para la selección de los estudios que se podían incluir en el análisis estadístico las palabras claves de búsqueda fueron: periodización, entrenamiento de la fuerza, ejercicio anaeróbico, entrenamiento de la resistencia, y halterofilia. El siguiente criterio de inclusión fue que el estudio seleccionado hubiese realizado la comparación de programas periodizados y no-periodizados de entrenamiento de la fuerza o potencia y que el estudio incluyera datos de los resultados de valoración de fuerza o potencia tanto previos como posteriores a la intervención. Finalmente, estos resultados debían mostrar diferencias significativas entre grupos. La selección incluyó únicamente 11 estudios que cumplieran estos criterios y a partir de ellos se realizó el meta-análisis. Los estudios incluidos se transcriben textualmente a continuación: (Baker, Wilson, y Carlyon, 1994; Herrick y Stone, 1996; Kraemer, 1997; Kraemer et al., 2000; Kraemer et al., 1997; Marx et al., 2001; McCarthy, 1991; Mcgee, Jessee, Stone, y Blessing, 1992; Schoitz, Potteiger, Huntsinger, y Denmark, 1998; Stone et al., 2000; Willoughby, 1992). El resultado del meta-análisis reflejó como resultado del análisis del tamaño del efecto ($TE=0.84$).

La conclusión de Rhea y Aldeman, (2003) es *“que el entrenamiento periodizado es más efectivo que el entrenamiento no-periodizado tanto para hombres como mujeres, así como personas de distintos niveles de preparación y edades, y que cuando se tiene en consideración las variables de volumen, intensidad y frecuencia en el programa de entrenamiento, éste se manifiesta en adaptaciones que producen un mejor rendimiento físico”*.

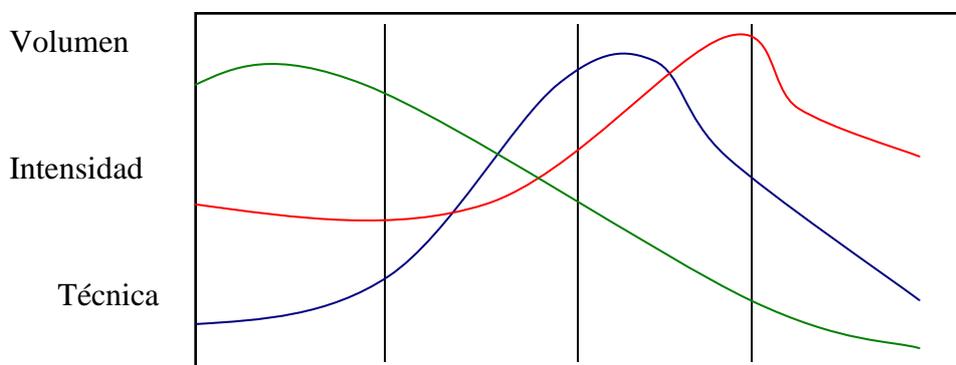
Periodizar el entrenamiento facilita una anticipación a los diferentes objetivos con la única finalidad de mejorar el rendimiento de los competidores en su especialidad. Estos objetivos pueden ser entre otros: el desarrollo, estabilización y mantenimiento de las distintas capacidades condicionales como la resistencia la velocidad o la fuerza y que en el caso de esta última podría ser la prevención de lesiones a través de la mejora de la adaptación anatómica, el desarrollo o mantenimiento de fuerza máxima, la fuerza explosiva, la resistencia muscular en sus distintas clasificaciones, y finalmente la

conjunción y el correcto engranaje de todas estas variables para la definición de la forma deportiva en la competición más importante por temporada (Bompa, 1994; 2000).

En cuanto al entrenamiento de la resistencia, tradicionalmente la periodización clásica del entrenamiento deportivo se inicia haciendo énfasis en el desarrollo una amplia base aeróbica dentro del periodo preparatorio general y para lograr este fin son empleados entrenamientos generales de alto volumen y baja intensidad, progresando gradualmente hacia un entrenamiento de mayor intensidad y menor volumen a medida que avanza en el ciclo de preparación hacia el periodo competitivo, (Kurz, et al 2000).

Autores como Rhea et al (2003), y Peterson et al (2005), sugieren profundizar en la investigación de la periodización del entrenamiento de la fuerza y de la velocidad para establecer la dosis óptima de carga de trabajo de esta capacidad física y que en algunos puntos clave puede diferir del entrenamiento de la resistencia.

Autores como Fleck y Kraemer (2004, 2007) establecen una clara diferencia no solo entre el entrenamiento de fuerza o de resistencia, sino además entre las terminologías usadas para hacer referencia a un tipo de entrenamiento de otro. Por ejemplo, en el entrenamiento de la resistencia la terminología norte-Americana tradicional prefiere hacer uso de los términos pretemporada, temporada y posttemporada para referir a lo que en la periodización tradicional equivaldría a los periodos preparatorio, competitivo y transitorio; y en el caso del entrenamiento de la fuerza es más común el uso de términos como: periodo de hipertrofia, fuerza y potencia, y descanso activo como se puede ver en la figura 2.2.



Terminología Europea	Fase de Preparación	Primera Transición	Fase de Competición	Descanso Activo
Terminología Americana Tradicional	Pretemporada		Temporada	Fuera de Temporada (entren. Base)

Terminología				
Americana de	Hipertrofia	Fuerza y	Forma	Descanso
Fuerza/potencia		Potencia	Deportiva	Activo

Figura 2.2. Denominaciones para la temporada deportiva (Fleck y Kraemer, 2007).

La programación estratégica de la periodización sugiere que al final de cada mesociclo se requiera un microciclo de descarga, lo mismo que tras cada competición, aunque éstas sean de control, con la finalidad de permitir el restablecimiento del deportista (Plisk and Stone 2003). La necesidad de recuperación requerirá de una eventual reducción de la intensidad y el volumen del entrenamiento teniendo en consideración que se han detectado pérdidas significativas de masa muscular durante el periodo competitivo, debido al empleo de altos volúmenes y numerosas sesiones de entrenamiento extensivo del periodo preparatorio.

Esta misma estrategia de reducción del trabajo se aconseja en las 2 a 4 semanas previas a la competición principal y lleva por objetivo afinar los últimos detalles requeridos para el mejor rendimiento en la competición principal y que es conocido como *taper* (Mujica, 2000). Un ejemplo de esto lo constituye la reducción el volumen de entrenamiento que habitualmente realizan los atletas de resistencia a medida que se acercan las competiciones principales para realizar la puesta a punto. Queda claro, que la competición principal es el punto culminante del periodo competitivo.

Una vez se ha completado el objetivo de la temporada con la competición principal, se realizará una descarga de trabajo conocida como periodo transitorio. La forma que adopta este periodo es muy variada: formas lúdicas de ejercicio físico, periodos de descanso activo, que bien pueden ser con actividades programadas o con actividades que puede realizar el deportista con ausencia de una programación rigurosa y que regularmente tiene una duración de 2 a 4 semanas (Hellard, et al 2005; Kurz, et al 2000; Mujika, and Padilla, 2003). Este periodo tiene por propósito principal renovar las reservas de adaptación del deportista antes del establecimiento de un nuevo macrociclo. Navarro, (1999).

La principal ventaja de periodizar del entrenamiento debería ser la oportuna estrategia para el desarrollo de la prestación deportiva de acuerdo a los objetivos principales de cada periodo de entrenamiento, ya sean de desarrollo, mantenimiento o pérdida temporal de la forma deportiva, y que se puede ver de manera más clara en la tabla 2.1 (Navarro,

1998; González-Badillo, et al 2006; Turner, 2011) basados en la estructura de fases, periodos y objetivos principales a cumplir en cada uno de estos.

Fases de desarrollo de la forma deportiva	Periodos de entrenamiento	Objetivos principales
Adquisición	Preparatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar los fundamentos de la forma deportiva. • Producir la acumulación de capacidades motoras y coordinativas multilaterales.
Estabilización	Competitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo motor general. • Mejora gradual del nivel de competición. • Afianzar la estabilidad de la preparación. • Mejorar los resultados en el rendimiento deportivo.
Pérdida temporal	Transitorio	<ul style="list-style-type: none"> • Interrumpir el entrenamiento de cargas elevadas. • Facilitar la recuperación activa. • Renovar las reservas de adaptación del deportista.

Tabla 2.1. Fases y períodos de desarrollo de la preparación deportiva dentro de un macrociclo (Visión convencional) Navarro 1998.

La base sobre la que el científico Ruso Lev Matveiev, fundamentó el concepto de la forma deportiva está basada primordialmente en el empleo del concepto “síndrome general de adaptación” al estrés estudiado y difundido por el fisiólogo Hans Selye (1956) y del cual se desprende la interpretación de que... *“como respuesta a los distintos agente estresantes del organismo humano, éste mismo buscará la forma de adaptarse a las demandas provocadas por los distintos estímulos; y del mismo modo que estímulos insuficientes no provocaran adaptaciones en el organismo, estímulos excesivos crearán un déficit de adaptación...”*.

Actualmente es más empleado en el deporte el término de síndrome de fatiga crónica o sobre-entrenamiento (Billat, et al 1999; Chiu, and Barnes, 2003; Halson, and Jeukendrup, 2004; González-Rave, 2010). Resulta importante la comprensión de este concepto pues la adaptación deportiva se logra durante el periodo de recuperación que sigue la secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación (Verkhoshansky,

1977, 1985, 1999; Stone, et al 1991; 2007; Tuner, 2011) y que es conocido como ciclo SFRA (Figura 2.4) por sus siglas en inglés y que establece que cuanto más intensa y mayor sea la magnitud de la carga de entrenamiento, serán requeridos procesos más eficientes de recuperación. Por lo tanto, un apropiado programa que equilibra estímulos apropiados y recuperaciones óptimas puede resultar en un rendimiento mejorado o superior (Stone 1991).

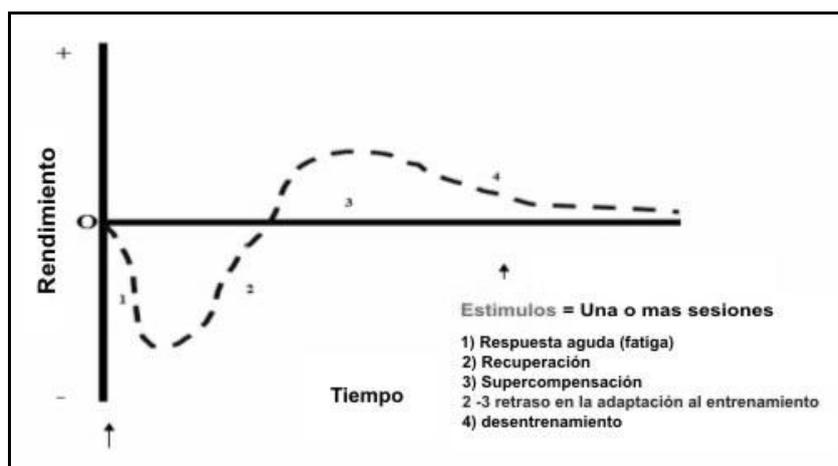


Figura 2.4. Secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación.

Adaptado de Stone 1991.

De este modo queda claro que el conocimiento y la correcta aplicación de este ciclo teórico de adaptación desencadenará un peldaño superior en la capacidad de prestación deportiva del deportista, constituyendo así uno de los pilares sobre los que se fundamenta la periodización deportiva y que tiene como objetivo la conexión entre las respuestas agudas, a corto y a largo plazo mediante la correcta y oportuna estructura y organización de las sesiones, microciclos, mesociclos, macrociclos y ciclos olímpicos (Plisk and Stone, 2003; Navarro 2010).

Queda establecido que la modulación de las variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento pretenden la adaptación del deportista a los siguientes niveles de mejora del rendimiento, evitando por una parte que los estímulos sean excesivos o deficientes, y asegurando con esto el entrenamiento adecuado para los distintos mesociclos que integran el macrociclo dependiendo del tipo de organización: bicíclica, tricíclica o anual, teniendo en consideración que la periodización clásica del entrenamiento fue concebida en un principio para desarrollar un pico de forma deportiva

por año, y que en posteriores variantes se permiten programar hasta 2 y 3 picos al año dependiendo de las distintas especialidades deportivas y sus requerimientos.

Estas variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento planeadas en consideración de la secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación son la base de la programación de entrenamiento y por lo mismo, existe la necesidad de realizar variaciones planificadas en la carga de entrenamiento para cambiar sistemáticamente el énfasis de éste y promover diferentes efectos en la sucesión de las fases de preparación (Dick, 1999; Wathen, 2000; Plisk, and Stone, 2003; Turner, 2011).

Se han establecido las razones que fundamentan y aconsejan el empleo de la periodización del entrenamiento. Sin embargo, en la actualidad la periodización también ha sido motivo de controversia por parte de los expertos en investigación deportiva (Navarro, 1999; Verkhonsanski; 1986,1999, 2006,2007; Issurin, 2008, 20010). Algunas de estas críticas provienen de la agrupación de manera concurrente diferentes contenidos del entrenamiento dentro de un modelo paralelo-complejo por tratarse de un modelo de entrenamiento que procura el desarrollo de varias capacidades físicas al mismo tiempo como la fuerza, la velocidad y la resistencia. Esta organización de contenidos presentada establece en algunos casos direcciones de entrenamiento no controladas o por el contrario, queda diluido el efecto del entrenamiento (Verkhonsanski 1986,1999; Navarro, 1999, 2010). Esto, aunado a monótonos programas que se repiten durante largos periodos de preparación, llama la atención de algunos autores que han sugerido que el daño muscular provocado por extensos y repetitivos programas pueden afectar negativamente la intensidad del entrenamiento de la fuerza de los atletas, hasta el punto de que los niveles de fuerza y potencia podrían reducirse en tiempos importantes que comprometen seriamente la competición clasificatoria en curso o bien en la competición principal (Wathen, et al 2000; Allerheiligen, 2003; Plisk, and Stone 2003).

2.3. ACTUAL ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO.

A pesar de que en la actualidad están plenamente aceptadas las ventajas de los modelos periodizados por encima de los no periodizados, algunos autores consideran que es relativamente reducida la investigación en torno a la periodización del entrenamiento (Fleck, 1994; Rhea, and Aldeman, 2004; González-Rave, et al 2005; Cissik, et al. 2008; Kiely, 2010; Turner, 2011).

Este hecho representa uno de los retos de investigación en relación a la periodización deportiva planteada por algunos expertos de la investigación deportiva (Fleck, 1999; Cissik, et al 2008; Turner 2011). Estos autores establecen que la mayoría de los estudios científicos publicados en los últimos años estuvieron enfocados a corto plazo, ya que se realizaban en laboratorios universitarios y la extensión mayor a un semestre académico podría comprometer el experimento por factores tales como la dedicación del participante, o la finalización de los entrenamientos en estos centros universitarios.

Por otra parte también consideran autores como Fleck, (1999), Cissik et al., (2008) o Turner (2011) que el enfoque de estos estudios se realizó principalmente en tópicos como la resistencia cíclica por una parte, y por otra el desarrollo de la fuerza y la potencia con ejercicios que inciden en alguna manifestación del rendimiento como por ejemplo los realizados en máquinas de musculación o levantamientos olímpicos, pero que en la mayoría de los casos no tienen una total y plena transferencia al rendimiento de las diferentes especialidades de competición. Tampoco tienen en consideración la complejidad de un deporte de competición que incluye otros factores como agilidad, flexibilidad y destrezas específicas de cada deporte.

Otra crítica es que la mayoría de estos estudios salvo algunas pocas excepciones habían sido realizados con estudiantes universitarios y no con deportistas activos y consecuentemente, es muy difícil aplicar los resultados de muchas de estas investigaciones a aquellos atletas que entrenan a largo plazo (Fleck, 1999; Cissik, et al 2008; Turner 2011).

Por su parte Fleck, (1999) después de estudiar detalladamente las más importantes investigaciones en torno a la periodización hasta 1994; analiza y destaca los trabajos de 7 renombrados autores y sus colaboradores (Stone, Stowers, O'Bryan, Mc.Gee, Willoughby, Baker, y Kraemer), concluyendo que deben hacerse estudios que permitan una mayor inclusión de mujeres, niños y adultos mayores en nuevas investigaciones y al mismo tiempo de incluir en estos estudios datos de las modificaciones a nivel de composición corporal; investigación del rendimiento motor a corto y largo plazo, además de experimentar con nuevas fórmulas de organización de la periodización como podría ser la periodización ondulatoria.

Stone et al., (1999) señalan que la mayoría de los estudios e investigaciones relacionadas con la periodización del entrenamiento se han basado en evidencias observacionales y datos anecdóticos. Esta misma debilidad en las investigaciones es afirmada también por Plisk y Stone, (2003) excluyendo de esta crítica dos artículos de Kraemer et al., (2000; 2003) que fueron realizados con mujeres tenistas universitarias.

Autores como Cissik et al., (2008) y Kiely (2010) en sus respectivos artículos confirman las mismas carencias citadas por sus antecesores y además establecen que los estudios que se han realizado en atletas de elite son principalmente basados en el seguimiento mediante encuestas. La principal debilidad de estos estudios es que el entrenador puede o no revelar plenamente sus métodos de entrenamiento.

Otra de las oportunidades de investigación que representa el estudio de la periodización del entrenamiento deportivo, se deriva del hecho de que las primeras y principales críticas y propuestas de ajustes a la periodización clásica o tradicional, la realizaron investigadores y científicos de la misma ex Unión Soviética. Autores como Issurin y Kaverin (1985) y Verjonshansky, (1984) promovieron variantes de la periodización tradicional con los modelos de Bloques (Block Shock Periodization), y de bloques concentrados (Block Training Sistem) y que actualmente junto con la periodización tradicional y el macrociclo integrado de Navarro (1999), son algunos de los más conocidos y referenciados en artículos y publicaciones según Dantas et al., (2010).

En unas de sus más recientes publicaciones, Issurin, (2008; 2010) textualmente cita “... *la necesidad de cambiar la vieja teoría de formación y aceptar una nueva realización de las exigencias modernas para los nadadores competitivos...*” El mismo autor destaca cuatro debilidades de la periodización tradicional:

- El conflicto fisiológico derivado por la mezcla de múltiples habilidades entrenadas al mismo tiempo.
- Fatiga excesiva producto de prolongados periodos de entrenamiento con objetivos múltiples.
- Insuficiente estímulo de entrenamiento para ayudar a los atletas altamente calificados a continuar con los progresos (Resultado de entrenamientos mixtos o concurrentes).

- La incapacidad de poder mantener frecuentes picos de forma durante la temporada.

Estas limitaciones de la periodización tradicional ya habían sido señaladas previamente por Verkhoshansky, (1996; 1999).

Continuando con la propuesta de inclusión del modelo periodizado basado en bloques para la preparación de los nadadores altamente calificados, Issurin, (2010) establece que este método presenta tres claras ventajas en comparación con el método clásico de periodización y que son:

- Frecuentes picos de rendimiento dentro del mismo año de competición.
- Enfoque profundo y especializado de los efectos del entrenamiento en relativamente corto tiempo.
- El reconocimiento de que los nadadores tienen un continuo estado de forma física general en el cual un bloque especializado superpone efectos de formación especializada.

En resumen podríamos concluir que derivada de la periodización clásica o tradicional conceptualizada y difundida por el científico Matveiev, (1965) se aconseja el uso de algún tipo de interconexión de carga en los programas de preparación empleados tradicionalmente en los deportes de competición entre ellos la natación, basados en la modulación de las variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento. Adicionalmente, Rhea y Aldeman, (2003) afirman que el entrenamiento periodizado es más efectivo que el entrenamiento. Sin embargo, metodológicamente muchos estudios publicados en relación a la periodización han empleado a estudiantes universitarios que difieren de atletas activos y de alto rendimiento. Finalmente, la mayoría de los estudios e investigaciones relacionadas a la periodización del entrenamiento se han basado en evidencias observacionales y se considera de suma importancia la investigación en torno a la inclusión de nuevas estrategias de organización de la periodización (Verhonsanski, 1996, 1999, 2004, 2007; Navarro, 1999; 2010; Issurin 2008, 2010).

2.4. LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA NATACIÓN.

Aunque la mayoría de las distancias competitivas en la natación no se considerarían dentro de la estructura de rendimiento que necesita de un alto grado de resistencia, algunos nadadores de élite realizan enormes distancias y volúmenes de entrenamiento. Estos altos volúmenes de entrenamiento han sido fuertemente cuestionados desde la perspectiva de la eficacia del entrenamiento, que critica los altos volúmenes de trabajo carentes de especificidad a las pruebas y marcas de competición (Costill, et al., 1988, 1991; Kirwan, et al., 1998; Rushall, 1999; Termin, and Pendergast, 2000; Verkhosanski, 2004; Kamell, et al., 2006; Hannula and Thornton, et al., 2007).

Por otro lado, existe un mayor consenso en la afirmación de que las mejoras en la competición deben ir orientadas al incremento de la intensidad en las cargas de trabajo, manteniendo los volúmenes de entrenamiento o incluso disminuyéndolos. Verhonsanski, (2004) al respecto estableció: *“...Hoy la tendencia de aumentar la intensidad del entrenamiento para aumentar la eficacia del proceso de la preparación, especialmente para el atleta de alto rendimiento es lo más conveniente y debe ser utilizado con mucho cuidado según el requerimiento del atleta, el nivel de su preparación y el calendario de competiciones. Hay muchos medios empleados que han comprobado su efectividad. La mejor manera de mejorar los resultados proviene del correcto uso del método y sistema...”*

El entrenamiento específico de modalidades deportivas que requieren de un gran despliegue de potencia muscular en conjunción con una alta demanda de resistencia como las pruebas de la natación en distancias de 50, 100 y 200 metros en cualquiera de los diferentes estilos, debería realizarse con cargas intensas y volúmenes moderados y acordes a la prueba de competición de cada nadador (Platonov y Bulatova, 2004; Verkoshansky, 2004; Navarro, 2004; Weineck, 2005; Newton, 2007).

Costill, Maglischo, y Richardson (1992) conceptualizan y sintetizan la periodización clásica de la natación considerando que la planificación implica dividir el año de entrenamiento en unidades y estructuras menores y más operativas, con la intención de que se sucedan las adaptaciones que lleven a los nadadores en el momento oportuno a realizar su mejor rendimiento de cada una de las etapas o ciclos. De modo que la primera decisión que hay que considerar en el momento de organizar y planificar el programa de entrenamiento es: ¿cuántos picos de forma deportiva se han de programar por año?

La mayoría de los entrenadores siguen las recomendaciones de estos investigadores organizando el plan anual en tres macrociclos. Un primer ciclo que transcurre entre los meses de septiembre a diciembre o enero, el segundo de enero a abril y el tercero de mayo a agosto, además consideran que lo más recomendable es incluir en cada uno cerca de 20 semanas de preparación.

El siguiente paso es dividir la planificación del macrociclo en cuatro periodos:

1. Periodo de resistencia general.
2. Periodo de resistencia específica.
3. Periodo de competición.
4. Periodo de puesta a punto.

Periodo de resistencia general.

Este es el periodo de preparación previa a los entrenamientos intensos y lleva por finalidad la formación de base de resistencia orgánica donde el 60% del trabajo se realiza a velocidades moderadas y se plantea un entrenamiento técnico de los cuatro estilos de competición. La velocidad no es el factor principal de trabajo. Algunos entrenadores incluyen sesiones de preparación física en seco y del mismo modo se incluye en este periodo una cantidad importante de ejercicios de flexibilidad articular.

Periodo de resistencia específica.

Aunque en este periodo la meta sigue siendo el desarrollo de la resistencia, la diferencia con el periodo precedente es que los entrenamientos son más intensos en función de la especialidad y distancia de competición de cada nadador. Es también en este periodo que se alcanza el pico de volumen de la temporada y en las últimas semanas de este periodo algunos entrenadores integran ejercicios especiales de nado resistido y asistido, aunque el énfasis principal de este entrenamiento de potencia se realiza en el siguiente periodo.

Periodo de competición.

Como su nombre claramente establece es en este periodo donde se realizan el mayor número de competiciones, y por tanto se traslada el entrenamiento del volumen hacia la intensidad predominando ejercicios de resistencia a la velocidad específica de competición pero sin reducir considerablemente los volúmenes de trabajo con la finalidad de mantener los niveles de resistencia adquiridos en los periodos precedentes. Durante este periodo los velocistas son entrenados principalmente en la adquisición y manifestación de potencia de nado con empleo de ejercicios de nado asistido y resistido. También es en este periodo donde más ejercicios de carácter competitivo se realizan, entrenando los ciclos óptimos para cubrir la distancia de competición.

Periodo de puesta a punto.

Este periodo de entrenamiento la carga es reducida a niveles de mantenimiento con la finalidad de facilitar al nadador la recuperación y optima disposición física y mental para la competición fundamental del ciclo Costill, Maglischo, y Richardson (1992).

De lo anterior podríamos asumir que los cuatro periodos del entrenamiento de la natación de un modelo de periodización tradicional tendrían un tipo de entrenamiento predominante en cada uno de los periodos y que podría ser el siguiente (tabla 2.2).

Periodo de entrenamiento	Entrenamiento predominante
Preparatorio de Resistencia General	Continuo extensivo/resistencia aeróbica
Preparatorio de Resistencia Específica	Continuo y fraccionado intensivo/resistencia anaeróbica
Periodo Competitivo	fraccionado de intervalos/resistencia a la velocidad fraccionado de repeticiones/potencia y velocidad máxima
Puesta a punto	Mantenimiento y súper-compensación

Tabla 2.2. Periodización clásica de Maglischo, Costill, y Richarson 1992.

2.5. INVESTIGACIONES EN TORNO A LA PERIODIZACIÓN INVERSA.

Aunque todas estas fórmulas de periodización del entrenamiento deportivo y de la natación de competición han seguido distintas adaptaciones de la periodización clásica o tradicional, la que representa un especial interés por seguir un desarrollo radicalmente distinto para alcanzar la forma deportiva basada en la periodización propuesta por Matveiev, (1977), es la periodización inversa de la que se destacan las siguientes diferencias según la hipótesis de King, (2000):

1. La organización de la carga del entrenamiento sigue un modelo en el que la intensidad de competición se entrena desde el principio del macrociclo de preparación y el volumen es construido en los siguientes mesociclos.
2. La segunda diferencia radica en evitar el trabajo de preparación general, pues las cargas de trabajo van directamente organizadas en función de la especialidad deportiva.

Aunque no es nuevo el concepto de periodización inversa, si es reducida la bibliografía que habla de esta forma de interconexión de cargas de entrenamiento (King, 2000; Rhea et al., 2003; Sweetenham, and Atkinson, 2003; Ebben et al., 2004; Cissik, et al., 2008; Prestes, et al 2009; Ratamess, et al., 2009; Wathen, and Hageman, 2010; Navarro 2010) como se ha citado con anterioridad, a diferencia de la periodización tradicional; la periodización inversa consiste en un inicio de temporada con bajos volúmenes de carga pero con altas intensidades y que secuencialmente es incrementado el volumen de trabajo. Dependiendo de la especialidad deportiva, es posible la reducción de la intensidad al mismo tiempo que se incrementa el volumen de trabajo. Por ejemplo, en el caso del entrenamiento de competidores de 1500 metros libres en la natación se podrían mantener e incluso incrementar las altas intensidades en distancias que requieren de una alta manifestación de la potencia muscular como los 50 metros libres.

De las citas de textos científicos que a nuestro conocimiento se han publicado con relación a la periodización lineal inversa, tres son resultado de investigación experimental (Rhea et al 2003; Ebben et al 2004; Prestes, et al 2009), el resto de los textos son de orden documental y anecdótico (tabla 2.5) basado en las experiencias y recomendaciones de los autores.

Rhea et al., (2003) propusieron que los 60 sujetos participantes de su estudio, (30 hombres y 30 mujeres) entrenaran en el ejercicio de extensiones de rodilla 2 veces por semana durante 15 semanas. Los sujetos fueron divididos en tres grupos: uno que realizó lo que los autores llamaron periodización lineal (progresión desde alto-volumen/baja-intensidad a bajo-volumen/alta-intensidad). Otro grupo realizó lo que se denominó periodización lineal inversa (progresión desde bajo-volumen/alta-intensidad a alto-volumen/baja-intensidad) y el tercer grupo realizó una periodización con ondulaciones diarias (progresión desde alto-volumen/baja-intensidad a alta-intensidad/bajo-volumen a lo largo de 3 sesiones), los volúmenes de trabajo fueron iguales para los tres grupos. Al final de las 15 semanas, todos los grupos exhibieron incrementos en la resistencia muscular en el ejercicio de extensiones de rodilla. Los grupos que realizaron la periodización lineal y la periodización ondulante tuvieron un incremento de aproximadamente un 55% en resistencia muscular, mientras que el grupo que realizó la periodización lineal inversa exhibió una mejora de casi el 73%. Los autores concluyeron que el incremento gradual en el volumen y la reducción en la intensidad mediante periodización inversa, pueden generar mayores ganancias en resistencia muscular.

Prestes et al., (2009) compararon las ganancias de fuerza y masa muscular en composición corporal entre dos grupos de mujeres (N=20) practicantes de entrenamiento de fuerza con una experiencia de entrenamiento de fuerza de 6 meses como mínimo y con edades comprendidas entre 20 y 35 años. Un grupo (LP Linear periodization) realizó periodización clásica o tradicional y otro grupo (RLP Reverse linear periodization) periodización inversa. Después de 12 semanas, (con evaluaciones intermedias cada 4 semanas) concluyen que la periodización tradicional es más efectiva para las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular que la periodización inversa.

Ebben et al., (2004) estudiaron los resultados tras 8 semanas de entrenamiento entre dos grupos (N=26) cada uno formado por 13 mujeres competidoras del deporte de remo a nivel de iniciación y de campeonatos universitarios. Uno de los grupos (H. Load) realizó una periodización tradicional mediante un trabajo de alto-volumen/baja-intensidad al inicio del estudio y posteriormente realizó el tránsito a alta-intensidad/bajo-volumen. El segundo grupo (H. Repetition que también fue denominado *Reverse steep loading periodization*) realizó un trabajo de bajo-volumen/alta-intensidad, a alto-volumen/baja-

intensidad. Al final del estudio los autores concluyen que la periodización tradicional resultó más efectiva para la mejora de rendimiento para el grupo de competidoras de nivel de campeonato universitario, y que la periodización inversa resultó más efectiva para competidoras relativamente poco entrenadas.

Por el contrario Sweetenham y Atkinson, (2003) consideran que este tipo de periodización no es recomendada para nadadores con experiencia competitiva menor a 10 años de preparación ya que podrían no tolerar la alta demanda de intensidad característica de este modelo de periodización.

Los principales estudios en relación a esta temática se sintetizan en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Publicaciones e investigaciones relacionadas con la Periodización Inversa.

Autor (es) y año	Diseño de la investigación y Actividad deportiva	Características de la muestra
King, 2000	Anecdótico / Fitness	
Rhea, et al., 2003	Experimental / Fitness	n=60- 30 h. 30 m. en 3 grupos
Sweetenham, and Atkinson, 2003	Anecdótico / Natación	
Ebben, et al., 2004	Experimental / Remo	n=26 m. en 2 grupos
Cissik, et al., 2008	Anecdótico / Fitness	
Prestes, et al., 2009	Experimental/ Fitness	n=20 m. en 2 grupos
Ratamess, et al., 2009	Anecdótico / Fitness	
Wathen and Hageman, 2010	Anecdótico / Fitness	
Navarro, 2010	Anecdótico / Natación	

n = cantidad de participantes por estudio; h= hombres; m = mujeres.

2.6. PERIODIZACIÓN INVERSA Y EL ENTRENAMIENTO DE LA NATACIÓN.

En lo concerniente al entrenamiento de la natación en su más reciente publicación el Dr. Fernando Navarro, (2010) hace referencia y destaca ocho distintas periodizaciones empleadas para el entrenamiento de la natación, además de la periodización clásica de Matveiev, y estas son:

1. Macro ciclo ATR adaptado de Issurin y Kaverin.
2. Macro ciclo integrado de Navarro.
3. Macro ciclo ruso para fondistas de 1500 m. de Koshkin.
4. Macro ciclo tradicional australiano de Nelson.
5. Macro ciclo para velocistas de Touretsky.
6. Macro ciclo corto de Prime.
7. Macro ciclo con periodización inversa.
8. Macro ciclo concentrado de Verkhonsanski.

Para Navarro (2010) la argumentación sobre la que se sustenta la periodización inversa es:

- a) Justo después de la competición es cuando el nadador está a punto para nadar más rápido y es el tiempo lógico para entrenar la velocidad.
- b) Un nadador debe ser capaz de producir lactato con el fin de tolerarlo.
- c) Un nadador debe ser capaz de producir lactato con el fin de eliminarlo.
- d) La acumulación de lactato y por tanto el entrenamiento de tolerancia será más fácil de lograr antes de que la eliminación se desarrolle.

El mismo autor considera que la secuencia lógica para esta periodización se puede sintetizar en:

1. Competición.
2. Mejora de la potencia aláctica y velocidad máxima de nado.
3. Desarrollo de la capacidad del sistema anaeróbico láctico.
4. Tolerancia a la acumulación de lactato.
5. Eliminación de lactato y entrenamiento aeróbico
6. Afinamiento.
7. Competición.

De lo expuesto anteriormente, podemos resumir que:

- La periodización inversa constituye una variante a las distintas formas de organización de la periodización deportiva.
- Su organización es de manera inversa o contraria a la periodización tradicional; iniciando el ciclo de preparación desde las altas-intensidades/bajo-volumen a alto-volumen/baja-intensidad; donde la base del entrenamiento de potencia y velocidad específica de competición asegura la efectividad de los siguientes ciclos de preparación.
- Mientras unos autores consideran que la periodización inversa es útil solamente con atletas consagrados otros expertos difieren, estableciendo que es mejor emplearla con atletas en formación.
- Que ha sido poco estudiada y que no existen hasta el momento textos científicos que hayan comprobado su uso y aplicación al deporte de la natación.

Por otra parte, teniendo en consideración las características que Navarro (2010) destaca para la organización del macrociclo de periodización inversa, se observa que los métodos de entrenamiento predominantes invierten su orden de aparición durante el transcurso de macrociclo como se señala en la tabla 2.6.

Periodo de entrenamiento	Método de entrenamiento predominante
Potencia aláctica y velocidad máxima de nado	fraccionado de repeticiones/potencia y velocidad máxima
Capacidad del sistema anaeróbico láctico	fraccionado de intervalos/resistencia a la velocidad
Tolerancia láctica.	Continuo y fraccionado intensivo/resistencia anaeróbica
Eliminación de lactato y entrenamiento aeróbico	Continuo extensivo/resistencia aeróbica
Afinamiento	Mantenimiento y súper-compensación

Tabla 2.6. Métodos de entrenamiento para el desarrollo de la periodización inversa.

Teniendo en consideración lo anterior a continuación presentamos una revisión de los textos científicos que han estudiado distintos métodos de preparación para el desarrollo de las capacidades expuestas en la tabla anterior.

2.7. ENTRENAMIENTOS RESISTIDOS Y ASISTIDOS EN LA NATACIÓN.

El entrenamiento para el desarrollo de la velocidad específica de nado, se encuentra ligado al aumento de la fuerza y potencia específica de nado mediante diferentes métodos de entrenamiento, algunos de estos son el método de entrenamiento asistido y el método de entrenamiento resistido. Este último además es una herramienta útil para la cuantificación de la fuerza y la potencia específica de nado (Smith et al., 2002) que ha sido estudiado por numerosos autores (Maglischo, et al., 1985; Costill, et al., 1986; Richardson, et al., 1993; Boelk, et al., 1997; Hooper, et al., 1998; Ricketts, and Zachweija, 1999; Dopsaj, 2000; Schnitzler, et al., 2002; Shuji, et al., 2002; Patnott, et al., 2003; Papoti, et al., 2006; Hannula and Thornton, et al., 2007; Girolid, et al., 2006, 2007; Toubekis, et al., 2008; Wright et al 2009). Tradicionalmente el desarrollo de la fuerza específica de nado se ha realizado a través de diferentes sistemas y elementos que posibilitaban ejercer una mayor resistencia de nado. Estos métodos han sido: nado atado a gomas elásticas (Sexsmith, et al 1992; Girolid, et al., 2006; 2007;) nado con ropas y accesorios (Pearson, 1986; Dantas, 2000) nado con paracaídas (Navarro, et al., 2003) y nado atado a resistencias externas como poleas y más actualmente usando herramientas de nado concéntrico como el denominado *Power-rack* y *Tower-rack* (Patnott et al., 2003; Wright et al., 2009).

Wright et al., (2009) han mostrado como con 5 semanas de entrenamiento con *Power-Rack* se producen mejoras en la potencia muscular y en la eficacia de nado. Siguiendo esta línea de investigación, Girolid et al., (2007) demostraron como los entrenamientos resistidos y asistidos en piscina con bandas elásticas, son más efectivos que los entrenamientos tradicionales. Girolid, et al., (2006) concluyen como el entrenamiento de sprint resistido con bandas elásticas es más efectivo que un entrenamiento tradicional o de sprint asistido mejorando el tiempo en 100 m. libres y los valores de fuerza y potencia muscular.

Diversos autores han mostrado como el entrenamiento resistido es una forma efectiva de aumentar los niveles de fuerza máxima y, por ende el rendimiento deportivo (Dopsaj, 2000; Schnitzler, et al., 2002; Patnott, 2003; Verkhoshansky, 2004, 2006). Sin embargo en la literatura revisada se encontraron datos en los cuales las valoraciones de fuerza se vieron mejoradas, pero no así las de velocidad después de realizar entrenamientos resistidos.

Por otra parte encontramos investigaciones que considerando lo anterior, se inclinan por diseñar los programas de entrenamiento resistido usando como referencia lo que los autores denominan pico de potencia específica de nado (Costill, et al., 1983, 1986; Navarro, 2007; González-Ravé, 2009) y que corresponde al trabajo en el que el nadador realiza la máxima potencia en nado resistido, (Patnott et al., 2003; Wright et al., 2009) y que Arellano, (2010) denomina potencia específica de nado generada con cargas externas.

Ricketts, y Zachweija, (1999) investigaron sobre los efectos del uso combinado de creatina y de nado resistido usando *power-rack durante* una semana. 13 nadadores realizaron entrenamiento resistido a máxima intensidad en apnea y con una relación de trabajo/descanso 1:3 hasta completar 20 repeticiones de 15m. Uno de los grupos incluyó en su dieta creatina y el otro recibió un placebo. Al final de la semana de entrenamiento los participantes que incluyeron creatina como ayuda ergogénica parecieron más dispuestos al trabajo de alta intensidad.

Patnott et al., (2003) evaluaron en cinco ocasiones durante una temporada de 21 semanas de entrenamiento y doble *taper*, lo que los autores llamaron máxima potencia de nado de 16 nadadores universitarios bien entrenados. Durante el primer taper la potencia de nado se vio reducida un 9%, en la segunda mitad del estudio la potencia de nado reflejó un aumento significativo del 21% y fue altamente correlacionada con los resultados de velocidad de nado de 50, 100 y 200m. La conclusión fue que la potencia máxima de nado es fluctuante durante la temporada y mantiene una alta correlación con la velocidad de nado de pruebas inferiores a 200m.

Wright et al., (2009) realizaron un estudio con 18 nadadores universitarios bien entrenados (8 mujeres y 10 hombres), utilizando sesiones de nado resistido en una distancia de 10m con una resistencia que equivaldría al 80% del pico de la potencia específica de nado. Los entrenamientos los realizaron 2 veces por semana para completar un total de 9 sesiones. Inicialmente se realizaron 8 repeticiones con descansos de un minuto entre repeticiones y se fueron aumentando 2 repeticiones por semana hasta completar 16 repeticiones por sesión. Las diferencias entre ambas evaluaciones pre y post, demostraron mejoras significativas ($p < 0.05$) en la potencia de nado (de 61.4 w a 66.1 w) y en la distancia por brazada y de (0.62 m/brazada a 0.67 m/brazada) pero no se encontraron aumentos significativos en la evaluación de la frecuencia de brazada. La conclusión de este estudio sugiere que la potencia de nado y longitud de brazada es mejorada con un entrenamiento de nado resistido siempre que para la organización del entrenamiento se use como referencia el pico de potencia específica de nado.

Toubekis et al., (2008) comprobaron que un descanso menor a los 2 minutos en entrenamiento resistido puede comprometer el rendimiento en posteriores repeticiones dentro de la misma sesión de entrenamiento, sugiriendo ampliar este descanso y realizar recuperaciones mayores a los 2 minutos.

Finalmente hacemos referencia a un trabajo experimental previo de Arroyo-Toledo (2010) que sirvió para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Participaron del estudio 16 nadadores 8 varones y 8 mujeres competidores de nivel nacional y regional de la comunidad de Castilla-la Mancha y que realizaron dos sesiones semanales de entrenamiento resistido con el uso del dispositivo *aquaforce*®, similar al *power-rack* durante 6 semanas de preparación, y donde los resultados demostraron mejoras significativas de incremento de la fuerza específica de nado ($p < 0.05$) expresada en las variables de carga máxima de arrastre, pero los valores de velocidad de nado para 50m no mejoraron, y si se vio una tendencia a empeorar.

Concluimos por tanto, que el entrenamiento asistido y resistido son métodos tradicionalmente incluidos en los programas de entrenamiento de la natación para el desarrollo de la fuerza, potencia y velocidad específica de nado y además que:

- La valoración resistida de la natación es aceptada como herramienta de medición científica (Smith et al., 2002) .
- Se ha demostrado su utilidad y mayor eficiencia para el entrenamiento de la velocidad que los métodos tradicionales de entrenamiento de la natación.
- Los estudios realizados en relación al entrenamiento resistido de la natación muestran mejoras en las manifestaciones de fuerza pero los resultados son poco esclarecedores en cuanto a las mejoras en la velocidad de nado.
- Las sugerencias de algunos expertos del entrenamiento resistido consideran como referencia óptima del entrenamiento con sobrecarga o resistido, el pico de Potencia específica de nado.
- Se recomienda que el descanso sea mayor a los 2 minutos entre series.

La tabla 2.7. muestra una síntesis de los estudios realizados utilizando nado resistido

Autor (es) y año	Duración y Variables estudiadas	Características de la muestra	Resultados
Patnott et al., 2003	21 semanas Máxima potencia de nado.	16 nadadores universitarios	Reducciones significativas de un 9% en la primera mitad del estudio seguidas de Mejoras significativas de 21% al final del estudio.
Wright et al., 2009	5 semanas. Potencia específica de nado PENGCE. Largo (SD) y frecuencia de brazada (SF).	18 nadadores universitarios	Mejoras significativas de 7,6% en PENGCE. 9,3% en SD. sin cambios en SF.
Arroyo-Toledo, (2010)	6 semanas. Potencia específica de nado (PENGCE). Carga máxima de Arrastre (CMA). Velocidad de nado (t50m).	16 nadadores de nivel regional y nacional	Mejoras significativas de 14,2% en CMA, sin cambios en PENGCE y reducciones no significativas en t50m

Tabla 2.5. Resumen de estudios relacionados con el entrenamiento resistido en *Power-rack* o *Aquaforce* ®.

2.8. EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD.

Numerosos estudios (Berthoin, et al., 1995; Tabata, et al., 1997; Billat, et al., 1999; 2001; Billat, 2001; Trapp, et al., 2004; Appell, et al., 2004; Yamamoto, et al., 2004; Mohr, et al., 2005; Buchheit, et al., 2008) han llamado la atención de la comunidad científica respecto a las mejoras obtenidas a partir de la inclusión del entrenamiento intermitente de alta intensidad, comúnmente referido como HIT por sus siglas en inglés (High-Intensive Interval Training).

Los primeros estudios realizados al respecto datan de 1960 (Astrand, 1960; Christensen, et al 1960; Christensen, 1962), de publicaciones realizadas al respecto sin ser definido como entrenamiento intermitente de alta intensidad, y para algunos autores como Billat, (2007) los primeros científicos en estudiar el entrenamiento intermitente de alta intensidad fueron Reindell, y Roskamm, (1959). Del mismo modo Billat, (2007) considera que atletas como Emil Zatopek ya realizaban entrenamientos de este régimen de trabajo llevados a efecto por mera intuición y experiencia empírica.

Se puede considerar el HIT como una variación derivada del tradicional entrenamiento a intervalos y su diferencia principal y al mismo tiempo conceptualización consiste en *“la realización de episodios repetidos de corta duración a una intensidad mayor a la del umbral anaeróbico (UAn), separados por breves períodos de baja intensidad o inactividad que permiten una recuperación parcial e incompleta”* Laursen, (2002, 2010). Para algunos autores (Rushall, 1999; Billat, 2007), el HIT cuenta con una versión aun más corta comúnmente llamada o denominada entrenamiento ultra-corto (Ultra Short Training, UST) y que también será abordado en esta revisión.

2.9. EL ENTRENAMIENTO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD EN LA NATACIÓN.

Como se ha señalado anteriormente, el entrenamiento intermitente de alta intensidad ha sido extensamente estudiado por expertos en distintos deportes. Parece ser que algunos de los primeros autores en estudiar este tema fueron Astrand, (1960) y Christensen et al., (1960) y aunque son numerosos los estudios realizados con corredores, ciclistas y en menor medida con triatletas, futbolistas y competidores de remo y kayak (Laursen, 2002, 2010) son aún reducidos los estudios del HIT en natación (Holmer, and Astrand, 1972; Magel, et al., 1975; Mc.Ardle, et al., 1978; Kame, et al., 1990; Toussaint, and Vervoorn, 1990; Ricketts, and Zachweijja, 1999; Termin, and Pendergast, 2000; Faude, et al., 2008; Sperlich et al., 2009; 2010; Toubekis, et al., 2011).

Debido a que el entrenamiento de la natación contiene un alto grado de especificidad, la forma más beneficiosa de acondicionamiento será la que replique las necesidades de energía realmente requeridas en cada prueba competitiva, (Holmer, and Astrand, 1972; Magel, et al., 1975; Mc.Ardle, et al., 1978). Las tres principales características de este método de entrenamiento de alta intensidad adaptado a la natación son las siguientes (Mujica 1996, Rushall, 1999):

- a) Estímulos de entrenamiento inferiores a 15 segundos.
- b) La velocidad de entrenamiento debe equivaler al tiempo deseado para correr la prueba.
- c) Deben ser realizados un número suficiente de repeticiones para producir el aprendizaje de la habilidad y crear las adaptaciones del sistema de energético requerido.

Kame et al., (1990) compararon los resultados de programas de entrenamiento de alta intensidad con entrenamientos que son principalmente técnicos. Se monitorizaron los resultados de 17 nadadores universitarios. Se realizaron mediciones antes, a mitad del ciclo, y al final de una temporada competitiva de 11 meses. Los resultados muestran mejoras en el consumo máximo de oxígeno en los grupos de estudio, los registros de los entrenamientos de los distintos nadadores reflejan que quienes resultaron mejor

preparados para las competiciones principales, fueron aquellos participantes que realizaron el entrenamiento de alta intensidad. Sin embargo los autores concluyen que los programas óptimos deben incluir un alto grado de acondicionamiento físico complementado con la preparación técnica.

A pesar de que la finalidad del estudio de Toussaint, y Vervoorn, (1990) estuvo enfocado a la comprobación de la utilidad de un instrumento de nado, el régimen de entrenamiento empleado para la intervención del mismo fue del método HIT, por ese motivo se incluye en este marco teórico. Toussaint, y Vervoorn, (1990) demostraron la utilidad de un instrumento de entrenamiento derivado del sistema MAD (measure active drag) que facilita puntos de apoyo fijos en el agua durante el nado. Realizaron este estudio experimental durante 10 semanas. 22 nadadores de nivel medio de competición, fueron divididos en dos grupos, un grupo de control (N=11) y un grupo experimental (N=11). Ambos se sometieron a un mismo programa de entrenamiento. Mientras que el grupo de control realizó tres veces por semana sprints de nado libre, el grupo experimental realizó tres veces por semana sprints ejecutados en apoyo de cada brazada sobre el instrumento. Los volúmenes de entrenamiento fueron iguales, sin embargo, el grupo experimental obtuvo un aumento significativo en fuerza de un 3.3% (de 91 a 94 N.) y de velocidad de nado de un 3.4% (de 1,75 a 1,81 m/s) y de potencia de un 7% (de 160 a 172 w) medidos en el sistema MAD, así como un aumento en la distancia por brazada en estilo libre. Con estos resultados el grupo experimental mostró una mejora significativa en los tiempos de 50 m. (de 27,2 a 26,6 s), 100 m. (de 59,3 a 57,4 s) y 200 m. (de 129,6 a 127,3 s). Por lo tanto se concluye que el MAD es un instrumento de entrenamiento específico especialmente útil para el aumento de la potencia específica de nado. Sin embargo este aparato es de una gran complejidad en cuanto a su montaje y elevado costo además de no poderse usar en todos los estilos de competición.

Otros estudios antes citados en el apartado de entrenamiento resistido pero que también incluimos en este apartado de HIT debido a que los participantes realizaron esfuerzos de alta intensidad son los de Ricketts y Zachweijja, (1999), Patnott et al., (2003), Wrigth et al (2009) y Arroyo- Toledo (2009) .

Termin, y Pendergast, (2000) realizaron un estudio longitudinal durante cuatro años y que es presentado como una crítica a los tradicionales programas de entrenamiento de la natación cargados de altos volúmenes de trabajo a bajas velocidades y muy a menudo complementados con trabajo de desarrollo de la fuerza en tierra y que requieren de un marcado programa de reducción de las distancias (*Taper*) en las semanas previas a la competición principal debidos al sobre entrenamiento de largas sesiones de trabajo. Para la realización de este estudio los autores diseñaron un programa de intervención que fue realizado por 21 nadadores de la 1^a. división de la NCAA (National Collegiate Athletic Association o Confederación Nacional Deportiva Estudiantil de Estados Unidos de América), reconocida como la más competitiva a nivel internacional.

El programa se centró en el aumento de frecuencia de brazada y velocidad de nado proporcionando descansos adecuados para evitar la fatiga excesiva, y cada año fue dividido en cuatro fases de desarrollo y que a continuación se describen de manera sintetizada:

- Fase I o Fase Biomecánica. Ejercicios del orden de técnica de los estilos. Esta fase tuvo una duración de 2 a 3 semanas.
- Fase II o Aeróbica Metabólica. Ejercicios de nado en régimen de resistencia de base, por ejemplo 10 minutos nadados entre el 115 y 129% de VO₂max seguidos de 10 minutos de nado compensatorio al 60% del VO₂max. Esta fase duro 6 a 7 semanas.
- Fase III o Metabólica Anaerobia. Ejercicios de natación de alta intensidad y de corta duración con restablecimiento en relación 1:1 trabajo descanso; ejemplo 16 x 25 yardas con 15 segundos de recuperación entre repeticiones y con 1:30 de recuperación entre series, hasta completar una hora de trabajo. Cuando las series de 25 yardas fueron asimiladas por los nadadores la recuperación entre series se redujo a 10 segundos. Y cuando las sesiones fueron nuevamente asimiladas, las series fueron aumentadas a 16x50 yardas con descansos de 30 segundos entre serie y finalmente cuando los nadadores se sintieron dispuestos los descansos entre serie fueron reducidos a 20 segundos entre serie. Esta fase duro 15 a 16 semanas
- Fase IV o Descarga previa a competición principal. Ejercicios de nado en el régimen de 16 x 25 yardas con 30 segundos de descanso entre serie y 1:30''

minutos entre tandas; similares al inicio de la fase anterior pero solamente hasta completar 30 minutos de trabajo. Esta fase duro los últimos 21 días previos a los encuentros y competiciones principales.

El programa requería de dos días de trabajo a alta intensidad, seguidos de dos días de trabajo de recuperación activa en los que se realizaba entrenamientos técnicos de salidas y virajes con amplios descansos de 2 a 3 minutos entre repetición. Para la realización de cada sesión de trabajo se requirió de 60 a 80 minutos efectivos de trabajo y ninguno de los participantes del estudio realizó ningún trabajo adicional de entrenamiento de fuerza. Al completar los 4 años del estudio los resultados muestran incrementos en la frecuencia de brazada del 8%, y mejoras entre el 16 y 26% en la distancia de brazada. El costo metabólico de nado en velocidad moderada de 1,2 m/s mejoró un 30%, y en 1,6 m/s mejoró un 56%. El VO₂max mejoró anualmente un 20%, 9%, 8%, y 5% cada año respectivamente. Eso representó un 48% de aumento total para los cuatro años. El sostenimiento de la velocidad aeróbica mejoró un 31% y la velocidad máxima aumentó un 27%. El pico de lactato aumentó un 27% el primer año pero no cambió en los tres años siguientes. Las marcas en 100 yardas mejoraron un 2%, 4%, 2% y 2% (10% total) en cuatro años. Las marcas de 200 yardas mejoraron 1.9%, 3.1%, 2%, y 1.3% (8.3% total) en cuatro años. Las mejorías en distancias mayores a las 200 yardas en estilo libre y de estilos fueron menos espectaculares; pero fueron un 4% mejores de promedio que las de los demás grupos universitarios confirmados por la NCAA.

Los autores concluyen que: *“El modelo convencional de entrenamiento de la natación viola los principios más conocidos de la preparación física y deben ser cuestionados por su fundamento en el sobre-entrenamiento; este programa de entrenamiento que se fundamentó en la mejoría de la frecuencia de brazada y aumento de la velocidad de nado complementado con un adecuado restablecimiento para evitar la fatiga crónica mejoró de manera significativa el rendimiento de nadadores altamente entrenados”* (Termin, and Pendergast, 2000).

Faude et al., (2008) confirman de algún modo las afirmaciones de Termin, y Pendergast, (2000) en relación a la comparación de altos volúmenes de trabajo HVT (High Volume Training) vs. alta intensidad (HIT) durante cuatro semanas, seguidas de una semana de idéntico restablecimiento previo a competición (taper). Las variables de este estudio

fueron test psicométricos (estados de ánimo, de rendimiento en 100 y 400m, así como de umbral anaeróbico en un test de nado incremental. La conclusión del estudio es que el entrenamiento de alto volumen HVT no ofrece ninguna ventaja sobre el entrenamiento HIT.

Otro estudio muy similar fue el de Sperlich et al., (2010). Un grupo de 26 nadadores con edades entre 9 a 12 años fueron divididos en dos grupos. Uno realizó un protocolo de alto volumen de entrenamiento HVT en sesiones de 90 minutos. También se contó con un segundo grupo HIT que realizaba sesiones intensivas que requerían de 60 minutos para su realización. A ambos grupos les fueron medidos parámetros fisiológicos (lactato, consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca), parámetros psicológicos (percepción de esfuerzo o RPE) y el rendimiento en pruebas de 100 y 200 metros. Después de cinco semanas se concluye que no existieron diferencias significativas entre los parámetros medidos a ambos grupos pero deja de manifiesto una vez más que el grupo HIT realizó menos trabajo que el grupo HVT y fue asimilado por los nadadores en menor tiempo (dos semanas). La conclusión de los autores es que el alto volumen de trabajo no es siempre la mejor estrategia de entrenamiento debido a que el entrenamiento HIT mostró similares resultados que el HVT economizando un volumen total del trabajo de HVT.

Laursen, (2010) considera que los atletas bien entrenados de las especialidades de alta demanda de potencia como remo, kayak, natación, así como atletismo y ciclismo de pista pueden mejorar un promedio de entre 2~4% si integran en sus programas de entrenamiento unas 6 a 8 sesiones de HIT distribuidas entre dos a cuatro semanas. Sin embargo afirma que el entrenamiento HVT crea adaptaciones importantes requeridas para la competición del alto nivel internacional. Finalmente considera que una buena distribución HIT, HVT podría ser 75% del trabajo HVT y entre 10 a 15% HIT.

Por otra parte Toubekis et al., (2011) estudiaron las diferencias de la recuperación activa y pasiva después de la realización de series de trabajo del régimen de HIT. Su estudio consistió en que diez nadadores altamente entrenados para la prueba de 100m libres (54.90 ± 1.96 seg.) realizaron tres tipos distintos de recuperación después de realizar un

entrenamiento consistente en 8 x 25m con descanso pasivo de 120 segundos entre repetición y a continuación realizaban 6 minutos de recuperación para realizar un máximo esfuerzo de 50 metros. Los descansos fueron de tres tipos, pasivo (PAS), activo al 40% de la velocidad individual de 100 metros (ACT40) y activo al 60% de la velocidad individual de 100 metros (ACT60). No se encontraron diferencias significativas entre el grupo PAS y el grupo ACT40 para el sprint final de 50 metros, pero a diferencia de esto el grupo ACT60 si registró reducciones del rendimiento de manera significativa ($p < 0,05$). Se concluye que el descanso pasivo y el descanso a velocidades menores e iguales al 40% del mejor tiempo para 100 metros es significativamente más útil para la realización continua de series de trabajo HIT.

Como síntesis de lo expuesto en torno al entrenamiento intermitente de alta intensidad (HIT) podemos concluir que:

- Este régimen de trabajo ha sido estudiado en distintas disciplinas, pero que aun son reducidos los estudios realizados en natación.
- Se conceptualiza como *“la realización de episodios repetidos de corta duración a una intensidad mayor a la del umbral anaeróbico (UAn), separados por breves períodos de baja intensidad o inactividad que permiten una recuperación parcial e incompleta”*.
- Los resultados de estudios que comparan el régimen de trabajo basado en el alto volumen (HVT) y el régimen de trabajo de alta intensidad (HIT) con reducido volumen no son concluyentes; algunos de estos estudios reportan diferencias significativas a favor del rendimiento producido por el HIT mientras otros estudios revelan que no existen diferencias significativas comparando HIT vs. HVT, pero si recomiendan el HIT por su economía de tiempo y trabajo.
- Se estima que la integración de 6 a 8 sesiones de HIT distribuidas entre dos a cuatro semanas de entrenamiento pueden provocar una mejora del rendimiento de un promedio de entre el 2~4% y que una probable optima distribución entre HVT y HIT estaría en un 75 HVT y un 10-15% HIT.
- El HIT se recomienda ampliamente para el entrenamiento de competidores de natación de distancias iguales o menores a los 200 metros y que también refleja

mejoras en distancias de competición mayores a los 200 metros, aunque con resultados más discretos.

- Los periodos de restablecimientos entre series de trabajo HIT son más recomendables realizarlos a velocidades menores al 40% de la mejor velocidad individual de 100 metros o bien de manera pasiva.

La tabla 2.6. muestra un resumen de los estudios relacionados con el HIT en natación.

Tabla 2.6. Estudios relacionados HIT en natación.

Autor (es) y año	Duración y Variables estudiadas	Características de la muestra	Resultados
Toussaint, y Vervoorn, 1990	10 semanas Fuerza, velocidad y potencia de nado. Tiempo en 50, 100 y 200m	22 nadadores relativamente entrenados	Mejoras significativas de fuerza 3.3% velocidad de 3.4% potencia 7% 50m 2,2% 100m 3,3% 200m 1,8%
Kame, et al., 1990	Una temporada de entrenamiento. VO2max	17 nadadores universitarios	Mejoras en VO2max que no reflejó mejoras de rendimiento en natación.
Termin, y Pendergast, 2000	4 años Frecuencia (SF) y largo de brazada (SD) VO2max Lactato sanguíneo Velocidad moderada t100y. t 200y.	21 nadadores universitarios altamente entrenados	↑Stf 8%. ↑26%SDvmod. ↑16%SDvcomp. ↑VO2max 48%. ↑P.Lactato 27%. ↓t100y. 10%. ↓t200y. 8,3%
Faude, et al., 2008	5 semanas HIT vs HVT Psicométricos (anímicos). t100m. t400m. Umbral anaeróbico	10 nadadores	Mejoras de rendimiento pero sin diferencias entre grupos

Sperlich, et al., 2010	5 semanas HIT vs HVT Lactato VO2max Frecuencia cardiaca RPE. t100m. t2000m.	26 nadadores competitivos edades 9-12 años	Sin diferencias entre grupos, pero HIT asimiló antes el entrenamiento
---------------------------	--	--	--

2.10. EL ENTRENAMIENTO ULTRA-CORTO Y LA NATACIÓN.

Como ha señalado con anterioridad en el entrenamiento HIT, este método de entrenamiento tiene una versión aun más reducida en cuanto al tiempo de esfuerzo máximo de cada una de las series y que en la bibliografía consultada es más referido como entrenamiento Ultra-corto (Ultra-Short Training, UST). Para Billat (2007) el Neozelandés Arthur Lidlar fue el precursor de este sistema de entrenamiento que ha sido estudiado por diversos autores (Christensen, et al 1960; Christensen, 1962; Rushall, 1999; Billat, 2001, 2007; Billat, et al 2001; Yamamoto et al 2004; Trapp, et al 2004) y se basa en el principio de que *“los intervalos suficientemente intensos pero que eviten la acumulación de ácido láctico son más convenientes para el desarrollo de la resistencia aeróbica específica demandada por las pruebas y competiciones de velocidad comprendidas entre los 3 minutos de duración y menos”*. Rushall, (1999) asegura que este tipo de trabajo alternado por breves periodos de descanso en relación trabajo/intensidad 1:1 permite completar un considerable volumen de trabajo en la calidad e intensidad demandada en la competición. Un ejemplo es que nadadores de la especialidad de 200 metros pueden realizar este tipo de trabajo por lo menos durante 30 minutos, sin embargo cuando es solicitado a los mismos nadadores realizar la misma intensidad por un espacio de tiempo mayor al minuto la calidad del trabajo se deteriora notablemente.

El UST evita la acumulación de acidez que provoca el dolor muscular y con ello que sean requeridos tiempos considerables de recuperación de la fatiga producida por una alta concentración de ácido láctico. Un ejemplo de este tipo de entrenamiento adaptado para nadadores especialistas de la distancia de 100m podría ser el expuesto en la tabla 2.7:

Repeticiones	Distancia	Estilo de brazada	Intensidad	Recuperación	Actividad durante la Recuperación
20 x	20 metros	Mariposa	Ritmo de competición para 100 m.	resto de los 20 segundos	flotación
20 x	20 metros	Espalda	Ritmo de competición para 100 m.	resto de los 20 segundos	flotación

Tabla 2.7. Ejemplo de UST. Adaptado de Rushal, (1999).

Rushall y Thompson, (1974) aseguran que este tipo de entrenamiento puede ser realizado diariamente sin temor a provocar sobre-entrenamiento en los nadadores y pone el ejemplo de un estudio de caso de una niña que realizó diariamente 2 tandas de 40 repeticiones en el estilo de mariposa de 12.5 m. en 6.5 s. cada repetición y con una recuperación de solo 7 segundos durante 5 días sin ninguna muestra de fatiga excedente. Concluyen asegurando que este es el régimen de trabajo más recomendable para el ritmo específico de competición y para crear adaptaciones neuromusculares requeridas para la distancia de competición de 50 y 100 m.

Billat, (2001) considera que este tipo de entrenamiento bien podría ser llamado *entrenamiento de repeticiones de velocidad máxima* o *entrenamiento de la velocidad supra-máxima*. Asegura la misma autora que es la duración del período de descanso lo que determina los sistemas de energía empleada y por consiguiente las diferentes adaptaciones requeridas según las especialidades y diferentes competiciones. Un ejemplo de la anterior afirmación podría observarse en un mismo trabajo de alta intensidad que requiera de 10 segundos de trabajo de alta intensidad y que con un descanso similar (relación trabajo/recuperación, 1:1) provocaría adaptaciones en el sistema aeróbico y un descanso extenso de más de 30 segundos (trabajo/descanso; 1:3 ó 1:4), permitiría la resíntesis parcial de los depósitos de fosfágenos y con ellos las adaptaciones serían anaeróbicas alácticas. Además asegura Billat, (2001) que este tipo de trabajo permite realizar un alto número de repeticiones sin aumentar la concentración de lactato por encima de 2~5 mM/l. Concluye su texto con 10 consideraciones y recomendaciones para este tipo de entrenamiento:

1. En general es más recomendable entrenar ritmos específicos de competición pero esto es una decisión individual y no debe ser interpretada como una regla general.
2. El HIT y UST es más recomendado para atletas con cierta experiencia de entrenamiento.
3. Largos periodos de entrenamiento repetitivo reducen su efectividad como estímulo eficiente. Por lo tanto, el entrenamiento de intervalos representa la única vía de continuar las mejoras en el rendimiento. Para los eventos donde la función aeróbica predomina, la mejora se produce al aumentar tanto el VO₂max y la velocidad en el VO₂max (VVO₂max ↑ La economía de movimiento). El tiempo invertido en el VO₂max es considerablemente mejor en el trabajo de intervalos, sobre todo en el UST.
4. Los intervalos de recuperación sobre todo para el UST son recomendables realizarlos de manera pasiva.
5. Las respuestas físicas derivadas de este tipo de entrenamiento pueden diferir entre hombres y mujeres.
6. Los niños suelen tolerar menores tiempos de recuperación que los adultos.
7. La contribución de energía aeróbica en este tipo de trabajo es mayor en niños que en adultos.
8. Los niños tienen mismos tiempos de tolerancia en velocidad de VO₂max. que los adultos. Mejoras de velocidad en el pico de VO₂max no van acompañada de una mejora en el tiempo de tolerancia de VVO₂max.
9. Los cambios en funciones aeróbicas y anaeróbicas en niños son independientes de las maduraciones fisiológicas.
10. Al formular cualquier programa de trabajo UST es recomendable individualizar los programas.

Billat et al., (2001) analizaron tres grupos de corredores experimentados de mediana edad que realizaron tres distintos protocolos de UST con la siguiente descripción por grupo:

Grupo a: realizó 15 segundos de entrenamiento al 90% del VO₂max seguidos por 15 segundos al 80% del VO₂max.

Grupo b: 15 segundos al 100% VO₂max seguidos de 15 segundos al 70% VO₂max.

Grupo c: 15 segundos al 110% VO₂max seguidos de 15 segundos al 60% VO₂max.

Los resultados demostraron que los grupos que realizaron los protocolos a y b lograron realizar el doble de tiempo de trabajo (14 minutos) que el grupo c, que tan solo logro realizar este protocolo por 7 minutos. La conclusión de esta investigación fue que los estímulos de trabajo ultra-corto realizados a una intensidad menor o igual al 100% del VO_{2max} son más aconsejables que estímulos excedentes a este rango de trabajo.

Christensen, et al., (1960) afirman que el trabajo agotador no es necesariamente el más efectivo para el desarrollo del ritmo de competición. Después de estudiar dos corredores altamente entrenados en las competiciones de carrera de fondo y que realizaron dos distintos protocolos de entrenamiento en días distintos: un entrenamiento intermitente de alta intensidad y un entrenamiento continuo. Se demostró que en un régimen de entrenamiento intermitente menor a los 15 segundos con descansos continuos alcanzó un volumen total de más de 20 minutos de trabajo a una velocidad de 20km/h¹, mientras que el trabajo continuo no logró sobrepasar 1,3 kilómetros y se requirió de un amplio tiempo de recuperación. Finaliza esta investigación haciendo una serie de afirmaciones:

- Es posible realizar un alto volumen y a alta intensidad usando entrenamientos que incluyan trabajo y periodos de restablecimiento de 5 y de 10 segundos a relación trabajo/descanso de 1:1.
- Si el régimen de trabajo de alta intensidad es mayor a los 15 segundos la recuperación requerida crece de manera exponencial.
- El UST es la única vía efectiva de desarrollo aeróbico de alta intensidad.
- Las respuestas físicas a este tipo de entrenamiento son diversas e individualizadas, mientras a algunos competidores 10 segundos será un estímulo efectivo, a otros podría ser excedente.

Christensen, (1962) afirma que para la preparación de atletas que requieren alta intensidad, el entrenamiento ultra-corto es más eficaz que el entrenamiento de la tolerancia al lactato.

Esta afirmación se puede reforzar también con otro estudio que parece más vinculado al HIT pero que los investigadores lo definieron como entrenamiento corto y por eso es presentado en este apartado. Taylor et al., (2002) dividió a 12 jóvenes corredores

universitarios en dos grupos que realizaron un entrenamiento consistente en 4x800 m. y entrenamiento corto 8x400 siendo igualados los tiempos de trabajo y los tiempos de recuperación; el resultado de este estudio confirmó que los valores de lactato registrados por quienes realizaron el entrenamiento largo fueron significativamente mayores y consecuentemente exhaustivos que quienes realizaron el entrenamiento corto.

Yamamoto et al., (2004) realizaron una investigación con la finalidad de encontrar la óptima relación entre trabajo y descanso en el entrenamiento ultra-corto. Contaron con 10 estudiantes de educación física que realizaron 10 repeticiones máximas en distintos regímenes de trabajo/descanso a, b, c y d:

- a) 3 segundos de trabajo/57 s de descanso.
- b) 5 segundos de trabajo/55 s de descanso.
- c) 7 segundos de trabajo/53 s de descanso.
- d) 10 segundos de trabajo/50 s de descanso.

Las concentraciones de lactato en los diferentes regímenes fueron para; a) $4.3 \pm 0,1$ mM./l. b) 7.8 ± 1.1 mM./l. c) 9.9 ± 0.9 mM./l. y d) $11,2 \pm 1,3$ mM./l. Los autores concluyen que las relaciones de trabajo descanso de 3/57 y 5/55 fueron las óptimas.

Trapp, et al., (2004) dividió dos grupos de mujeres que realizaron UST y HIT en ciclo-ergómetro de la siguiente forma:

- a) 8 segundos de trabajo seguido de 12 segundos de recuperación.
- b) 24 segundos de trabajo seguidos de 36 segundos de recuperación.

Ambos grupos realizaron este trabajo ininterrumpidamente hasta completar 20 minutos de trabajo total. Se registraron valores de lactato cada 5 minutos así como ventilatorios de consumo de oxígeno y de frecuencia cardiaca. La conclusión de este estudio revela que los valores de lactato y frecuencia cardiaca no mostraron diferencias significativas pero no así en valores de consumo de oxígeno donde el protocolo UST implicó una mayor absorción de oxígeno que el HIT.

Como resultado de los artículos científicos citados podemos resumir que:

- El UST ha sido estudiado y firmemente recomendado por distintos autores (Christensen, et al 1960; Christensen, 1962; Rushall, 1999; Billat, 2001; Billat, et al 2001; Yamamoto et al 2004; Trapp, et al 2004).
- Se define como “*la realización de intervalos suficientemente intensos pero que eviten la acumulación de ácido láctico*” y que también se le podría llamar *entrenamiento de repeticiones de velocidad máxima o entrenamiento de la velocidad supra-máxima*.
- El tiempo efectivo de trabajo en régimen ultra-corto no debe exceder los 10 segundos y debe estar seguido de un tiempo de restablecimiento similar si las adaptaciones deseadas son del régimen aeróbico y si lo que se busca son adaptaciones del tipo anaeróbico lo más recomendable son descansos que permitan la recuperación de los depósitos de fosfágeno (tiempos mayores de un minuto).
- Empleando este régimen de trabajo se logran realizar considerables volúmenes de trabajo con un alto grado de eficacia de movimiento, y por consiguiente, a velocidades óptimas de preparación para el ritmo de competición sobre todo en pruebas de 100m o de inferior distancia para la natación.
- Es considerado por algunos expertos como el mejor método para desarrollar el ritmo de competición sin temor a provocar sobre-entrenamiento.
- A pesar de que es un método de entrenamiento bien recomendado por expertos, son reducidos los estudios que relacionen el UST y la natación, y no se han encontrado estudios con un tratamiento mayor a una semana de investigación.

2.11. EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO EN LA NATACIÓN.

La influencia del entrenamiento aeróbico y su relación con el rendimiento en la natación de competición es uno de los temas más estudiados en la natación (Scherrer, and Monod, 1960; Madsen, 1982; Olbrecht, et al., 1985; Costil, et al., 1985; McMaster, et al., 1989; Ryan, et al., 1990; Sharp, 1993; Richardson, et al., 1993; Wakayoshi, et al., 1993; Denadai, et al., 2000; Busquet, et al., 2002; Walsh, 2000; 2002; Dekerle, et al., 2005; Navalta, and Hrcir 2007; Pelayo, et al., 2007, 2008; Greenwood, et al., 2008; Neric, et al., 2006, 2009). La mayoría de estas investigaciones correlacionan el entrenamiento aeróbico con valoraciones de lactato, consumo de oxígeno y zonas de intensidad del entrenamiento así como la mejora de la velocidad de nado en distintas distancias.

Para Sharp, (1993) La resistencia aeróbica es definida como *“La capacidad de un nadador para llevar a cabo ejercicios de manera continua y prolongada y depende de factores biomecánicos, nutricionales así como fisiológicos y psicológicos”*. Para el mismo autor dos razones principales justifican el entrenamiento de la resistencia aeróbica en la natación:

- Contribuye a acelerar los mecanismos de recuperación de la fatiga.
- Mejora y extiende la capacidad del nadador de tolerar el lactato.

Al mismo tiempo considera que este entrenamiento es la manera más fácil y eficiente de mejorar la economía de nado. El nadador aprendería a nadar a mayor velocidad antes de alcanzar el umbral de lactato en lo que es conocido como velocidad crítica, y corresponde a la velocidad pico que un nadador puede mantener sin experimentar una progresiva acumulación de lactato en sangre. Es necesario tener en consideración que a bajas velocidades de nado la producción de lactato se ve compensada por la capacidad del organismo de re-sintetizar y evitar una considerable acumulación de lactato. Sin embargo, cuando la velocidad de desplazamiento del nadador aumenta, la producción de lactato también lo hace y de forma exponencial la acidez muscular. La literatura establece el umbral láctico en los 4mM/l (Ryan, et al., 1990; Wakayoshi, et al., 1993; Richardson, et al., 1993; Greenwood, et al., 2008; Neric, et al., 2006, 2009).

McMaster et al., (1989) probaron tres distintas velocidades de nado con la finalidad de encontrar la de mejor aplicación en el proceso de aclarado de lactato. Las velocidades de nado estudiadas fueron a al 55, 65 y al 75% de la velocidad máxima de nado. Durante el recobro activo de 15 minutos localizaron como la más aconsejable la velocidad correspondiente al 65% de la velocidad máxima de nado para facilitar el aclarado láctico.

En un estudio realizado con 15 nadadores varones bien entrenados, Richardson et al., (1993) estimaron que el punto de ruptura donde se inicia la acumulación de lactato en sangre denominado OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) se encuentra en el 51% de la máxima resistencia que los nadadores son capaces de vencer en natación resistida y que corresponde a su vez al 70% de la frecuencia cardiaca máxima. Del mismo modo comprobaron que la velocidad óptima para el aclarado de lactato es el nado continuo en este mismo punto OBLA que es donde los nadadores recuperaran y aclaran más rápidamente el lactato en un tiempo menor a los 15 minutos.

Aunque es importante el entrenamiento de la resistencia aeróbica en la natación con la finalidad de mejorar la tolerancia y aclarado de lactato, Ryan et al., (1990) comprobaron en 14 nadadoras estadounidenses de nivel nacional especialistas en la pruebas de resistencia que las adaptaciones y mejoras de velocidad de nado correspondientes a 4mM/l. se dan alrededor de las primeras 4 semanas de entrenamiento, y que correspondió a un primer incremento de 35,000 yardas por semana aumentadas en dos semanas a 54,000 yardas por semana en el inicio de la pretemporada de preparación en el mes de septiembre, y representó un aumento significativo ($p < 0.05$) en la velocidad critica de nado de 1,32 yds/s a 1,52 yds/s. Los posteriores incrementos en los volúmenes de trabajo hasta alcanzar las 72,000 yardas en la semana 16, no produjeron mejoras significativas en la velocidad critica de nado correspondiente a las 4mM/l. con lo que concluyeron que los cambios más importantes inducidos por el entrenamiento aeróbico se registraron en las primeras 4 semanas de iniciados los incrementos de volumen. El estudio tuvo una duración de 18 semanas, en las 16 primeras se realizaron incrementos continuos del volumen de la carga y las 2 últimas fueron de taper previo a competición.

Wakayoshi et al., (1993) analizaron los valores de velocidad de nado, longitud y frecuencia de brazada y las concentraciones de lactato a la mejor velocidad de la prueba de 400 metros de 8 nadadores universitarios bien entrenados. Tras seis meses de entrenamiento aeróbico, se registraron reducciones significativas en las concentraciones de lactato a la misma velocidad de nado y mejoras significativas ($p < 0,05$) en la longitud de brazada, no hubo diferencias significativas en la frecuencia de brazada. Los autores concluyen que las mejoras en la velocidad de nado producidas por el entrenamiento aeróbico se ven reflejadas en la longitud de brazada.

Denadai et al., (2000) y Navalta y Hrcir, (2007) coinciden en que la actividad física moderada en deportes como natación, ciclismo y carrera contribuye al aclarado del lactato en un promedio de 2mM/l. por cada 5 minutos de recuperación activa. En el mismo orden Greenwood et al., (2008) y Neric et al., (2006, 2009) demostraron en distintos estudios que la recuperación activa es significativamente más útil para el aclarado de lactato que la recuperación pasiva y que otros métodos de recuperación inducida.

Otros estudios aportan información de la contribución del sistema energético aeróbico y su implicación en el entrenamiento de las distintas distancias de competición, primordialmente en aquellas distancias denominadas de zona mixta y de resistencia como son las de 400m y más (Costill et al., 1985).

Los programas destinados a la mejora de la potencia aeróbica en la natación están dirigidos específicamente a mejorar el VO_{2max} . y la capacidad de aprovechamiento de este alto consumo de oxígeno durante periodos prolongados de esfuerzo, o lo que es lo mismo, entrenamiento específico de resistencia en la natación (Busquet, et al., 2002).

Tradicionalmente en la natación, los entrenadores que no cuentan con medios de valoración de lactato, emplean los registros de competición de la prueba de 400 metros como parámetro de estimación de la velocidad aeróbica máxima y para cuantificar las distintas intensidades de entrenamiento. Esto ha sido respaldado y recomendado por la

investigación científica (Costill et al., 1985; Wakayoshi, et al., 1993). Sin embargo Costill et al., (1985) consideran insuficiente la valoración del rendimiento en 400 metros para el diseño de las zonas de intensidad, advirtiendo que los nadadores con la misma marca en 400 metros podrían no tener el mismo rendimiento en la prueba de 1500 metros que es la segunda marca estándar mas empleada para el diseño de las intensidades de entrenamiento.

Otras pruebas que representan alternativas para la estimación de la resistencia aeróbica en la natación son las distancias de 2000 y 3000 metros así como las pruebas de nado continuo de 30 y 60 minutos (Madsen, 1982; Olbrecht, et al 1985), lo que sugiere que además de la estimación de las intensidades de entrenamiento basadas en la prueba de los 400 metros, es necesario también tener en consideración una distancia mucho más larga al momento de la elaboración de los planes de entrenamiento aeróbico y sus distintas clasificaciones y zonas de entrenamiento.

Un factor importante que los investigadores han tenido en consideración al momento de estudiar el entrenamiento aeróbico es la velocidad crítica de nado (CSS: Critical Swimming Speed), que es definida por los expertos como *la velocidad de nado, sostenida por un largo período de tiempo sin producir extenuación* (Scherrer y Monod, 1960; Walsh, 2000), lo que podría interpretarse como la velocidad que se podría mantener casi indefinidamente. Wakayoshi et al., (1993) lo justifican presentando los resultados de una investigación realizada con 9 nadadores universitarios entrenados con edades comprendidas entre 18-21 años y que fueron analizados durante la realización de 4 repeticiones de 400 metros en canal contracorriente.

Posteriores y recientes estudios difieren al respecto, Dekerle et al., (2005) investigaron la fatiga producida en 8 nadadores bien entrenados de 18 y 19 años que realizaron cuatro repeticiones de nado continuo de 30 minutos a distintas velocidades de la CSS. Se analizaron además valores de concentración de lactato donde el incremento de éste superó las 8-10 mM/l. y concluyen que la CSS no es la velocidad máxima que se

mantiene de manera casi indefinida, sino que lo que los autores denominan la velocidad máxima en lactato estable de 4mM/l. es un referente de mayor confiabilidad.

Pelayo et al., (2007, 2008) consideran que la mecánica de nado a velocidad constante, junto con los valores de VO_{2max} y el lactato sanguíneo durante 30 minutos de nado continuo se puede interpretar como el límite entre el trabajo pesado y el trabajo severo en CSS, por lo que para el caso de nadadores de especialidades menores a 1500m deberían considerar los resultados del mejor rendimiento tanto en 400m, como en el nado continuo de 30 minutos. Ésta puede ser una combinación útil y aconsejable en el diseño de los programas de entrenamiento aeróbico manteniendo especial atención a los parámetros de frecuencia y longitud de brazada durante el entrenamiento aeróbico con la finalidad de optimizar el entrenamiento.

En síntesis, la resistencia aeróbica es definida como *“La capacidad de un nadador para llevar a cabo ejercicios de manera continua y prolongada y depende factores biomecánicos, nutricionales, fisiológicos y psicológicos”*. Además se puede afirmar que:

- Contribuye a acelerar los mecanismos de recuperación de la fatiga.
- Mejora y extiende la capacidad del nadador de tolerar el lactato.
- El punto de ruptura donde se inicia la acumulación de lactato en sangre conocida como OBLA es también considerado óptima velocidad de nado para el aclarado de lactato.
- La recuperación activa en velocidades de nado próximas al 65% de la velocidad máxima de nado parecen adecuadas para este fin.
- La recuperación activa es significativamente más útil para el aclarado de lactato que la recuperación pasiva y que otros métodos de recuperación inducida.
- Para el diseño de las zonas e intensidades de entrenamiento aeróbico es aconsejable emplear los tiempos de rendimiento en 400 metros junto con los de una prueba de mayor distancia como la de 1500 metros y 30 minutos de nado continuo en la velocidad correspondiente a una concentración de 4mM/l de lactato estable.

Autor (es) y año	Duración y Variables estudiadas	Características de la muestra	Resultados
Ryan, et al., 1990	18 semanas Velocidad crítica (CSS) Lactato correspondiente a la 4mM/l	14 nadadoras especialistas en pruebas de resistencia	Mejoras significativas en CSS. En la producción de lactato de 4mM/l. sin diferencias significativas en posteriores evaluaciones
Wakayoshi, et al., 1993	6 meses t400c. largo y frecuencia de brazada. Lactato	8 nadadores universitarios bien entrenados	Mejoras significativas en t400c. SL y reducciones en concentración de Lactato

Tabla 2.8. Tabla-resumen de aquellos estudios del entrenamiento aeróbico de duración mayor a 1 semana de intervención.

2.12. EL TAPER O RESTABLECIMIENTO PREVIO A LA COMPETICIÓN EN LA NATACIÓN.

La recuperación y supercompensación previa a la competición principal en cada uno de es un tema que ha sido estudiado por diversos autores (Raglin, and Morgan, 1994; Rushall, 1994; Houmard y Johns,1994; Gibala et al., 1994; Kenitzer, 1998; Hooper et al., 1998; Rinehardt et al., 2000; Mujika, et al 2000; Mujika, and Padilla, 2003; Trinity, et al 2005; Santhiago et al 2006; Papoti, et al 2006; Simola, et al 2009; Mujika, 2010) y que además es bien conocido por entrenadores y nadadores por sus bondades de revitalización previa a las competiciones fundamentales de la temporada.

En la literatura podemos encontrar diversas formas de conceptualizar este periodo de trabajo: puesta a punto, estrechamiento, descenso, o bien *taper* que es como se denomina en esta tesis doctoral.

El concepto del Taper se refiere a “*la reducción progresiva no-lineal, de la carga de entrenamiento durante un periodo variable de tiempo, en un intento de reducir el estrés fisiológico y psicológico del entrenamiento diario y con el fin de optimizar el rendimiento deportivo*” (Mujika, and Padilla; 2003).

Aunque los efectos beneficiosos del taper son bien conocidos en la natación de competición, también es cierto que no son pocos los entrenadores y nadadores que temen perder los efectos del entrenamiento durante este periodo, creando por un lado, que los descansos se realicen de manera desordenada y por otro que no se obtengan los resultados esperados en esta última etapa o fase de preparación. Houmard y Johns, (1994) sugieren que una puesta a punto exitosa requiere de una reducción paulatina del volumen e intensidad del entrenamiento entre un 60-90% durante 7-21 días. Los mismos autores estiman que la frecuencia de entrenamiento no debe reducirse más de un 50% por semana ya que una reducción mayor parece estar asociada con disminuciones del rendimiento, se propone por tanto, una reducción del volumen más conservadora, aproximadamente de un 20%. Las mejoras del rendimiento suelen sucederse sin cambios en el VO₂max lo que puede interpretarse como mejoras en las adaptaciones musculares más que por el aporte de oxígeno. Estas mejoras en la potencia muscular es probablemente el primer factor

responsable de mejoras en la natación de competición. Una mejora promedio de un 3% es lo que se observa más comúnmente (Mujika, 2010).

Hopper et al., (1998) compararon tres distintas organizaciones del taper. El estudio consistió en cuatro semanas de entrenamiento intenso y dos semanas de puesta a punto en el que participaron 27 nadadores bien entrenados que fueron divididos en tres grupos para realizar distintos protocolos de reducción del trabajo consistentes en:

- a) reducción de la frecuencia de entrenamiento.
- b) reducción del volumen de entrenamiento.
- c) reducción de volumen e intensidad del entrenamiento.

Se valoró el rendimiento en 100 y 400 metros, así como la fuerza y la potencia específica de nado atado, y autoevaluaciones psicológicas de bienestar y estado de ánimo. Aunque se registraron mejoras en las valoraciones subjetivas de estado de ánimo, las diferencias de rendimiento entre grupos no fueron significativas y los autores concluyeron que es beneficioso para el rendimiento de la natación la reducción de trabajo, pero no hay diferencias entre la reducción de días de entrenamiento, reducción del volumen, o reducción del volumen y la intensidad del entrenamiento.

Kenitzer, (1998) estudió los resultados del taper con la participación de 15 nadadoras (5 velocistas, 5 nadadoras de distancias de medio fondo y 5 fondistas) durante cuatro semanas en las que paulatinamente se redujo un 25% los volúmenes totales de entrenamiento para cada especialidad. Se aplicó un test incremental de 4x100m registrándose las marcas realizadas, así como los valores de lactato sanguíneo. Al término de las cuatro semanas del estudio se concluye que los mejores registros se dieron a las dos semanas de inicio de la fase de taper y tras ello se evidenció un empeoramiento en el rendimiento.

Rinehardt et al., (2000) coinciden parcialmente con estas observaciones en su estudio realizado con 13 nadadoras universitarias. Durante nueve semanas de entrenamiento realizaron un trabajo tendientemente aeróbico, en la fase de taper se redujo el trabajo aeróbico un 29,2% pero se incrementó la intensidad o trabajo de velocidad un 4,7%. Los autores concluyen después de estudiar los registros de VO₂max pico y creatinina, dos

semanas de reducción del entrenamiento aeróbico no disminuye las adaptaciones adquiridas durante el programa previo.

Trinity et al., (2005, 2006) difieren parcialmente de los resultados de Rinehardt et al., (2000). En el primer estudio de 2005, se involucraron 22 mujeres y 24 varones nadadores universitarios que realizaron un taper de 21 días. Se concluyó que los mejores resultados se pueden registrar entre los 7 y 10 días de iniciarse la reducción del volumen. Trinity, et al., (2006) presenta resultados similares de investigaciones realizadas con 24 nadadores varones universitarios (13 de ellos de nivel estatal y 11 de elite nacional). Después 21 días de taper mostraron mejoras de rendimiento en un 4.4% para el grupo estatal y un 4.7% para el grupo elite nacional. Sin embargo, la potencia muscular de brazos medida en ciclo-ergómetro registró el mejor resultado en la 1ª semana de descarga con un aumento de 50%, el segundo mejor registro se dió a la 3ª semana con un 45%, y el registro más pobre se observó a la 2ª semana con solo un 5% de mejora en relación al pretest realizado en la fase previa al descenso del volumen de trabajo. Se concluye que el taper previo a la competición es aconsejable realizarlo entre 7 y 10 días antes de iniciarse la reducción del volumen.

Papoti et al., (2006) estudiaron los efectos de 10 días de descarga en un grupo de 14 nadadores (10 hombres y 4 mujeres) con un rango de edad comprendido entre 15 y 18 años que realizaron un entrenamiento de diez semanas. El volumen de entrenamiento era de 5.000 m. diarios 6 veces por semana. El taper consistió en una reducción no lineal de hasta 65% del volumen de trabajo pero manteniendo las intensidades del entrenamiento logradas durante las diez semanas del programa de acondicionamiento previo al taper. Antes de las mediciones todos los participantes se rasuraron la piel y se evaluó fuerza y potencia específica de nado atado 30 segundos, así como el mejor rendimiento en las distancias de 100, 200, 300, 400 y 600 m. crol, correlacionando umbral anaeróbico y lactato sanguíneo, donde se asumió un concentración de lactato de 3,5mM/l. para la velocidad crítica (CSS). Los resultados muestran como el taper de 10 días reflejó mejoras en los tiempos del t100c (1.4% de mejora), del t200c (1.6% de mejora) y del t600c (1.4% de mejora) y los tiempo de 300 y 400 metros. Los valores de nado resistido no variaron con la reducción del volumen. Las correlaciones de la velocidad crítica y el rendimiento anaeróbico antes del estudio eran de $r=0,93$; y después de $r=0,99$. Los

autores concluyen que diez días de taper experimental mejora el rendimiento de pruebas aeróbico-anaeróbicas de natación así como el rendimiento aeróbico.

Thomas et al., (2008) consideran que sobrecargar a los deportistas antes del periodo de taper podría contribuir a optimizar el rendimiento, pero requeriría un afinamiento más largo para disipar por completo la fatiga y obtener adaptaciones adicionales, con lo que se concluye que los resultados del *taper* están principalmente condicionados por el trabajo previo a la reducción de la carga.

Simola et al., (2009) investigaron las correlaciones existentes entre el volumen de entrenamiento, percepción de estrés-recuperación y actividad plasmática de creatinquinasa con nadadores altamente entrenados que realizaron un taper de dos semanas en las que se redujo 50% el volumen de trabajo de 50,000 a 25,000m/semanales. Se observaron significativas ($p < 0,05$) reducciones en creatinquinasa, al mismo tiempo de aumentos significativos ($p < 0,05$) en las escalas de recuperación física y estado de forma deportiva. Sin embargo no se encontró correlación significativa entre las puntuaciones de estrés-recuperación y creatinquinasa. Se concluye que la reducción del volumen de entrenamiento después de periodos de carga de entrenamiento muy alto puede causar mejoras en los perfiles psicológicos y fisiológicos, pero estas características pueden no ser necesariamente correlacionadas.

Por otra parte en una de sus más recientes publicaciones, Mujika, (2010) recomienda realizar trabajos de alta intensidad previo al taper tanto con sujetos moderadamente entrenados, como con altamente entrenados las reducciones de volumen no deberían ir acompañadas de reducción en la intensidad de trabajo.

En síntesis se puede concluir que:

- El taper se define como *“la reducción progresiva no-lineal, de la carga de entrenamiento durante un periodo variable de tiempo, en un intento de reducir el estrés fisiológico y psicológico del entrenamiento diario y con el fin de optimizar el rendimiento deportivo”*

- Una puesta a punto exitosa sugiere la reducción paulatina del volumen de entrenamiento entre un 60-90%, entre 7-21 días previos a la competición principal, pero que una reducción inmediata mayor al 50% del volumen de trabajo tendría como consecuencia reducciones en el rendimiento.
- No hay diferencias significativas entre la reducción de días de entrenamiento, reducción del volumen o reducción del volumen y la intensidad del entrenamiento.
- Las mejoras del rendimiento suelen sucederse sin cambios en el VO₂max lo que puede interpretarse como mejoras en las adaptaciones musculares más que por la absorción de oxígeno. Las mejoras en la potencia muscular son probablemente el primer factor responsable de mejoras en el rendimiento de la natación de competición.
- Una mejora promedio de un 3% en rendimiento es lo que se observa en competición posteriormente a la fase de taper.
- Los resultados del taper están altamente condicionados por el trabajo previo, por ello si en el programa se incluyó una sobrecarga previa al taper, los mejores resultados podrían tardar entre 21 y 28 días.
- Aunque es recomendable la reducción del volumen, no así la de la intensidad de trabajo.

La tabla 2.9. Muestra un resumen de los estudios de taper en la natación.

Autor (es) año / Características de la muestra	Duración y Variables estudiadas	Protocolos de taper	Resultados
Hopper, et al., 1998. /27 nadadores bien entrenados	6 semanas. t100c. t400c. Fuerza y potencia específica de nado atado.	a) n de días de entrenamiento b) n de volumen c) n de volumen e intensidad	Reducción Mejoras no significativas en t100c y t400c. Valoración subjetiva del estado de

	Valoración subjetiva de estado de ánimo.			ánimo. Sin diferencias significativas entre grupos
Kenitzer, 1998. /10 nadadoras especialistas de fondo y medio-fondo	4 semanas. Test incremental 4x100m con análisis de lactato	Reducción del 25% del volumen de entrenamiento cada semana.		Mejores registros a la 2ª. Semana de taper, posteriores semanas registraron síntomas de desentrenamiento.
Rinehardt, et al., 2000. / 13 nadadoras universitarias	2 semanas. VO2max. Creatininas a.	Reducción del volumen con aumento de la intensidad.		Sin reducciones en las adaptaciones aeróbicas.
Trinity, et al., 2005. /46 nadadores universitarios	3 semanas. Potencia máxima. Rendimiento de nado.	Reducción del volumen		Los mejores resultados entre los 7 y 10 días de iniciarse el taper.
Trinity, et al., 2006. /24 nadadores universitarios de elite	3 semanas. Potencia máxima. Rendimiento de nado.	Reducción del volumen.	Grupo	Mejoras de rendimiento de nado 4,4%
		a) conferencia	Grupo	conferencia y 4,7%
		b) elite Campeones		

			Campeones los mejores resultados se registraron entre los 7 y 10 días de iniciarse el taper.
Papoti, et al., 2006. / 14 nadadores	12 semanas. Fuerza y potencia especifica de nado atado en los 4 estilos. t100c, t200c, t300c, t400c, t600c. Lactato establecido para velocidad critica (SSV) 3,5mM/l.	10 días de reducción no lineal del 65% manteniendo las intensidades previas al taper	Mejoras significativas de rendimiento anaeróbico y para t100c 1.4%, de t200c en 1.6% y de t600c de 1.4% sin cambios en evaluaciones de nado atado
Thomas, et al., 2008. / 8 nadadores de elite	7 semanas. Simulador de nado computarizado	Previo al taper se formaron dos grupos 1) Carga regular 2) carga aumentada 20%.	Grupo 2 significativamente mejor que grupo 1, pero requirió de más tiempo de recuperación.

Tabla 2.9. Tabla- resumen de estudios de taper en la natación.

2.13. RENDIMIENTO DE LA NATACIÓN Y COMPOSICIÓN CORPORAL.

Diversos autores han estudiado y destacan la correlación existente entre el rendimiento de distintos deportes, entre ellos la natación, y los parámetros de composición corporal. MacDougall et al., (1979) consideran que la fuerza muscular y la resistencia están poco correlacionadas y que los aumentos de masa muscular regularmente pueden ser perjudiciales para el rendimiento en pruebas de resistencia. Siders et al., (1993) y Dore et al., (1998) coinciden en considerar que las diferencias de composición corporal es una variable que influye en las diferencias de rendimiento entre géneros y niveles de maduración cronológica. Ullrich et al., (1993) consideran que el ejercicio de alta intensidad vendrá acompañado de transformaciones a nivel de composición corporal sin registrarse necesariamente reducciones en el peso. Avlonitou et al., (1997) consideran que la natación no es un deporte en el que se registren reducciones significativas de grasa corporal y que como consecuencia de su entrenamiento, el diámetro de las piernas mantendrá una acumulación de grasa, mientras que la grasa se reducirá en la parte superior del cuerpo, sin embargo consideran que esto no es necesariamente perjudicial debido a que facilitara la flotación de extremidades inferiores.

Flynn et al., (1990) analizó el sustrato energético medido en sangre tras 45 min. de carrera continua y natación al 75% del VO₂ max. en 8 nadadores, 8 corredores y 8 triatletas. La medición también se realizó durante las dos horas siguientes a la realización del ejercicio. Se encontró que durante las dos actividades realizadas al mismo nivel de intensidad el sustrato energético requerido fue diferente de forma significativa ($p < 0,05$). Los nadadores utilizaron más glucosa para obtener energía que los corredores. Los nadadores también registraron niveles significativamente más altos de lactato post ejercicio. Sin embargo, durante la recuperación no se encontraron diferencias en triglicéridos entre corredores y nadadores. Estos resultados no apoyan la hipótesis de que la natación “per se” provoca una mayor acumulación de grasa.

Sideravičiūtė et al., (2006) realizaron un estudio que incluyó a 47 mujeres (19 habían padecido diabetes y 28 saludables) entre 14 y 19 años. Durante 14 semanas realizaron un

programa de natación (2 sesiones semanales de 45 minutos de nado moderado) controlando frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento. Se evaluó la capacidad aeróbica, el índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal, colesterol de alta densidad y triglicéridos. Al finalizar el estudio se registraron mejoras significativas ($p < 0,05$) de resistencia aeróbica y reducciones significativas ($p < 0,05$) de grasa corporal en ambos grupos, sin embargo el colesterol de alta densidad solo se redujo significativamente ($p < 0,05$) en el grupo sano. Queda evidenciado de esta forma que un programa de 14 semanas de entrenamiento aeróbico moderado es útil para la mejora de la resistencia general y para la reducción de grasa corporal.

Marra et al., (2005) realizó un estudio con 16 hombres sanos militares de profesión de entre 18 y 33 años, que fueron divididos en dos grupos (moderada y alta intensidad). Durante 14 semanas realizaron un programa de alta o moderada intensidad aeróbica tres veces por semana, corriendo una distancia fija de 3 a 4 kilómetros por sesión. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el grupo de alta intensidad con una reducción de grasa corporal del 4,9% y el grupo de moderada intensidad solo registró una reducción no significativa del 1,4%.

Martin, (1997) estima que en sujetos jóvenes sanos el entrenamiento de resistencia aeróbico de intensidad moderada prolongada reduce la concentración de triglicéridos de la musculatura activa. Lo que explica el metabolismo y reducción de grasas observado en sujetos entrenados durante el ejercicio que involucra una gran masa muscular como por ejemplo la natación.

Sin embargo aún son reducidos los estudios que relacionen periodización de la natación y valoraciones de composición corporal. En torno a la periodización inversa, los tres textos que han desarrollado procedimientos experimentales incluyen variables de composición corporal en su investigaciones (Rhea et al., 2003; Ebben et al., 2004; Prestes et al., 2009).

Rhea et al., (2003) realizaron el estudio que llevo por finalidad principal la comparación de tres distintas periodizaciones, periodización tradicional (PT) periodización ondulatoria (PO) y periodización inversa (PI) la investigación se centro primordialmente los cambios de la resistencia muscular y como objetivo secundario los resultados fueron acompañados por mediciones de la circunferencia de la pierna a la altura más prominente del cuádriceps. Los resultados muestran mejoras no significativas en rendimiento muscular (55,9% PT, 54,5% PO y 72,8%PI) en todos los grupos. De igual modo, se redujo, aunque no se manera significativa el grosor de circunferencia de piernas.

En el estudio realizado por Ebben, et al., 2004 que también se ha citado con anterioridad, mostró mejoras significativas ($p < 0,05$) en el rendimiento sin modificaciones significativas en el índice de masa muscular.

Prestes et al., (2009) difieren parcialmente de Rhea, et al., (2003) y Ebben, et al., (2004). En su investigación que como objetivo principal analizó las variaciones de fuerza máxima y de composición corporal con 20 mujeres practicantes de musculación (Fitness) después de 12 semanas, concluye que la periodización tradicional es más efectiva para las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular que la periodización inversa.

Los estudios en relación a composición corporal anteriormente citados se muestran esquemáticamente en la tabla 2.10.

Autor (es) año / Características de la muestra	Duración y Variables estudiadas	Protocolo	Resultados
Rhea, et al., 2003. /30 mujeres y 30 hombres practicantes de musculación	15 semanas. RM. De extensión de piernas. Circunferencias de piernas.	Tres grupos. a) periodización tradicional (PT). b) periodización ondulatoria (PO).	Mejoras no significativas en resistencia muscular y Reducción de circunferencia de piernas.

(fitness).		c) periodización inversa (PI).	
Ebben, et al., 2004. /26 mujeres universitarias del deporte de remo.	8 semanas. VO2max Pico de potencia Promedio de potencia por remada. Total de remadas. Frecuencia de remada. Índice de masa corporal (IMC).	Dos grupos que a su vez se dividían en dos subgrupos. a) novatas PT b) novatas PI c)avanzadas PT d)avanzadas PI	PT aparentemente mejor para grupos avanzados. PI aparentemente mejor para grupos noveles. Sin cambios significativos en IMC.
Prestes, et al., 2009. /20 mujeres practicantes de musculación (fitness).	12 semanas. Masa grasa (MG). Masa libre de grasa (MLG). Fuerza máxima en: press de pectoral, tirón de espalda, tracciones de bíceps, y extensión de piernas.	Dos grupos que realizaban programa de 8 ejercicios para tren superior y 9 para extremidades inferiores. a) periodización tradicional PT. b) periodización Inversa PI.	Mejoras significativas en fuerza máxima para ambos grupos. Reducción significativa 17,7% en MG e incremento de 7,18% MLG para PT. Sin diferencias significativas para PI

Tabla 2.10. Tabla resumen de estudios de composición corporal.

2.14. MONITORIZACION DEL VOLUMEN Y LA INTENSIDAD DEL ENTRENAMIENTO.

Es muy reducido el número de textos científicos que aborden el tema de la cuantificación del entrenamiento en natación (Mujika, et al 1995; Wallace, et al 2009; Fulton, et al 2010). La cuantificación del volumen y la intensidad del entrenamiento lleva implícita la discusión de la valoración eficiente de estas variables (Billat, et al 2001; Navarro, et al 2010; Seiler, 2010). El volumen del entrenamiento puede ser medido y cuantificado en distancia (metros, kilómetros etc.) o en tiempo (horas de entrenamiento) y si se intenta cuantificar el entrenamiento de la fuerza este puede ser valorado y medido en kilos y con métodos de valoración preciso se pueden obtener la potencia (Harman, 1993; Newton, and Kraemer, 1994). Sin embargo, cuantificar la intensidad del entrenamiento resulta más complicado como explica Seiler, (2010), por tratarse de una variable que está sujeta a las respuestas fisiológicas que no son cuantificables si se carecen de herramientas adecuadas como medidores de lactato y pulsómetros.

Una de las valoraciones de la intensidad del entrenamiento más referidas y usadas tanto en entrenamiento como en investigación deportiva es la que se realiza teniendo como punto de referencia el umbral anaeróbico, que es definido por Wasserman y McIlroy, (1964) como *“la intensidad de ejercicio en la que comienza a incrementarse la concentración sanguínea de ácido láctico, y a disminuir la de bicarbonato”* y que posteriores autores han coincidido en establecerla próxima a los 4mM/l.

Frecuentemente se ha empleado en la cuantificación del entrenamiento de la resistencia el modelo de Banister et al., (1975) que es una tabla de división en cinco zonas de intensidad localizadas aproximadamente entre el 50 y el 100% del VO_{2max} , su correspondencia con la frecuencia cardiaca, la producción de lactato y la típica duración de entrenamiento por cada una de estas cinco zonas (tabla 2.11).

Zona de intensidad	VO2 (%max)	Frecuencia cardiaca (%max)	Lactato (mMol.L/1)	Típica duración acumulada por zona
1	50-65	60-72	0.8-1.5	1-6 h.
2	66-80	72-82	1.5-2.5	1-3 h.
3	81-87	82-87	2.5-4	50-90 min.
4	88-93	88-92	4.0-6.0	30-60 min
5	94-100	93-100	6.0-10.0	15-30 min.

Tabla 2.11. Guía de zonas de entrenamiento del modelo Banister et al., (1975), adaptada por la Federación Olímpica Noruega. Adaptado de Seiler, 2010.

Taha y Thomas, (2003) realizan una crítica al modelo original de Banister et al., (1975) y sus posteriores adaptaciones en tres observaciones principales: en primer lugar la incapacidad de estos modelos para predecir con precisión el futuro rendimiento, en segundo lugar las diferencias entre la típica duración acumulada por zonas en el rendimiento y las observaciones experimentales; y en último lugar, el hecho que la mayor parte de estos modelos fueron pobremente corroborados por herramientas fisiológicas de medición del esfuerzo.

Aunque la utilidad de la monitorización del entrenamiento con una herramienta como el modelo de Banister et al., (1975) es de gran utilidad para el control del deportista mediante diarios de entrenamiento, su utilidad predictiva sobre las manifestaciones de rendimiento deportivo no ha sido aun cuantificada con precisión como lo considera Navarro, (2010). Además representaría para el entrenador o el club un alto costo en equipamiento como pulsómetros y reactivos de lactato para poder realizar un control eficaz.

Recientes investigaciones han empleado con éxito una adaptación del modelo de Banister et al (1975) que sintetiza la monitorización de estas zonas de entrenamiento en solo tres (Billat et al., 2001; Zapico et al., 2007; Desgorces y Noirez, 2008; Seiler, 2010; Rodríguez-Marroyo et al., 2011) y que tienen una estrecha correspondencia con las cinco anteriormente expuestas y se estiman considerando principalmente los umbrales

ventilatorios y su correspondencia a la concentración estable de ácido láctico en sangre durante el esfuerzo, estableciéndose la primera zona en la correspondencia a una concentración menor a las 2mM/l, o por debajo del esfuerzo en el primer umbral ventilatorio. La segunda zona corresponderá a una concentración estable entre 2~4mM/l o en el segundo umbral ventilatorio. Y la tercera zona corresponde a una intensificación del entrenamiento por encima de las 4mM/l. (Rodríguez-Marroyo, et al., 2011).

Billat et al., (2001) monitorizaron con esta herramienta el entrenamiento de maratonianos franceses y portugueses de elite durante 12 semanas usando este tipo de registro. Para ello clasificaron las distintas zonas de velocidad en zona 1 a la correspondiente a una velocidad menor a la requerida para cubrir la distancia de un maratón, la zona 2 correspondió a la velocidad cercana a la marca personal de 10,000 metros y la zona 3 a la velocidad de marca personal de los 3,000 metros.

Los trabajos de Seiler y Tønnessen, (2009) y Seiler, (2010) consideran que los atletas con experiencia identifican las tres zonas designadas de la siguiente forma: Zona 1 de baja intensidad (LIT. *Low Intensity Training*) que como se expresó anteriormente corresponde a un umbral respiratorio estable y confortable y una concentración de lactato por debajo de los 2 mM/l. La zona 2 corresponde a la zona entre umbrales ventilatorios (ThT. *Threshold Training*) y una concentración de lactato entre 2 y 4 mM/l. y la zona 3 de alta intensidad (HIT. *High Intensity Training*).

Seiler, (2010) después de analizar los informes de numerosos expertos en entrenamiento e investigación deportiva de distintas disciplinas concluye que el modelo de periodización clásica de Matveiev, sigue siendo el predominante en la preparación deportiva actual donde el promedio de trabajo en estudios tanto a largo como a corto plazo es de un 80% en la zona LIT y de un 20% dividido entre ThT y HIT.

2.15. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.

Como queda evidenciado en esta revisión bibliográfica; de las distintas variantes de la periodización del entrenamiento derivadas de las investigaciones de Matveiev, (1958) se destacan distintas adaptaciones para el entrenamiento de la natación (Maglischo, 1982; Costill, Maglischo y Richardson 1991) y otras adaptaciones contemporaneas que son expuestas por Navarro (2010), de estas distintas clasificaciones las que prioritariamente se han usado en el entrenamiento de la natación de rendimiento, además de la periodización tradicional son: el macrociclo integrado de Navarro, el ATR de Isurin, y Kaverin, y en menor medida el modelo BTS de Verkhoshansky. Según Dantas, et al (2010).

El modelo de periodización inversa ha sido escasamente estudiado en disciplinas deportivas de remo y acondicionamiento físico (Rhea, et al., 2003; Ebben, et al., 2004; Prestes, et al., 2009) y no existen estudios científicos que den evidencia de su eficacia como modelo de periodización del entrenamiento en la natación de competición. El planteamiento teórico de la periodización inversa está basado en iniciar y mantener prioritariamente las intensidades de desempeño por encima de los altos volúmenes de trabajo lo que significa iniciar el ciclo de entrenamiento alta-intensidad/bajo-volumen y posteriormente aumentar el volumen sin sacrificar las intensidades de trabajo; o bien incrementar el volumen y reducir la intensidad en dependencia de la especialidad deportiva (King, 2000).

En el proceso de formación y del entrenamiento de la natación de competición desde las etapas iniciales hasta la consagración del alto rendimiento; los entrenadores y nadadores invierten numerosas horas y kilómetros de entrenamiento que han sido seriamente cuestionados desde perspectivas tanto pedagógicas como metodológicas. Verkhoshansky, (2004).

Aunque la mayoría de las distancias competitivas en la natación no se consideran eventos exclusivos de la clasificación de resistencia, algunos nadadores de elite realizan enormes distancias y volúmenes de entrenamiento en muchos de los casos carentes de especificidad y transferencia positiva a las pruebas y marcas de competición (Costill, et al., 1988; Kirwan, et al., 1998; Rushall, 1999; Termin, and Pendergast, 2000; Verhosanski, 2004; Kamell, et al., 2006; Hannula and Thornton, 2007).

Verkhonsanski, (2004) al respecto estableció...*“Hoy la tendencia de aumentar la intensidad del entrenamiento para aumentar la eficacia del proceso de la preparación, especialmente para el atleta de alto rendimiento es lo más conveniente y debe ser utilizado con mucho cuidado según el requerimiento del atleta, el nivel de su preparación y el calendario de competiciones Hay muchos medios empleados que han comprobado su efectividad. La mejor manera de mejorar los resultados proviene del correcto uso del método y sistema”* (Verkhoshansky, 2004).

Tradicionalmente la periodización convencional del entrenamiento de la natación incluye 4 periodos que Costill, Maglischo, y Richardson (2001) dividen en:

1. Periodo de resistencia general.
2. Periodo de resistencia específica.
3. Periodo de competición.
4. Periodo de puesta a punto.

Estos periodos incluyen métodos de entrenamiento: continuos y fraccionados, de entre los cuales se destacan el entrenamiento aeróbico, intermitente de alta intensidad, ultra-corto, asistido y resistido. Todos estos métodos de entrenamiento han sido ampliamente estudiados y referidos en diversas publicaciones científicas y en la periodización tradicional podrían seguir el orden en que se han enumerado.

En el caso de la periodización inversa el orden podría ser estructurado de manera opuesta con la finalidad de desarrollar:

1. Potencia muscular (entrenamiento resistido, ER.)
2. Velocidad Máxima (UST).

3. Tolerancia láctica (HIT) y Aclarado láctico (ThT).
4. Puesta a punto.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

Con fundamento en lo anterior se planteó el presente trabajo de investigación que tiene por objetivo general:

Estudiar y comparar los resultados de rendimiento en natación, en la prueba de 100 metros crol; posteriores a 14 semanas de entrenamiento siguiendo dos distintas organizaciones del macrociclo de preparación: Periodización tradicional y periodización inversa.

Como objetivos específicos que este estudio se propone responder son:

1. Estudiar y comparar la eficacia de los dos programas de periodización tradicional e inversa, conforme a los resultados de las variables relacionadas con el rendimiento en la prueba de 100 metros crol: Velocidad de nado, frecuencia y distancia por brazada.
2. Estudiar y comparar los resultados de las variables relacionadas con la evaluación de natación resistida: CMA y potencia específica de nado generada con cargas externas (PENGCE) entre los dos programas de periodización.
3. Estudiar y comparar los resultados y variaciones de composición corporal: peso, masa músculo-esquelética y masa grasa que se sucedan durante y posteriores al desarrollo de los dos programas de periodización.
4. Analizar como la dirección del volumen e intensidad del entrenamiento afecta el rendimiento en la prueba de natación de 100m crol.

HIPÓTESIS DE ESTUDIO

La hipótesis de este estudio infiere que:

“Un programa de natación de 14 semanas para velocistas de la especialidad de 100 metros crol, basado en un modelo de Periodización inversa de bajo volumen/alta intensidad; es más efectivo para la mejora del rendimiento de velocidad, que un programa

de preparación basado en el modelo de periodización tradicional de alto volumen/moderada intensidad”.

3. METODOLOGÍA

En el presente apartado se detalla la descripción metodológica empleada para el desarrollo de esta investigación doctoral.

3.1. Sujetos.

Participaron de manera voluntaria en este estudio 25 nadadores de nivel nacional y regional de la comunidad de Castilla-la Mancha ($16,1 \pm 1,0$ años $172,8 \pm 9,3$ cm. $64,1 \pm 9,3$ kg) todos ellos con dictamen médico de saludable y con experiencia de práctica y competición en la natación de por lo menos 3 años y cuyas características descriptivas son presentadas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Datos descriptivos de la muestra.

<i>n=25</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>	<i>Dt.</i>
Edad (años)	14,4	18,0	16,1	1,0
Talla (cm.)	158,0	190,0	172,8	9,3
Peso (kg.)	49,2	85,1	64,1	9,3

n = número de participantes; Dt. Desviación típica.

Previo al inicio del estudio, los nadadores se incorporaron a sus respectivos clubes después de las vacaciones de verano; con la finalidad de evitar lesiones derivadas de la repentina incorporación al entrenamiento, los participantes realizaron durante estas dos semanas precedentes a la intervención, entrenamiento de tres veces por semana de nado libre de 1500 metros por sesión y que tenían la finalidad de proteger la integridad de los participantes al promover la adaptación tendinosa y articular y evitar riesgos de lesiones que pudieran comprometer la realización de la investigación.

El primer criterio de inclusión fue la voluntaria participación de los sujetos en el estudio firmando el respectivo formato establecido por la comisión ética de la Universidad de Castilla-la Mancha; el siguiente paso fue el dictamen médico de saludables que les fue solicitado a través de sus respectivos entrenadores de club así como el pleno compromiso de asistencia puntual a los entrenamientos. Los participantes seleccionados contaban con una experiencia en la práctica y competición de natación de al menos 3 años y un máximo de 5; el tiempo mínimo requerido para completar la prueba de 100m crol fue de 75s con la finalidad de formar grupos de medias homogéneas, no se estableció límite en la mejor marca que pudieran realizar los participantes. De 45 participantes que fueron convocados, la muestra definitiva se completó con 25 que completaron estos criterios de inclusión y con características antes citadas en la tabla 3.1. Los 25 participantes estuvieron divididos en dos grupos intactos, por tanto los sujetos no fueron asignados de forma aleatoria a ningún grupo. Este tipo de grupos son propios en el ámbito de las Ciencias del Deporte cuando se trabajan con grupos de atletas pertenecientes a clubes deportivos y están entrenando de cara a la competición.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se basa en el paradigma de investigación cuantitativa, con un diseño de tipo cuasi-experimental, con dos grupos que realizaron distintos tratamientos o programas de periodización del entrenamiento. Estos grupos ya estaban conformados por sus distintos clubs para entrenar y participar en las distintas competiciones organizadas por la Federación de Natación de Castilla-la Mancha representando a sus respectivos clubs. Los modelos de periodización aquí comparados son:

- Macro ciclo de periodización tradicional.
- Macro ciclo de periodización inversa.

Se realizaron cinco mediciones durante el tratamiento, que coincidieron con el calendario de competiciones de la Real Federación Española de Natación para el periodo invernal de septiembre a diciembre de 2010. Las mediciones consistieron en una medición pre-test (T1) previa al inicio de la intervención y cuatro mediciones post-test (T2, T3, T4, T5) que coincidían con el final de cada uno de los mesociclos designados en el programa, es decir, en las semanas 0, 4, 8, 12 y 14. El tratamiento consistió en cuatro mesociclos que se realizaron durante el transcurso de las 14 semanas que conformaron los dos distintos macrociclos expuestos en la siguiente tabla 3.2 según el tipo de periodización.

Grupos	Mesociclo 1	Mesociclo 2	Mesociclo 3	Mesociclo 4
Periodización Tradicional	PPG Aeróbico extensivo	PPE Aeróbico intensivo	PC Aeróbico-anaeróbico ANALA	Taper
Tests	T1	T2	T3	T4
Periodización Inversa	Potencia Máx.	Potencia Ae.	ANLA y entrenamiento aeróbico	Taper
Semanas	1 al 4	5 al 8	9 al 12	13 y 14

Tabla 3.2. Modelos de periodización. PPG =periodo preparatorio general; PPE = periodo preparatorio específico; PC = periodo competitivo.

Como se señaló en el capítulo anterior, los modelos de periodización inversa siguen un orden secuencial contrario al de la periodización tradicional en el cual al referirnos a la periodización inversa se inicia del entrenamiento de la potencia hacia la resistencia muscular, contrario a los modelos convencionales que inician del rendimiento aeróbico hacia la intensidad, el modelo que siguió esta investigación queda expuesto en la figura 3.1. Donde se pueden ver ambos programas de periodización.

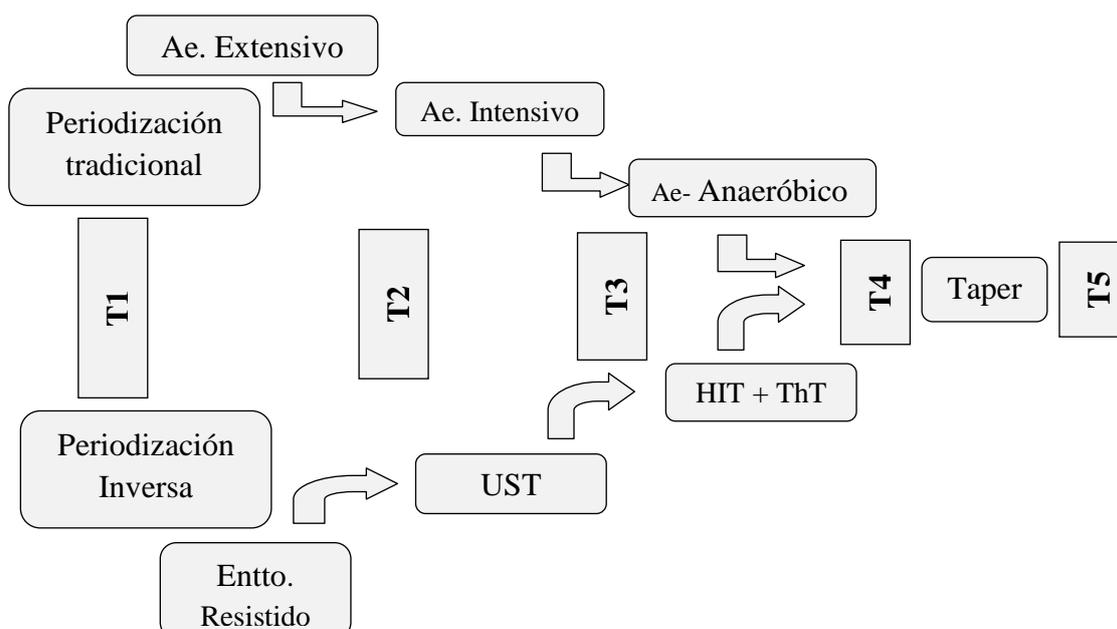


Figura 3.1. Diseño de la investigación.

3.3. VARIABLES DE ESTUDIO.

3.3.1. VARIABLES DEPENDIENTES.

Se evaluaron las siguientes variables correspondientes al rendimiento en la prueba de natación de 100 metros estilo de crol, composición corporal, así como fuerza y potencia específica de nado en piscina con el empleo de dispositivo de nado resistido denominado *aquaforce*:

1. CMA= Carga Máxima de Arrastre (Kg) Consiste en el registro máximo de carga que el nadador puede movilizar y completar en un esfuerzo máximo de 10 metros de nado resistido. Esta variable expresa de forma directa la capacidad de fuerza máxima dinámica del nadador.
2. PENGCE= Potencia Especifica de Nado Generada con Cargas Externas (w) Es el registro máximo de potencia que es capaz de generar el nadador en la realización del test de nado resistido.
3. t100c.= Tiempo en la prueba de 100 metros estilo de crol, en segundos con centésimas.
4. BR.= Brazadas realizadas para completar la prueba de t100c.
5. DB.= Distancia por brazada en t100c en metros.
6. VN.= Velocidad de nado promedio para t100c en metros/segundo.
7. PC. = Peso corporal en kg.
8. MME. = Masa musculo-esquelética en kg.
9. MG. = Masa grasa en kg.

3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.

La variable independiente está compuesta por los dos modelos de periodización del entrenamiento señalados en líneas anteriores y para cuantificar volumen e intensidad de entrenamiento de ambos modelos de periodización se utilizó la tabla de cuantificación propuesta por Seiler, (2006, 2010) conformada por tres zonas de esfuerzo denominadas: Zona 1 (LIT) en trabajo de baja intensidad realizado por debajo del primer umbral respiratorio y con concentración de acidez por debajo de 2mM/l. Zona 2 (ThT) de entrenamiento aeróbico, entre el primer umbral respiratorio y el umbral de compensación respiratoria o bien con lactato estable entre 2-4mM/l. y Zona 3 (HIT) de intensidad considerable por encima del umbral de compensación respiratoria y con lactato por encima de las 4mM/l. la organización de los dos modelos de periodización se describen a continuación por fases de desarrollo.

Periodización Tradicional.

El modelo de periodización tradicional que se empleó en esta investigación sigue la estructura propuesta por Costill, Maglischo y Richardson (2001) adaptadas para la natación del modelo tradicional de Matveyev, (1977) consistente de cuatro fases que se resumen:

- Fase I Periodo de Resistencia General 4 semanas
- Fase II Periodo de Resistencia Específica 4 semanas
- Fase III Periodo Competitivo 4 semanas
- Fase IV Periodo de puesta a punto (Taper) 2 semanas

Este grupo de periodización tradicional (GPT) realizó el programa que el entrenador oficial del grupo ya tenía destinada para este ciclo, aceptando la participación de su equipo de nadadores como grupo de control para participar en las evaluaciones destinadas, y reportando al realizador de esta tesis los volúmenes y regímenes de trabajo de manera anticipada y corroborando continuamente los mismos o informando de las

variaciones que en su momento consideró pertinente realizar al programa original durante la realización de este periodo de investigación. En la tabla 3.3 se describen las tareas típicas de entrenamiento. En ningún momento se tuvo influencia sobre el entrenamiento del grupo perteneciente al Club Natación Toledo.

Tabla 3.3 Tareas típicas de entrenamiento grupo de periodización tradicional.

Método de entrenamiento	Tarea de entrenamiento	Intensidad	Zona de entrenamiento
Baja intensidad (LIT)	6-8 x 400m	Baja	1
Aeróbico (Th.T)	8-12 x 200m	Media	2
Aeróbico intensivo	8-10 x 50m	Alta	3
HIT	8 x 25m	Máxima	3
Series rotas	4 x 25m	Alta	3

LIT = entrenamiento de baja intensidad <2mM/l.=zona1. Th.T= entrenamiento aeróbico 3-4mM/l.=zona2. HIT = entrenamiento de alta intensidad >4mM/l.=zona3.

La distribución de los volúmenes e intensidades de trabajo que realizó GPT son presentados en la tabla 3.4 donde además se puede ver los porcentajes de trabajo de cada una de las zonas de cuantificación del entrenamiento, kilometraje semanal y aplicaciones de las evaluaciones.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Km.t.
%Zona 1	70	72	66	64	61	61	61	62	61	67	67	70	69	75	
%Zona 2	29	26	31	31	33	35	3	35	34	26	25	23	23	21	
%Zona 3	1	2	3	5	6	4	5	4	5	7	8	7	8	4	
Km/sem.	20	29	31	27	35	30	25	29	27	27	29	23	15	14	361
T1				T2				T3				T4		T5	

Tabla 3.4. Cuantificación de la carga externa del grupo de periodización tradicional.

Km/sem. = kilómetros semanales; Km.t.= kilómetros totales de la temporada;

T1, T2, T3, T4, T5 = evaluaciones.

Periodización Inversa.

Como quedo establecido en la revisión bibliográfica, los métodos de entrenamiento en el macrociclo de periodización inversa siguen un orden de introducción contrario al macrociclo de periodización tradicional, coincidiendo con la periodización tradicional únicamente en el periodo de puesta a punto y para la realización de esta investigación la periodización inversa siguió el orden que a continuación se describe por fases:

- Fase I de desarrollo de la potencia específica de nado (Nado resistido) 4 semanas
- Fase II de desarrollo de la velocidad máxima de nado (UST) 4 semanas
- Fase III de desarrollo aeróbico y de la tolerancia láctica (HIT y ThT.) 4 semanas
- Fase III de Puesta a punto (Taper) 2 semanas.

En el caso del grupo de periodización inversa (GPI) se realizó la intervención de estudio sugerida por el investigador de esta tesis doctoral y de manera general se describen las tareas principales en la tabla 3.5.

Método de entrenamiento	Tarea de entrenamiento	Intensidad	Zona de entrenamiento
Resistido	6 x 10m PEN.	Máxima	1
Ultra-Corto	4 x (4 x 15m)	Máxima	1
Baja intensidad (LIT)	6-8 x 100m	Baja	2
Aeróbico (Th.T)	1-2 x (4x100m)	Media	3
HIT	1-2 x (8 x 25m)	Máxima	3
Series rotas	4 x 25m	Alta	3

Tabla 3.5 Tareas típicas de entrenamiento grupo de periodización inversa. PPEN = pico de potencia específica de nado. LIT = entrenamiento de baja intensidad <2mM/l.=zona1.

Th.T= entrenamiento aeróbico 3-4mM/l.=zona2. HIT = entrenamiento de alta intensidad >4mM/l.=zona3.

La distribución de los volúmenes e intensidades de trabajo que realizó GPI son presentados en la tabla 3.6 donde además se puede ver los porcentajes de trabajo de cada una de las zonas de cuantificación del entrenamiento, kilometraje semanal y aplicaciones de las distintas evaluaciones.

<i>Semanas</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>Km.t</i>
%Zona 1	83	83	83	83	40	40	40	40	55	55	55	55	55	55	
%Zona 2	17	17	17	17	60	60	60	60	19	19	19	19	19	19	
%Zona 3	-	-	-	-	-	-	-	-	26	26	26	26	26	26	
Km/sem.	4,7	4,7	4,7	4,7	6	6	6	6	7	7	7	7	3,5	3,5	77,8
T1					T2			T3				T4		T5	

Tabla 3.6 Cuantificación de la carga de entrenamiento del grupo de periodización Inversa. Km/sem. = kilómetros semanales; Km.t.= kilómetros totales de la temporada; T1, T2, T3, T4, T5 = evaluaciones.

3.4. RECURSOS.

Para la realización de esta investigación se contó con el material y colaboración de personal que a continuación se describen.

3.4.1. TECNOLÓGICOS.

3.4.1.1. Sistema de fotocélulas *Newtest 300* – Series *Powertimers* (Newtest Oy, Oulu, Finlandia) y ordenador de mano *Palm Zire* con software *Newtest PowerTimer* (Newtest Oy, Oulu, Finlandia) (sensibilidad 0.001s) Se emplean 2 fotocélulas que son colocadas en el soporte lateral de dispositivo *aquaforce* con un metro de distancia entre cada una de ellas para registrar con completa precisión el tiempo correspondiente a la distancia de 7

metros de nado mediante la movilización del sistema de poleas y su anclaje al cinturón del nadador (Figura 3.2).



Figura 3.2. Dispositivo *Newtest* 300.

3.4.1.2. Dispositivo de medición de potencia concéntrica denominado *Aquaforce*® (figura 3.3) diseñado y construido por la empresa TELJU S.A. (España), a partir del Proyecto I+D+I de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta Comunidades Castilla la Mancha- Fondos FEDER denominado “Desarrollo tecnológico para la medición de la fuerza específica de nado”, realizado durante el año 2005 a 2007. Este dispositivo consiste en conjunto de placas de pesos que puede ser colocado al borde de la piscina. El nadador se sujeta a un cinturón o arnés conectado a la placa de pesos por un doble sistema de poleas que divide el peso en 7 cuerdas que tiran del peso a movilizar. Cuando el nadador se desplaza nadando a una velocidad determinada, las placas son elevadas mediante el sistema de poleas. La altura del recorrido limita la distancia que el nadador puede nadar que es aproximadamente 10 metros de los cuales el dispositivo *aquaforce*® permite medir la potencia de nado, a partir del peso superado, y el tiempo necesario para cubrir la distancia de 1 metro entre fotocélulas y que equivalen a la distancia recorrida de 7 metros del nadador; quedando de este modo aislado el tiempo que toma al nadador romper con la inercia de inicio de nado y los últimos metros en que la fatiga acumulada por el esfuerzo ya es considerable.

Este registrado es observable a través de una calculadora de mano *Palm Zire* que señala en su pantalla directamente el tiempo empleado por el nadador para superar las diferentes cargas



Figura 3.3. Dispositivo *aquaforce* de fabricación TELJU S.A.

3.4.1.3. Tallimetro convencional de fabricación alemana marca SECA (modelo 720, Vogel & Halke, Alemania) (figura 3.4) para las mediciones de talla de los participantes.



Figura 3.4. Tallímetro Seca

3.4.1.4. Cronómetros manuales. Para los registros de tiempos de la prueba t100c se emplearon por participante tres cronómetros manuales de marca Geonaute Trt'L 900, China (figura 3.5).



Figura 3.5. Cronómetros manuales.

3.4.1.5. Frecuencímetros. Para el registro de brazadas se emplearon relojes con dispositivo acelerómetro de cuenta brazadas marca Pool-Mate PMO3 (China) dos por cada participante (figura 3.6).



Figura 3.6. Relojes cuenta brazadas pool mate.

3.4.1.6. Cámara de video digital. Además de los relojes pool mate se empleo una cámara de video digital (figura 3.7) marca JVC modelo GR-D740 (Japan) con la finalidad de grabar la prueba t100c y confirmar los datos señalados por los relojes cuenta-brazada.



Figura 3.7. Cámara de video JVC GR-D740.

3.4.1.7. Bioimpedanciómetro móvil *Inbody 230*. (Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) que mediante impedanciometría, permite la evaluación de composición corporal a partir del análisis que realizan ocho electrodos táctiles que emplean las frecuencias: 1 Khz., 5 Khz., 50 Khz., 250 Khz. y 500 Khz.; en cada uno de los cinco segmentos corporales, pierna derecha e izquierda, brazo derecho e izquierdo y tronco para obtener los datos de peso, masa muscular-esquelética, masa grasa y porcentaje graso (figura 3.8).



Figura 3.8. Bioimpedanciómetro Inbody 230.

3.4.2. HUMANOS.

Además del investigador responsable de este estudio (Licenciado en Educación Física y Entrenador Especializado en Natación por la Universidad Nacional Autónoma de México, Entrenador Superior de Natación por la Real Federación Española de Natación y con certificación como Entrenador Internacional de Natación de Alto Rendimiento por la universidad de Leipzig de Alemania; con más de 15 años de experiencia en entrenamiento de nadadores de todas las categorías) se precisó de la colaboración de los expertos que a continuación se enumeran:

- Un responsable de grabación de las pruebas de nado.
- Dos colaboradores responsables de la medición y anotación de los registros de tiempo y datos de cada una de las pruebas integrantes de los distintos test (graduados en ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Entrenadores Superiores de Natación por la RFEN. y estudiantes del Máster de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte).

- Seis cronometristas expertos en la medición de tiempos de competición de natación, certificados como Entrenadores Superiores de Natación por la Real Federación Española de Natación y con más de 10 años de experiencia en uso de cronómetros manuales para registros de tiempo.

3.4.3. INSTALACIONES.

Las distintas mediciones de los test de 100 m. crol, así como los entrenamientos y el seguimiento de ambos grupos se realizó en piscina semi-olímpica de competición de 25 metros que consta de 6 calles de 2.07m de ancho cada una (Figura 3.9), las valoraciones de la PENGCE se realizó en la piscina de vaso de baja profundidad (figura 3.10) situada en el Modulo Acuático de la Facultad de Ciencias del Deporte.

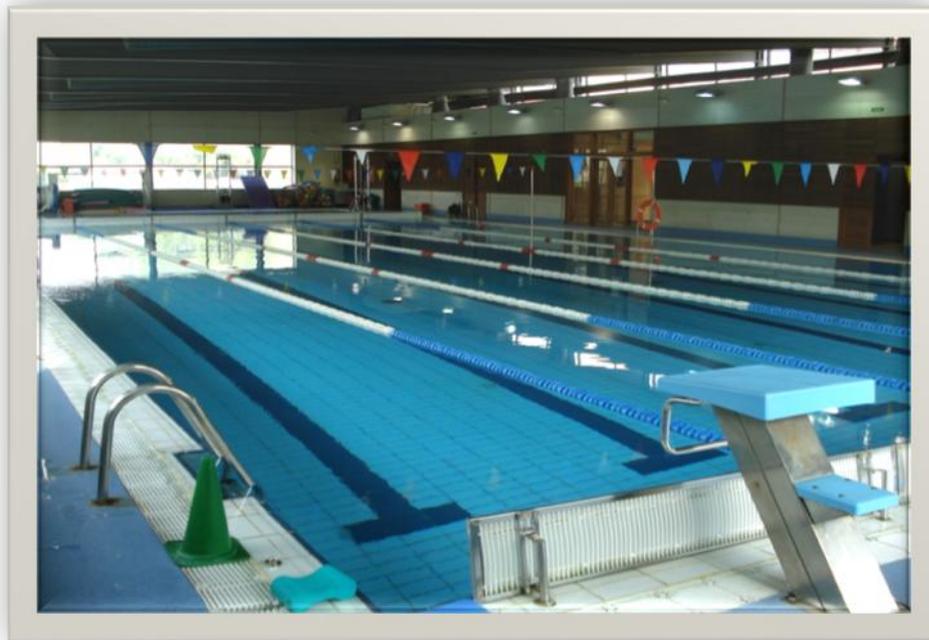


Figura 3.9. Piscina del módulo acuático de la U.C.L.M. Campus Antigua Fábrica de Armas de Toledo.

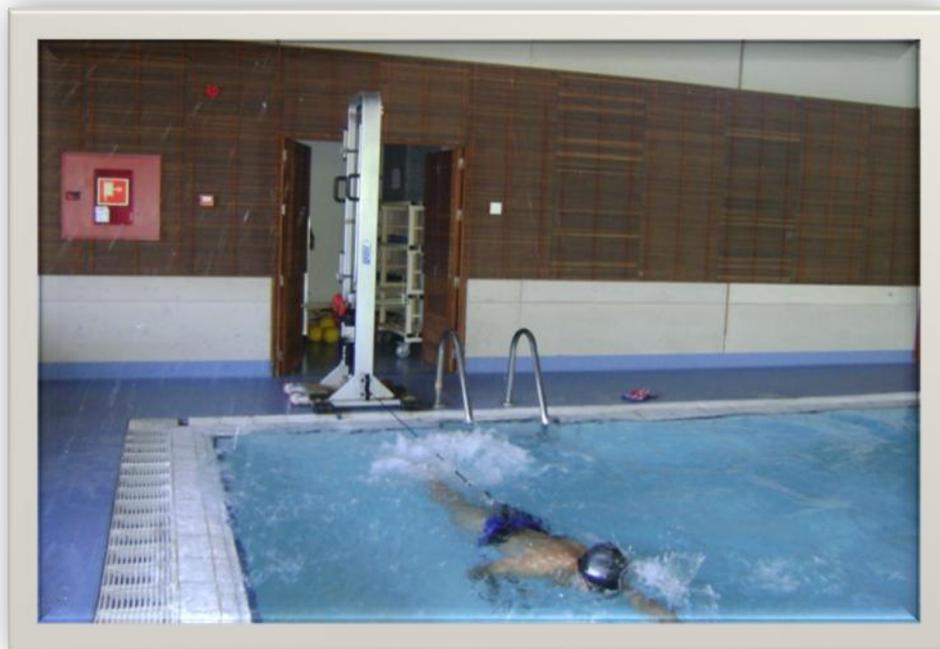


Figura 3.10. Piscina de vaso de baja profundidad del módulo acuático de la U.C.L.M. del Campus Fábrica de Armas de Toledo.

Las valoraciones de composición corporal se realizaron en el Laboratorio de Entrenamiento Deportivo de la Universidad de Castilla la Mancha del Campus Toledo (Figura 3.11).



Figura 3.11. Test de composición corporal.

3.5. TESTS EMPLEADOS.

En la primera de las tomas de datos se realizó previo al programa de intervención, la medición descriptiva de cada uno de los participantes en cuanto a edad, talla y peso, y datos referidos a los criterios de inclusión de los participantes. Posterior a ello en este estudio se aplicó una batería de pruebas integrada por 3 distintos test por sesión que siguieron el orden y aplicación que a continuación se describe:

3.5.1. TEST DE COMPOSICIÓN CORPORAL.

Para la obtención de los datos de composición corporal se utilizó el sistema de bioimpedancia: *Inbody 230*. Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea. del cual se obtienen las variables de, Peso (Pe), masa musculo-esquelética (mme.), masa grasa (mg), agua corporal (h₂O.C.), porcentaje graso (%gr). Este sistema de bioimpedancia mide mediante

ocho electrodos táctiles utilizando las siguientes frecuencias: 1 Khz., 5 Khz., 50 Khz., 250 Khz. y 500 Khz.; en cada uno de los cinco segmentos corporales, extremidades inferiores derecha e izquierda, extremidades superiores derecha e izquierda y tronco. Este tipo de evaluación por impedancia han sido empleados con éxito como lo reportan diversos estudios: (Bedogni, et al.. 2002; Biggs, et al., 2001; Cha, et al., 1995; Chen, et al., 2003; Jaeger, and Mehta, 1999; Malavolti, et al., 2003; Piccoli, et al., 1994; Salmi, 2003; Sun, et al. 2005; Zillikens, et al., 1992, González-Ravé et al., 2011) concluyendo que este tipo de sistemas realiza estimaciones precisas sobre la composición corporal.

Las mediciones del sistema *Inbody* 230, fueron comparadas con las realizadas por resonancia magnética obteniendo una alta correlación en los parámetros de masa grasa, masa libre de grasa y porcentaje de grasa corporal (Byoung-Ki et al., 2007). Los diferentes modelos del sistema de bioimpedancia *Inbody*, también han sido utilizados en diferentes investigaciones, como el *Inbody* 2.0 (Kang, et al. 2008; Lee, et al. 2001), *Inbody* 3.0 (Demura, et al. 2004; Knechtle, et al. 2008; Medici, et al. 2005) y el *Inbody* 4.0 (Lee, et al 2008).

Previo a la aplicación de este test se les conmina a los participantes a no realizar actividad física extenuante en las 24 horas previas a la aplicación del test, de igual manera la instrucción para esta medición requiere no haber comido 4 horas antes de la valoración para mantener el nivel de hidratación, orinar y defecar 30 minutos antes del análisis.

El primer paso en este test es la valoración de la talla del participante que para este estudio se realizó con el tallímetro SECA (modelo 720, Vogel and Halke, Alemania) y donde el participante es invitado a entrar descalzo a la marca de los pies y una vez dentro del instrumento se le pide colocarse en posición dinámica con los hombros descansados de cualquier tensión y el tórax erguido, una vez corroborado este primer paso se le solicita hacer una inspiración profunda para registrar de manera correcta la estatura precisa.

El segundo paso en este procedimiento es el análisis multifrecuencia de bioimpedancia eléctrica. Una vez registrado el dato de estatura, se ingresa en el ordenador comando los datos de nombre, sexo del participante y la estatura así como la fecha de nacimiento y fecha de realización del test. Con estos datos el ordenador comando elabora una ficha técnica que registrará los valores de composición corporal. El participante que previamente se ha vestido únicamente con bañador y despojado de collares, relojes y cualquier objeto metálico; se sitúa sobre los electrodos inferiores del *Inbody* que se encuentran bien marcados para la correcta colocación de talones y pies asegurando con esto la correcta postura de los mismos, Cuando el *Inbody* 230 ha obtenido el peso corporal del participante, un doble bip de la maquina señala el momento que el participante debe tomar los mandos de mano que también cuentan con la correcta señalización adecuada para colocar las manos y dedos sobre las señales de los electrodos, con brazos extendidos y separados ligeramente del cuerpo en posición cómoda y dinámica, el *inbody* complementa y proporciona directamente los parámetros de las variables a evaluar: MME, MG y otras valoraciones mas como porcentaje de agua.

3.5.2. TEST DE RENDIMIENTO EN 100 METROS CROL.

Previo al registro al cronometraje de velocidad de nado se realizó un calentamiento consistente en:

- 200 metros libres.
- 200 metros solo patada de crol con un descanso de 30 segundos entre cada repetición.
- 200 metros solo brazos a estilo de crol con un descanso de 30 segundos entre cada repetición.
- 4 x 25 metros progresivos en incremento de la velocidad
- Finalmente cada participante descansaba entre 5 y 7 minutos antes de la evaluación t100c con la finalidad de datos influidos por acumulación de fatiga previa al test.

Cada uno de los participantes fue provisto de dos relojes de medición de frecuencia de brazada con la finalidad de registrar el número de brazadas por parcial. Adicionalmente, un colaborador filmaba los ciclos de brazada por parcial y una vez verificada la anotación y corroborada con los datos de los relojes se procedía a anotar el registro preciso.

Para el registro de los tiempos de la variable t_{100c} (Figura 3.12.) se requirió del cronometraje realizado por 3 jueces especialistas en el empleo de cronómetros manuales y procediendo posteriormente a realizar la media y quedando esta última como la marca de registro, todo esto con la finalidad de evitar repeticiones del test y con ello también la excesiva e innecesaria fatiga en los participantes del estudio pero asegurando que los datos vertidos sean fidedignos y válidos para el mismo. De este test se obtienen las variables de t_{100c} , BT, DB y VN.

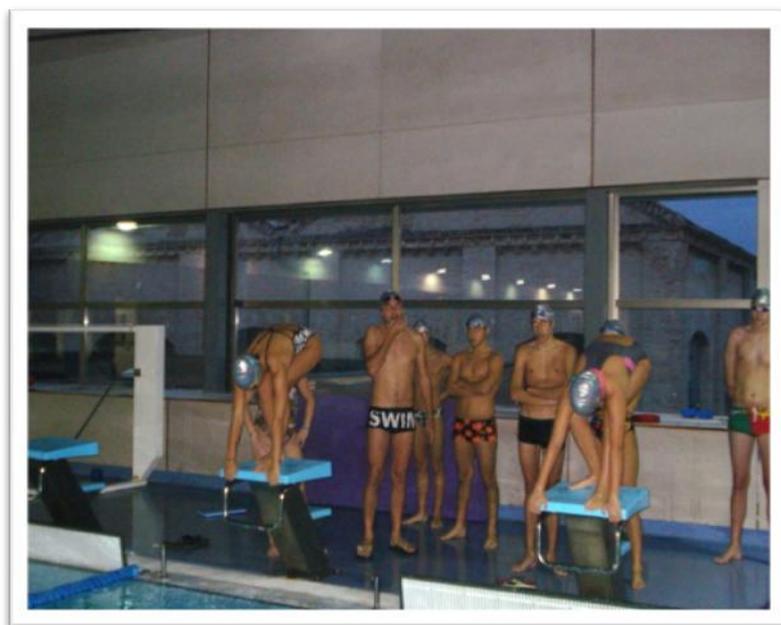


Figura 3.12. Participantes realizando el test de nado.

3.5.3. TEST LED DE FUERZA ESPECÍFICA DE NADO GENERADA CON CARGAS EXTERNAS.

Con este test de nado resistido se realizaron las valoraciones de la potencia específica de nado, midiéndose las siguientes variables: Potencia Máxima Especifica de Nado Generada con Cargas Externas, y la Carga Máxima de Arrastre. (Navarro et al., 2007; González, et al., 2009) El protocolo para la aplicación del Test LED de Fuerza Específica de Nado se especifica a continuación:

- a) Mientras el nadador se fija el arnés a la cintura, se ajusta la carga de arrastre en el conjunto de placas, empezando por el valor mínimo que son 15 Kg.

- b) A la voz de preparados, el nadador se sitúa en posición extendida frontal, con los pies extendidos próximos al borde, y tensando el cable de la polea sin que se llegue a elevar la placa de peso que previamente ya se ha ajustado.
- c) A la voz ejecutiva de ¡ya!, el nadador comienza a nadar imprimiendo la máxima velocidad posible durante un recorrido de 10m (ancho de la piscina de baja profundidad), sin producir impulso desde la pared. Una primera célula fotoeléctrica inicia la cuenta del tiempo cuando un pivote situado en el soporte de las placas rompe el haz de rayos que emite. La colocación de esta primera célula está fijada en el punto en que el nadador ya llevaría recorridos 2m y habría vencido la inercia de arranque.
- d) El nadador completa un sprint de 10m hasta el punto en que el dispositivo bloquea el avance de las placas de pesos. Sin embargo, la segunda célula fotoeléctrica finaliza la cuenta del tiempo una vez que el pivote corta el haz de rayos en 9m de recorrido del nadador. Así pues, el tiempo medido a la máxima velocidad corresponde a una distancia de nado lanzado de 7 metros.
- e) El nadador descansa entre 3-5 minutos y vuelve a repetir el procedimiento, desde el apartado, a) con una carga de arrastre superior, hasta no ser capaz de completar la distancia de 10m con una carga determinada (Figura 3.13). Se interpretará como carga máxima de arrastre, la mayor carga elevada en un sprint de 10m. El incremento de la carga se realiza de tal forma de que al menos se hagan un mínimo de cinco sprints y un máximo de 10. Una vez es conocida esta información, la potencia generada por el nadador puede ser calculada utilizando el procedimiento detallado a continuación y que sigue los protocolos sugeridos por los expertos en estimaciones de fuerza y potencia en deportes (Harman, 1993; Newton, y Kraemer, 1994).



Figura 3.13. Test LED. de Fuerza Específica de Nado.

Cálculo de la PENGCE y CMA.

El cálculo de la PENGCE es realizado bajo el siguiente procedimiento:

Ejemplo de un nadador que completa el test con 25 kilos en 7 segundos

Potencia = Fuerza * Velocidad

a) Fuerza = masa (carga en kg) * aceleración (9.81 m/s) = N

Donde $25 \times 9.81 = 245.25$

b) Trabajo = distancia / tiempo = J

Donde (1 metro entre fotocélulas es equivalente a 7 metros de nado) /7 Segundos =0.1429

c) Potencia = Fuerza * Velocidad = w

Donde $245.25 * 0.1429 = 34.335$

La aplicación de la hoja de cálculo de Excel asigna a este nadador directamente 35 Watts quedando su registro de la siguiente manera: Tabla 3.7.

Carga en Kg.	Tiempo en segundos	Velocidad entre fotocélulas metros/segundos	Potencia específica de nado en Watts (w)	Velocidad de nado en metros/segundos
25	7	0.14	35	1

Tabla 3.7 Ejemplo de cálculo de la PENGCE. Kg =kilogramos; w= watts.

Continuando con este ejemplo y en el supuesto caso de un nadador que progresivamente logre completar un total de 7 intentos, los registros quedarían de la forma siguiente: tabla 3.8.

Carga en Kg.	Tiempo en segundos	Velocidad entre fotocélulas metros/segundos	PENGCE en Watts (w)	Velocidad de nado en metros/segundos
15	5.88	0.17	25	1.19
22.5	7.2	0.14	30.63	0.97
25	7.84	0.13	31.25	0.89
<u>27.5</u>	8.38	0.12	<u>32.16</u>	0.83
30	9.66	0.1	30.43	0.72
32.5	11.01	0.09	28.95	0.63
35	15.32	0.07	22.39	0.45

Tabla 3.8. Ejemplo del seguimiento de cálculo de PENGCE. Kg = kilogramos; w = watts.

Donde el dato de 35 kg quedaría registrado como la Carga Máxima de Arrastre CMA. Correspondiente al intento numero 7 y la potencia máxima de nado correspondería a la realizada en el intento número 4 con 27.5 kg y un tiempo de 8.38s con un registro máximo de 32.16 w de Potencia Específica de Nado PEN.

La grafica de los registros de potencia del ejemplo anterior se podría representar de la siguiente manera (Figura 3.14):

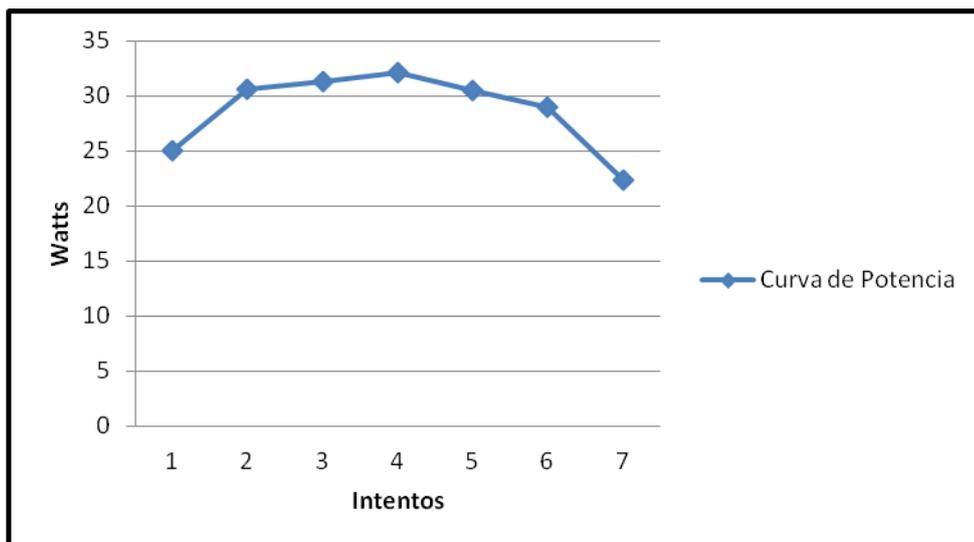


Figura 3.14. Grafica de Potencia Específica de nado.

3.6. PROCEDIMIENTOS.

Una vez conformada la muestra (n=25) todos los participantes fueron confirmados de su inclusión en el estudio así como de nueva cuenta de los objetivos de investigación, temporalidad del mismo y procedimientos; reiterando que no se realizó ningún test de carácter invasivo o que representará algún tipo de riesgo para la integridad de participantes o colaboradores del estudio. El Comité Ético de la UCLM autorizó la investigación respetando de este modo las directrices de investigación según el acuerdo de Helsinki respecto investigaciones de esta naturaleza.

Como se detalló con anterioridad, la conformación de los grupos de estudio estuvo designada de manera natural pues cada uno de los integrantes se encontraba registrado en el respectivo Club ante la Federación de Natación de Castilla-la Mancha y Real Federación Española de Natación. Previamente, se reunió a los entrenadores y delegados oficiales de cada equipo por parte del investigador principal para solicitar la máxima disposición de participación a los sujetos incluidos en el estudio así como las responsabilidades requeridas de cumplimentar por parte de cada uno de los integrantes de los equipos y complementando un formulario de registro en el que constara la asistencia,

asiduidad y puntualidad a los entrenamientos y evaluaciones etc. La asistencia a los entrenamientos y evaluaciones fue en todo caso superior al 95% en los dos grupos.

Cada uno de los grupos estaba integrado tanto por hombres y mujeres con la siguiente distribución: de 4 mujeres, 8 hombres =12 para el GPT (tabla 3.9).

n=12	Mínimo	Máximo	Media	Dt.
Edad (años)	15	18	16,6	0,9
Talla (cm.)	164	188	175,5	7,9
Peso (kg.)	49,2	85,1	66,5	8,7

Tabla 3.9. Características descriptivas del GPT. n = número de participantes; Dt. Desviación típica.

Para el caso del grupo GPI la integración fue de 5 mujeres 8 hombres =13 con características que son expuestas en la tabla 3.10.

N=13	Mínimo	Máximo	Media	Dt.
Edad (años)	14,4	17,3	15,8	1,0
Talla (cm.)	158	190	170,3	10,2
Peso (kg.)	50,2	77	61,9	9,7

Tabla 3.10. Características descriptivas de GPI. n = número de participantes; Dt. Desviación típica.

Ambos grupos fueron evaluados cada 4 semanas durante las primeras 12 semanas del programa de investigación que correspondía a la valoración T1, T2, T3 y T4. Entre la cuarta y quinta medición que correspondió la etapa del *taper* y T5, solo se emplearon 2 semanas. Esto representaba evaluaciones al fin y comienzo de cada nuevo mesociclo.

Como se detalló en líneas anteriores previo a la realización de la primer toma de datos cada uno de los grupos se incorporó paulatinamente a los entrenamientos después del periodo vacacional de verano (septiembre) y durante este periodo previo al estudio que duró dos semanas nadaban un máximo de 1500 metros de manera libre tres veces por semana con la intención de promover la adaptación anatómica articular y evitar lesiones provocadas por una repentina incorporación a los entrenamientos y que podría poner en riesgo el desarrollo de la investigación.

3.7. ENTRENAMIENTOS.

Para el GPT, los entrenamientos diarios requerían un promedio de 90 a 120 minutos de lunes a sábado para completar las tareas designadas por el entrenador responsable.

Los entrenamientos realizados por este GPT se iniciaban con un calentamiento dirigido de entre 800 a 1200 m. fraccionados en series de entre 50 a 200m y para la vuelta a la calma regularmente se realizaba un promedio de 300 m. de igual forma fraccionados en series de 50 a 100m. Ejemplos de las sesiones y series principales que fueron realizadas así como de la distribución de los entrenamientos realizados por este grupo se señalan en la tabla 3.11.

Mesociclos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
PRG	LIT 8 x 400m	Th.T 6x200m	LIT 8 x 400m	Th.T 6x200m	LIT. 8 x 400m	LIT 12x100m
PRE	LIT. 6 x 400m	Th.T 8-10x200m	LIT 8 x 400m	Th.T 12x100m	LIT. 6x400m	HIT 10x50m
PComp	LIT 6 x 400m	HIT 8 x 25m	LIT 8 x 400m	HIT 10x50m	LIT 8 x 200m	HIT S. Rotas 3x(4x25m)
Taper	LIT 4 x 400m	HIT S. Rotas 3x(4x25m)	LIT 12x100m	HIT S. Rotas 3x(4x25m)	LIT 12x100m	HIT S. Rotas 3x(4x25m)

Tabla 3.11. Distribución de entrenamientos GPT. PRG = periodo de resistencia general;

PRE = periodo de resistencia específica; PComp = periodo competitivo; LIT = entrenamiento de baja intensidad <2mM/l.=zona1. Th.T = entrenamiento aeróbico 3-4mM/l.=zona2. HIT = entrenamiento de alta intensidad >4mM/l.=zona3.

Para el GPI, los entrenamientos diarios requirieron de un máximo de 60 minutos por sesión de lunes a viernes y fue requerido que los participantes de este grupo no realizaran ningún trabajo extra de preparación física con la finalidad de que los datos obtenidos de esta investigación fueran los más reales y no sufrieran influencia de algún otro tipo de entrenamiento extra que pudiera generar variables extrañas. En la tabla 3.12. se muestra los ejemplos de organización y series principales de cada una de las sesiones, quedando libre el calentamiento para cada participante que consistía en 300 metros libres y de igual

forma para la vuelta a la calma se les requería una distancia similar de entre 200 a 300 metros libres. Como se puede comprobar la distribución de contenidos de entrenamiento era diferente en cada uno de los microciclos, esto es debido a que cada modelo de periodización exige un orden de contenidos diferente siguiendo la filosofía establecida en el marco teórico para cada uno de los modelos de periodización.

Mesociclos	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes
ER	ER 6 x 10m	LIT 12 x 50	ER 6 x 10m	LIT 12 x 50	ER 6 x 10m
UST.	ER 6 x 10m	UST 4 x(4x 15m)	LIT 8x100m	UST 4 x(4x 15m)	UST 4 x(4x 15m)
HIT y Th.T	ER. 6 x 10m	HIT y Th.T 2x(8x 25m +4x100m)	LIT. 8x100m	UST. 4 x(4x 15m)	HIT y Th.T 2x(8x 25m +4x100m)
Taper	ER. 6 x 10m	HIT y Th.T 8x 25m 4 x 100m	LIT. 12 x 50m	HIT. S. Rotas 4x 25m	HIT y Th.T 8x 25m 4 x 100m

Tabla 3.12 Distribución de entrenamientos GPI. ER = entrenamiento resistido; UST = entrenamiento ultracorto; LIT = entrenamiento de baja intensidad <2mM/l.=zona1. Th.T = entrenamiento aeróbico 3-4mM/l.=zona2. HIT = entrenamiento de alta intensidad >4mM/l.=zona3.

En la sesión previa a cada una de las evaluaciones (T1, T2, T3, T4 y T5) ambos grupos realizaban un entrenamiento de descarga de carácter regenerativo en la zona1 con la finalidad de promover que en las evaluaciones registradas se reflejaran los avances derivados de las sesiones de entrenamiento pero sin afectar el programa de entrenamiento por una reducción significativa de los volúmenes e intensidades programadas y siguiendo el protocolo para la aplicación del test de composición corporal.

3.8. MONITORIZACIÓN DE LA CARGA.

Como quedó establecido en líneas anteriores para la monitorización de la carga del entrenamiento Se registraron 3 zonas de entrenamiento para la cuantificación de los volúmenes e intensidades de entrenamiento (Seiler, 2010). Zona 1(LIT) <2 mM/l. Zona 2 (ThT) 3~4 mM/l. Zona 3(HIT) >4mM/l. Se requirió compilar diarios de entrenamiento para el seguimiento de GPT y un riguroso control del trabajo realizado por GPI.

Al comparar los volúmenes de trabajo realizados por ambos grupos, resalta la tan marcada diferencia de kilometrajes por temporada registrados en las tablas 3.4. y 3.6 donde se puede ver que para GPT la temporada requirió de 361 kilómetros vs. 77,8k. que requirió GPI. De los 361 kilómetros empleados en la preparación de GPT en promedio 68,4% fueron nadados a ritmo de baja intensidad (LIT); 26,7% fueron trabajados entre los umbrales aeróbicos (ThT); y 4,9% fueron entrenados a ritmo de alta intensidad (HIT).

Laursen, (2010) considera que una buena distribución podría ser 75% del trabajo HVT y entre 10 a 15% HIT, aunque esta distribución esté orientada al entrenamiento de la natación. Esto significa que los volúmenes y distribuciones de entrenamiento empleados por el GPT tuvo un carácter más intensivo que el típico programa de natación.

En el caso del GPI, del total de los 77,8 kilómetros de la temporada, un promedio de 58,7% fueron nadados a ritmo de baja intensidad (LIT) principalmente en los calentamientos y retorno a la calma de cada sesión, así como en las series de aclarado láctico del tercer mesociclo. Un 30,1% se nadó entre los umbrales aeróbicos (ThT), y un 11,2% fue nadado en ritmo de alta intensidad (HIT) entre las semanas nueve y catorce del programa de preparación. A nuestro conocimiento no se han realizado estudios precedentes con una distribución del entrenamiento de la natación tan reducido y que al mismo tiempo intensifique a este nivel el total de entrenamiento realizado.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los datos registrados en esta investigación fueron procesados y analizados con el programa estadístico SPSS. 17.0. Se utilizaron los siguientes datos descriptivos: media, máximo, mínimo y desviación típica.

Se determinó de la normalidad de la muestra mediante la aplicación de la prueba de Shapiro Wilks.

Confirmada la normalidad y homoscedasticidad de las variables. Se procedió a realizar el análisis de inferencia de la prueba estadística ANOVA de medidas repetidas (grupo x entrenamiento) con post-hoc de Bonferroni para las distintas evaluaciones T1, T2, T3, T4 y T5; detallando además el porcentaje de variación entre T1 y T5.

Para todas las pruebas se aceptó el índice de significación de $p < 0.05$.

4. RESULTADOS.

En el presente apartado se exponen los resultados de las variables de estudio señaladas en la metodología de esta investigación doctoral, se presenta en primer orden la normalidad de las variables estudiadas, y a continuación los resultados registrados en las cinco aplicaciones de test que se realizaron durante las 14 semanas de esta investigación.

4.1. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA MUESTRA.

La tabla 4.1 muestra los resultados de la prueba *Shapiro-Wilk* para la comprobación de la homoscedasticidad o normalidad de la muestra. En la misma tabla se puede observar que las variables siguen una distribución normal.

Tabla 4.1 Prueba *Shapiro-Wilk* de normalidad de la muestra (gl.25).

Variable	Estadístico	Significación
Edad	0,96	0,48
Talla	0,95	0,38
Peso corporal (PC)	0,97	0,67
Masa Musculo-esquelética (MME)	0,93	0,11
Masa grasa (MG)	0,93	0,11
Potencia específica de nado (PENGCE)	0,93	0,09
Carga máxima de arrastre (CMA)	0,93	0,10
Tiempo 100 m. crol (t100c)	0,92	0,08
Velocidad de nado (VN)	0,92	0,07
Brazadas Realizadas (BR)	0,92	0,06
Distancia por brazada (DB)	0,92	0,06

Significación *= $p < 0.05$.

Una vez confirmada la normalidad de las variables correspondientes a composición corporal, potencia específica de nado medidas en *aquaforce*, así como evaluación de rendimiento en la prueba de 100 metros crol; se procedió a realizar el análisis de inferencia de prueba estadística ANOVA de medidas repetidas con ajuste post-hoc de Bonferroni para las distintas evaluaciones T1, T2, T3, T4 y T5; los datos son presentados en tablas con valores de mínimo, máximo y media con (\pm) desviación típica.

4.2. EVALUACIONES DE RENDIMIENTO EN NATACIÓN.

A continuación se exponen los resultados de las distintas evaluaciones realizadas en el rendimiento de nado en la prueba de 100 metros crol siguiendo el orden de exposición de las variables de: tiempo en 100 metros crol, Velocidad de nado, brazadas totales, y Distancia por brazada; en este mismo orden en que se han señalado. La exposición de resultados en todas las variables indicará la evaluación en la que registra la diferencia significativa y la evaluación de origen del cambio.

4.2.1. EVALUACIONES EN TIEMPO 100 M. CROL (t100c).

La siguiente tabla 4.2. Muestra los resultados de los tiempos registrados para la prueba de nado de 100 metros crol.

Tabla 4.2. Datos descriptivos del tiempo en 100m crol (s).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	59,2	64,1	61,6± 1,1
T2	59,1	63,6	61,3± 1,0
T3	58,8	63,6	61,2± 1,0
T4	58,6	63,7	61,2± 1,1
T5	58,7	64,0	61,3± 1,2
GPI. /T1	66,3	73,1	69,7± 1,5
T2	64,8	71,1	67,9± 1,4*
T3	63,3	69,0	66,1± 1,2**‡
T4	62,0	68,6	65,3± 1,5**‡
T5	62,2	68,0	65,1± 1,3**‡†

Significación *= p<0.05. T1; ‡= p<0.05. T2; †= p<0.05. T3.

La tabla 4.2. Muestra los resultados en las aplicaciones del test t100c. El ANOVA señala que en el caso del GPT las diferencias no son significativas. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 0,4%.

En el caso del GPI el ANOVA señala diferencias significativas ($p < 0,05$) el factor de corrección de Bonferroni señala estas diferencias entre las evaluaciones T2, T3, T4 y T5 con relación a la evaluación T1; además el mismo factor de corrección de Bonferroni indica nuevamente diferencias significativas entre las evaluaciones T3 y T5 con relación a T2 y nuevamente el mismo factor de corrección de Bonferroni indica diferencias significativas en la evaluación T5 en relación a T3. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 7,0%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente se produjeron diferencias significativas ($p < 0,05$) considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto se han registrado diferencias significativas tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento y estas diferencias son a favor de GPI.

En la figura 4.1. Se pueden observar gráficamente los resultados de las distintas evaluaciones así como la modificación porcentual entre las evaluaciones T1 y T5.

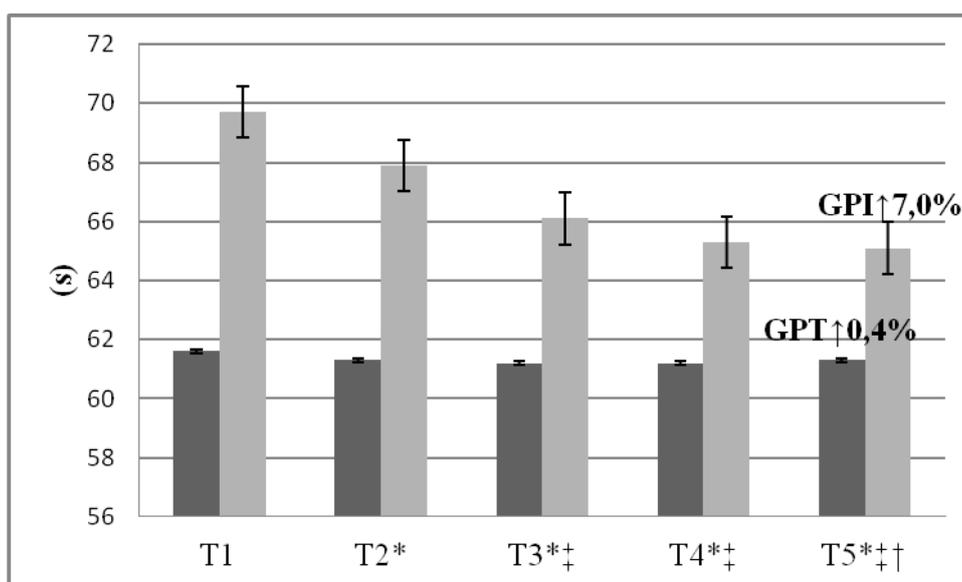


Figura 4.1. Evaluaciones de tiempo en 100m crol. (t100c); Significación *= $p < 0,05$. Con relación a T1; †= $p < 0,005$. Con relación a T2. ††= $p < 0,05$. Con relación a T3.

4.2.2. EVALUACIONES DE VELOCIDAD DE NADO (VN).

A continuación en la tabla 4.3. Se muestran los datos registrados en las cinco evaluaciones en cuanto a la variable de velocidad de nado evaluada en metros por segundo.

Tabla 4.3. Datos descriptivos de la velocidad de nado (m/s).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	1,52	1,66	1,59± 0,03
T2	1,51	1,65	1,58± 0,03
T3	1,51	1,63	1,57± 0,02
T4	1,48	1,65	1,56± 0,04
T5	1,52	1,66	1,59± 0,03
GPI. /T1	1,33	1,47	1,40± 0,03
T2	1,35	1,49	1,42± 0,03
T3	1,42	1,54	1,48± 0,03 ^{*‡}
T4	1,42	1,56	1,49± 0,03 ^{*‡}
T5	1,41	1,58	1,50± 0,03 ^{*‡}

Significación *= p<0.05. T1. ‡= p<0.05. T2.

Los resultados de la tabla 4.3. Señalan que en el caso de esta variable de estudio para GPT los cambios no son de carácter significativo según el ANOVA, a pesar de las variaciones registradas no hay modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT.

En el caso del GPI se registran continuos cambios en esta variable de estudio, y según el ANOVA son diferencias significativas ($p < 0,05$) el factor de corrección de Bonferroni las señala entre las evaluaciones T3, T4 y T5 con relación a T1, de igual manera el mismo factor de corrección de Bonferroni señala nuevamente diferencias significativas entre las evaluaciones T3, T4 y T5 con relación a T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 6,4%.

En el caso de esta variable el ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente se produjeron diferencias significativas ($p < 0,05$) considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto se han registrado diferencias significativas tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento a favor de GPI.

En la figura 4.2. Se pueden ver de manera gráfica los resultados de las distintas evaluaciones.

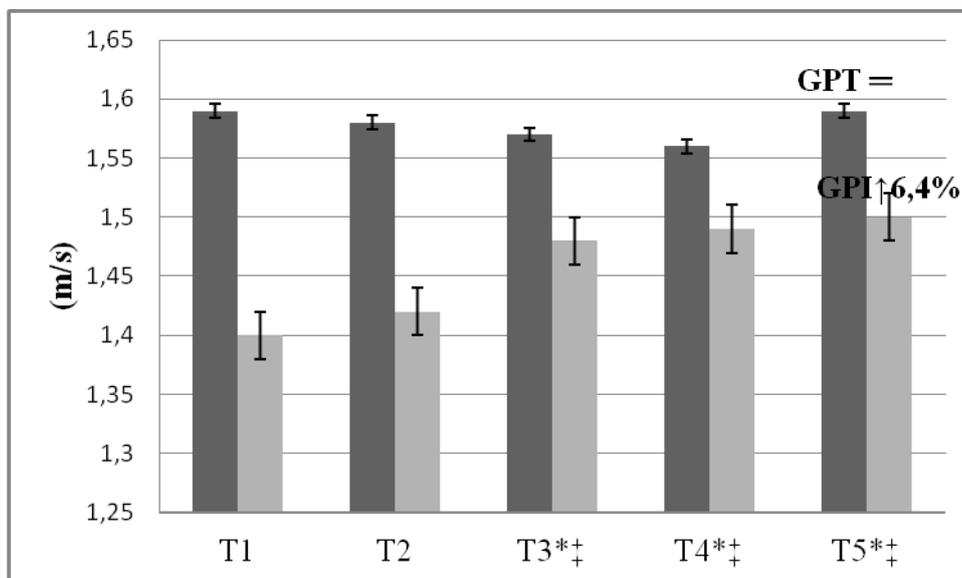


Figura 4.2. Evaluaciones de Velocidad de nado (VN);

Significación * = $p < 0,05$. Con relación a T1; ‡ = $p < 0,05$. Con relación a T2.

4.2.3. EVALUACIONES DE BRAZADAS REALIZADAS (BR).

En las siguiente tabla 4.4. Se muestran los resultados en relación con las brazadas totales realizadas durante las evaluaciones de la misma prueba de 100 metros crol y en cada una de las 5 evaluaciones.

Tabla 4.4. Datos descriptivos de las brazadas totales realizadas.

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	67,5	77,9	72,7± 2,3
T2	71,3	80,6	76,0± 2,1
T3	69,7	81,2	75,5± 2,6
T4	70,4	80,8	75,6± 2,3
T5	70,2	80,2	75,2± 2,2
GPI. /T1	80,8	94,7	87,7± 3,1
T2	82,5	93,7	88,1± 2,5
T3	86,1	96,2	91,2± 2,3
T4	88,6	100,6	94,6± 2,7*
T5	83,9	96,2	90,0± 2,8

Significación *=p<0,05. T1.

La tabla 4.4. Muestra los resultados de las evaluaciones realizadas al número de brazadas ejecutadas en cada una de las evaluaciones de la prueba de 100 metros crol, para el GPT estos incrementos no son de carácter significativo según el ANOVA. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 3,4%.

En el caso del GPI también se registran variaciones en esta variable y el ANOVA señala diferencias significativas ($p < 0,05$), el factor de corrección de Bonferroni las señala en la evaluación T4 con relación a T1. La modificación porcentual para GPI entre T1 y T5 es de 2,6%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente no se produjeron diferencias significativas considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, y por tanto no se han registrado diferencias significativas tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento.

En la figura 4.3. Se pueden observar gráficamente los resultados de las evaluaciones realizadas así como de la modificación porcentual entre T1 y T5.

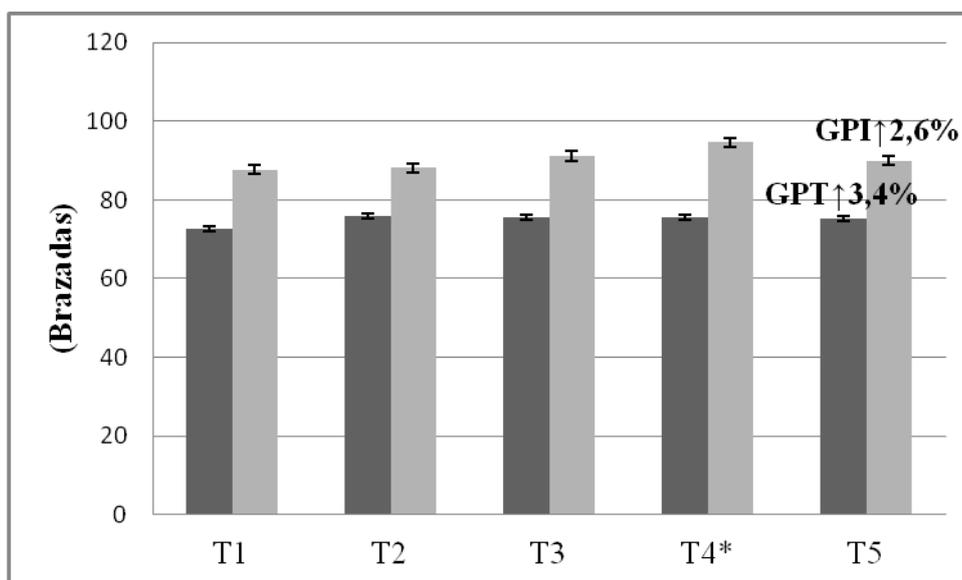


Figura 4.3. Evaluaciones de brazadas totales (BT);

Significación *= $p < 0.05$. Con relación a T1.

4.2.4. EVALUACIONES EN DISTANCIA POR BRAZADA (DB).

La tabla 4.5. Muestra los datos registrados en cuanto a la distancia por brazada registradas durante las cinco evaluaciones.

Tabla 4.5. Evaluaciones de datos descriptivos de la Distancia por brazada (m).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	1,22	1,41	1,31± 0,04
T2	1,18	1,36	1,27± 0,03
T3	1,19	1,41	1,30± 0,05
T4	1,19	1,39	1,29± 0,04
T5	1,19	1,37	1,28± 0,04
GPI. /T1	1,02	1,22	1,12± 0,04
T2	1,03	1,19	1,11± 0,03
T3	0,99	1,11	1,05± 0,02
T4	0,95	1,08	1,01± 0,03*
T5	1,00	1,16	1,08± 0,03

Significación *= $p < 0.05$. T1.

Como se puede observar en la tabla 4.5. Se registran continuos cambios en ambos grupos en relación a esta variable de estudio, para el GPT los cambios muestran reducción de distancia por brazada que el ANOVA no señala como significativos. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 2,3%.

En el caso del GPI de igual manera se observan continuas reducciones de distancia por brazada, que el ANOVA señala como significativas ($p < 0,05$) el factor de corrección de Bonferroni las señala en la evaluación T4 con relación a la evaluación T1. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 3,7%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente no se produjeron diferencias significativas considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto no se han registrado diferencias tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento.

La figura 4.4. Muestra de manera gráfica los resultados con relación a esta variable de estudio así como la modificación porcentual entre T1 y T5.

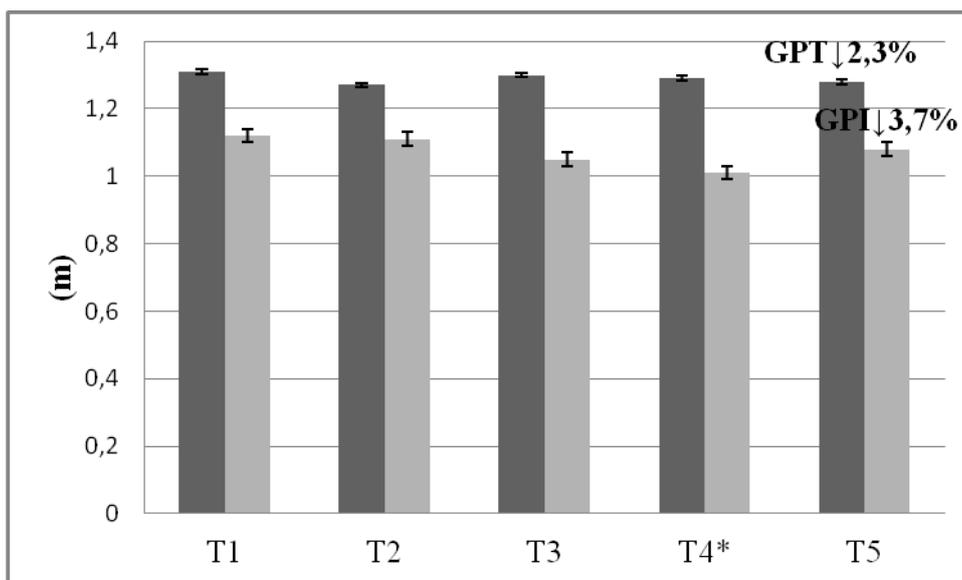


Figura 4.4. Evaluaciones de distancia por brazada (DB); *= $p < 0.05$. Con relación a T1.

A continuación la tabla 4.6. Muestra en síntesis de las variaciones registradas por ambos grupos en cuanto a las evaluaciones relacionadas con el rendimiento de 100 metros estilo de crol. Se exponen las medias con desviación típica y el porcentaje de modificación entre T1 y T5.

Tabla 4.6. Evaluaciones en rendimiento de nado 100m crol.

Gpo.	Var.	T1	T2	T3	T4	T5	% modif. T1-T5
GPT	t100c (s)	61,6± 1,1	61,3± 1,0	61,2± 1,0	61,2± 1,1	61,3± 1,2	↓0,4%
	VN (m/s)	1,59± 0,03	1,58± 0,03	1,57± 0,02	1,56± 0,04	1,59± 0,03	=
	BR	72,7± 2,3	76,0± 2,1	75,5± 2,6	75,6± 2,3	75,2± 2,2	↑3,4%
	DB (m)	1,31± 0,04	1,27± 0,03	1,30± 0,05	1,29± 0,04	1,28± 0,04	↓2,3%
GPI	t100c (s)	69,7± 1,5	67,9± 1,4*	66,1± 1,2*‡	65,3± 1,5*‡	65,1± 1,3*‡†	↓7,0%
	VN (m/s)	1,40± 0,03	1,42± 0,03	1,48± 0,03*‡	1,49± 0,03*‡	1,50± 0,03*‡	↑6,4%
	BR	87,7± 3,1	88,1± 2,5	91,2± 2,3	94,6± 2,7*	90,0± 2,8	↑2,6%
	DB (m)	1,12± 0,04	1,11± 0,03	1,05± 0,02	1,01± 0,03*	1,08± 0,03	↓3,7%

Gpo = grupo; Var = variables; GPT = grupo de periodización tradicional; GPI = grupo de periodización inversa; ± = desviación típica; PENGCE = potencia específica de nado generada con cargas externas; CMA = carga máxima de arrastre; Significación *= p<0.05. T1; ‡= p<0.005. T2; †= p<0.05. T3.

4.3. EVALUACIONES DE NADO RESISTIDO.

En el siguiente apartado se detallan los resultados de las cinco evaluaciones realizadas a ambos grupos en relación al nado resistido evaluado con el empleo del dispositivo *Aquaforce* de características detalladas en la metodología de esta investigación.

4.3.1. EVALUACIONES DE POTENCIA ESPECÍFICA DE NADO GENERADA CON CARGAS EXTERNAS (PENGCE).

A continuación en la tabla 4.7. Se presentan los resultados de las cinco evaluaciones de potencia específica de nado.

Tabla 4.7. Datos descriptivos de las evaluaciones de PENGCE (w).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	32,8	53,6	43,2± 4,7
T2	29,8	48,6	39,2± 4,2*
T3	34,9	54,6	44,8± 4,4‡
T4	36,1	54,6	45,4± 4,1‡
T5	37,0	54,4	45,7± 3,9‡
GPI. /T1	22,9	39,1	31,0± 3,7
T2	23,8	37,5	30,6± 3,1
T3	28,4	43,7	36,0± 3,5**‡
T4	28,4	46,8	37,6± 4,2**‡
T5	29,2	50,1	39,6± 4,7**‡

Significación *= p<0.05. T1; ‡= p<0.05. T2.

En la tabla 4.7. Se puede observar que para el GPT el ANOVA señala primero una reducción significativa (p<0,05) en esta variable de estudio. El factor de corrección de

Bonferroni señala esta diferencia entre la evaluación T1 y T2. El mismo factor de corrección de Bonferroni señala que los resultados de las evaluaciones T3, T4 y T5, muestran mejoras significativas con relación a la evaluación T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 5,7%.

Para el caso del GPI el ANOVA señala diferencias significativas, el factor de corrección de Bonferroni señala esta diferencia entre las evaluaciones T3, T4 y T5 con relación tanto T1 como a T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 27,7%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente se produjeron diferencias significativas ($p < 0,05$) considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto en el caso de esta variable si se han registrado diferencias significativas tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento que son favorables para GPI.

En la siguiente figura 4.5. Se pueden observar gráficamente las variaciones en las cinco evaluaciones con relación a esta variable de estudio, así como la modificación porcentual entre T1 y T5.

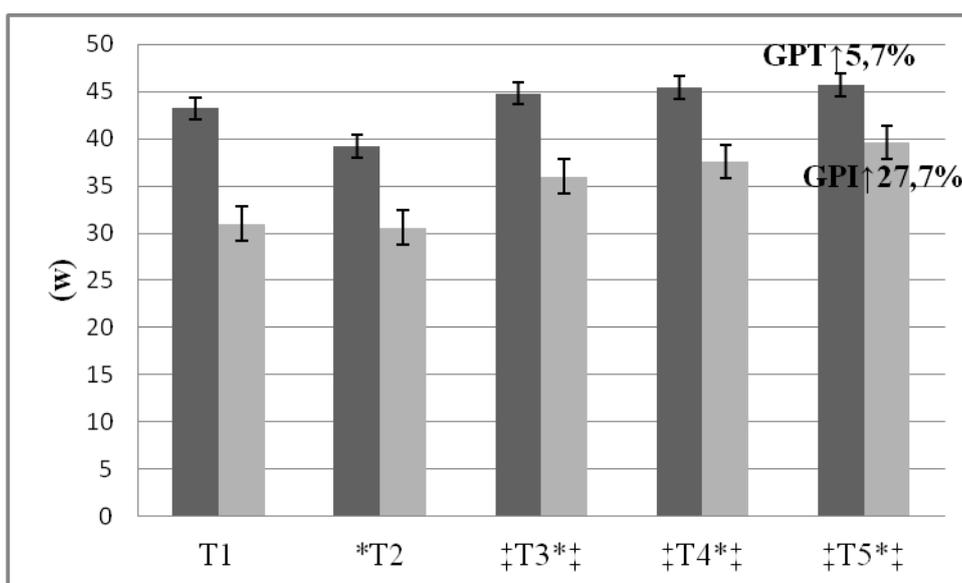


Figura 4.5. Evaluaciones de Potencia Específica de Nado (PEN);

Significación *= p<0.05. Con relación a T1; ‡= p<0.05. Con relación a T2.

4.3.2. EVALUACIONES DE CARGA MÁXIMA DE ARRASTRE (CMA).

A continuación la tabla 4.8. Muestra los datos registrados en las evaluaciones de esta variable de estudio.

Tabla 4.8. Evaluaciones de Carga Máxima de Arrastre (Kg).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	40,1	59,4	49,7± 4,3
T2	38,2	57,5	47,9± 4,3
T3	40,2	58,9	49,5± 4,2
T4	41,7	59,9	50,8± 4,1
T5	43,2	59,6	51,4± 3,7
GPI. /T1	32,2	49,3	40,7± 3,9
T2	32,5	49,7	41,1± 3,9
T3	35,5	53,8	44,6± 4,2
T4	37,0	52,1	44,6± 3,4*
T5	36,8	53,8	45,3± 3,9*‡

Significación *= p<0.05. T1; ‡= p<0.05. T2.

En la tabla 4.8. Se pueden observar que en el caso del GPT se registran mejoras en esta variable, el ANOVA señala que estas diferencias no son de carácter significativo. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 3,4%.

En el caso del GPI se registran mejoras en todas las evaluaciones, el ANOVA señala que estas diferencias son significativas ($p < 0,05$) y el factor de corrección de Bonferroni señala estas diferencias entre las evaluaciones T4 y T5 con relación a T1, el mismo factor de corrección de Bonferroni indica que además la evaluación T5 es nuevamente significativa con relación a T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 11,3%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente se produjeron diferencias significativas ($p < 0,05$) considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto y para el caso de esta variable se han registrado diferencias significativas tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento y estas diferencias son a favor de GPI.

En la siguiente figura 4.6. Se pueden observar gráficamente las variaciones en las distintas aplicaciones de evaluación así como la modificación porcentual entre T1 y T5.

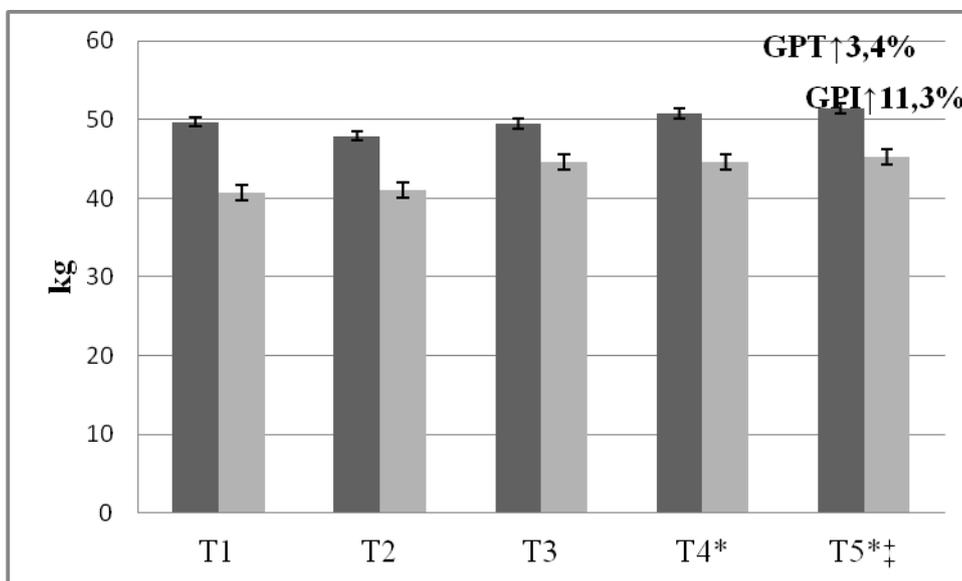


Figura 4.6. Evaluaciones de Carga Máxima de Arrastre (CMA);

Significación *= $p < 0.05$. Con relación a T1; ‡= $p < 0.05$. Con relación a T2.

La tabla 4.9. Muestra en síntesis de las variaciones registradas por ambos grupos en cuanto a las evaluaciones de nado resistido con el empleo de la herramienta *aquaforce*. Se exponen las medias con desviación típica y modificación porcentual entre T1 y T5.

Tabla 4.9. Síntesis de evaluaciones de nado resistido.

Grupo	Var.	T1	T2	T3	T4	T5	% modif. T1-T5
GPT	PENGCE (w)	43,2± 4,7	39,2± 4,2*	44,8± 4,4‡	45,4± 4,1‡	45,7± 3,9‡	↑5,7%
	CMA (Kg)	49,7± 4,3	47,9± 4,3	49,5± 4,2	50,8± 4,1	51,4± 3,7	↑3,4%
GPI	PENGCE (w)	31,0± 3,7	30,6± 3,1	36,0± 3,5*‡	37,6± 4,2*‡	39,6± 4,7*‡	↑27,7%
	CMA (Kg)	40,7± 3,9	41,1± 3,9	44,6± 4,2	44,6± 3,4*	45,3± 3,9*‡	↑11,3%

Var = variables; GPT = grupo de periodización tradicional; GPI = grupo de periodización inversa; ± = desviación típica; PENGCE = potencia específica de nado generada con cargas externas; CMA = carga máxima de arrastre; Significación *= p<0.05. T1; ‡= p<0.005. T2; †= p<0.05. T3.

4.4. EVALUACIONES DE COMPOSICIÓN CORPORAL.

A continuación se presentan los resultados de las variaciones en composición corporal de Peso (Pe), masa musculo-esquelética (MME) y masa grasa (MG) siguiendo el orden de enumeración para la exposición de los resultados de las cinco evaluaciones y para ambos grupos de estudio.

4.4.1. EVALUACIONES DE PESO CORPORAL (PC).

La tabla 4.10. Señala los resultados en relación a las variaciones de kilogramos de peso que se registraron en las cinco evaluaciones.

Tabla 4.10. Evaluaciones de Peso corporal (Kg).

<i>Grupo/Evaluación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media± dt.</i>
GPT./ T1	62,1	70,2	66,2± 1,7
T2	62,5	71,4	66,9± 1,8
T3	62,7	71,9	67,3± 1,9
T4	62,1	71,6	66,8± 2,0
T5	61,8	71,8	66,8± 2,1
GPI./ T1	54,5	67,1	60,8± 2,7
T2	54,8	66,5	60,7± 2,5
T3	55,6	67,3	61,4± 2,5 [‡]
T4	55,9	67,5	61,7± 2,5 ^{*‡}
T5	56,1	67,7	61,9± 2,5 ^{*‡}

Significación ‡= p<0.05. T2.

Como se puede ver en los resultados de la tabla 4.10. Para el GPT se registran aumentos de kilogramos de peso, el ANOVA de medidas repetidas señala que no son significativas estas variaciones. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 0,9%.

En el caso del GPI los resultados señalan aumentos de peso en la mayoría de sus evaluaciones. El ANOVA señala que estas diferencias son significativas ($p < 0,05$) y el factor de corrección de Bonferroni las señala primero entre las evaluaciones T4 y T5 con relación a T1 y de nueva cuenta se registran diferencias significativas entre las mediciones T3, T4 y T5 y su relación con T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 1.8%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente no se produjeron diferencias significativas considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto no se han registrado diferencias para esta variable tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento.

La figura 4.7. Muestra de manera grafica las variaciones registradas en cada evaluación, así como la modificación porcentual entre T1 y T5 en ambos grupos.

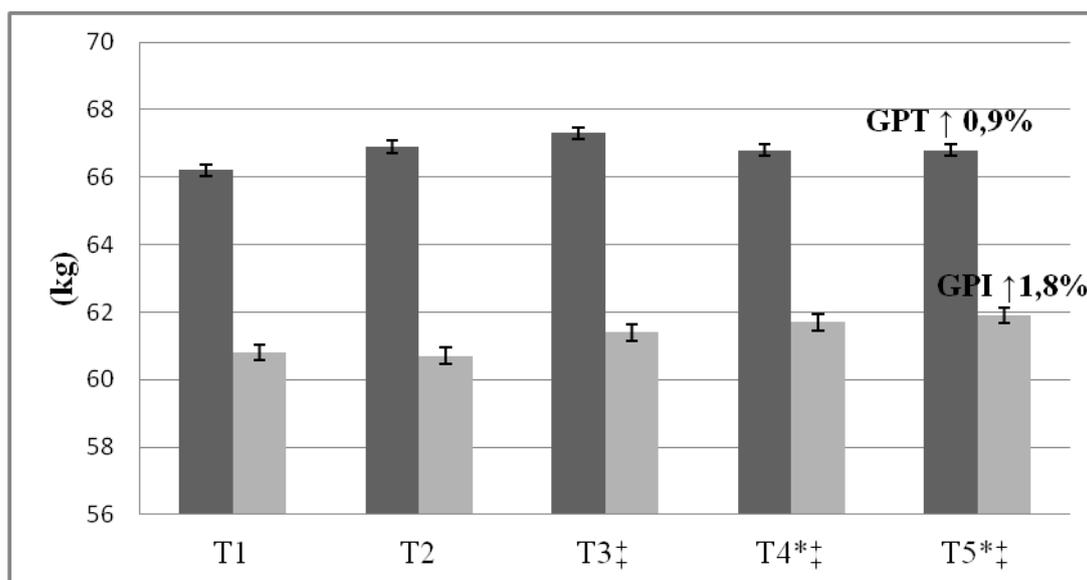


Figura 4.7. Variaciones peso corporal (kg); *= $p < 0.05$. Con relación T1;

‡= $p < 0.05$. Con relación a T2.

4.4.2. EVALUACIONES DE MASA MUSCULO-ESQUELÉTICA (MME).

Los resultados de las evaluaciones en masa musculo esquelética son presentados a continuación en la tabla 4.11.

Tabla 4.11. Evaluaciones de Masa Musculo-Esquelética (kg).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	26,7	34,4	30,6± 1,6
T2	27,1	34,8	31,0± 1,6
T3	28,0	35,9	32,0± 1,6 ^{*‡}
T4	27,4	36,0	31,7± 1,8
T5	27,4	35,9	31,7± 1,8
GPI. /T1	24,7	32,0	28,4± 1,6
T2	24,9	31,9	28,4± 1,5
T3	25,2	32,4	28,8± 1,5
T4	25,6	32,9	29,2± 1,6 [*]
T5	25,7	32,8	29,2± 1,5 [*]

Significación ^{*}= p<0.05. T1; [‡]= p<0.05. T2.

Los resultados señalan incrementos en ambos grupos en esta variable de estudio y que en el caso del GPT el ANOVA señala diferencias significativas (p<0,05), el factor de corrección de Bonferoni, indica que estas diferencias son en cuanto a la evaluación T3 tanto en su relación a la evaluación T1 como con la evaluación T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPT es de 3,5%.

En el caso del GPI los aumentos y diferencias son señalados por el ANOVA como significativos ($p < 0,05$) y el factor de corrección de Bonferroni señala que estas diferencias son en la evaluación T4 y T5 con relación a la evaluación T1. La modificación porcentual entre T1 y T5 para GPI es de 2,8%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente no se produjeron diferencias significativas considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto no se han registrado diferencias significativas en esta variable tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento.

Los resultados registrados durante los registros de esta variable de estudio, así como la modificación porcentual entre T1 y T5 son presentados gráficamente en la siguiente figura 4.8.

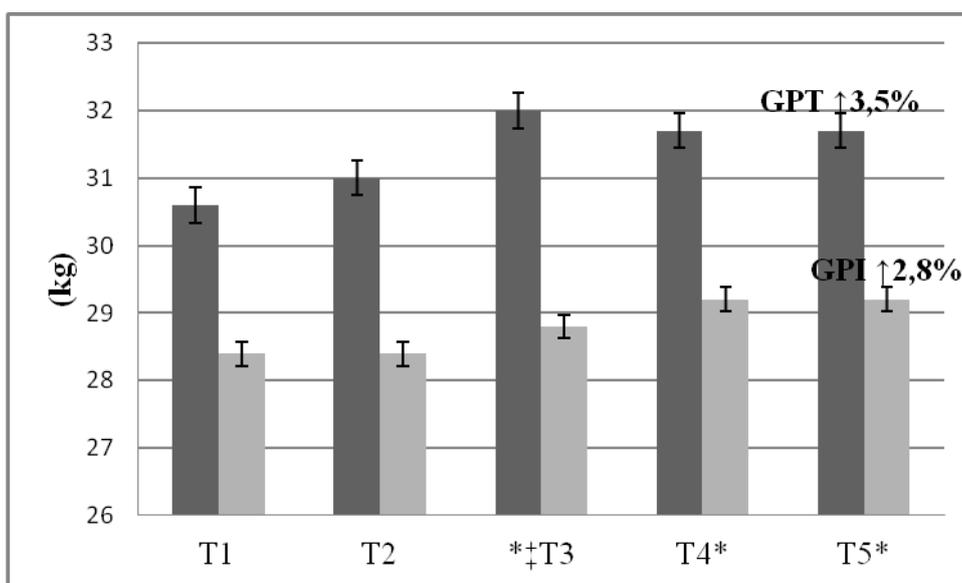


Figura 4.8. Variaciones de MME (kg); *= $p < 0.05$. Con relación T1;

‡= $p < 0.05$. Con relación T2.

4.4.3. EVALUACIONES DE MASA GRASA (MG).

A continuación se presentan los resultados de las variaciones registradas en la variable de masa grasa (tabla 4.12).

Tabla 4.12. Evaluaciones de Masa Grasa (kg).

Grupo/Evaluación	Mínimo	Máximo	Media± dt.
GPT. /T1	7,3	15,5	11,4± 1,7
T2	7,5	15,6	11,5± 1,7
T3	6,6	14,2	10,4± 1,5*
T4	6,4	14,5	10,4± 1,6*
T5	6,4	14,3	10,3± 1,6*
GPI. /T1	6,8	12,7	9,8± 1,2
T2	6,9	12,1	9,5± 1,1
T3	7,0	12,4	9,7± 1,1
T4	6,2	12,2	9,2± 1,3
T5	6,4	12,4	9,4± 1,3

Significación = *p<0.05

Los resultados señalan reducciones de MG en ambos grupos de estudio. En el caso del GPT el ANOVA señala que estas diferencias son significativas (p<0,05) en las evaluaciones T3, T4 y T5 con relación a T1. La modificación porcentual registrada para este grupo entre T1 y T5 es de 10,6%.

Para el caso del GPI no se registran cambios significativos; la modificación porcentual entre T1 y T5 es de un 4,2%.

El ANOVA de medidas repetidas para la comparación entre grupos señala que estadísticamente se produjeron diferencias significativas ($p < 0,05$) considerando el factor grupo por tipo de entrenamiento, por tanto se han registrado diferencias significativas en esta variable tras la utilización de los dos programas de periodización del entrenamiento y estas son a favor de GPT.

Los resultados y registros realizados en esta variable de estudio así como la modificación porcentual se presentan gráficamente en la siguiente figura 4.9.

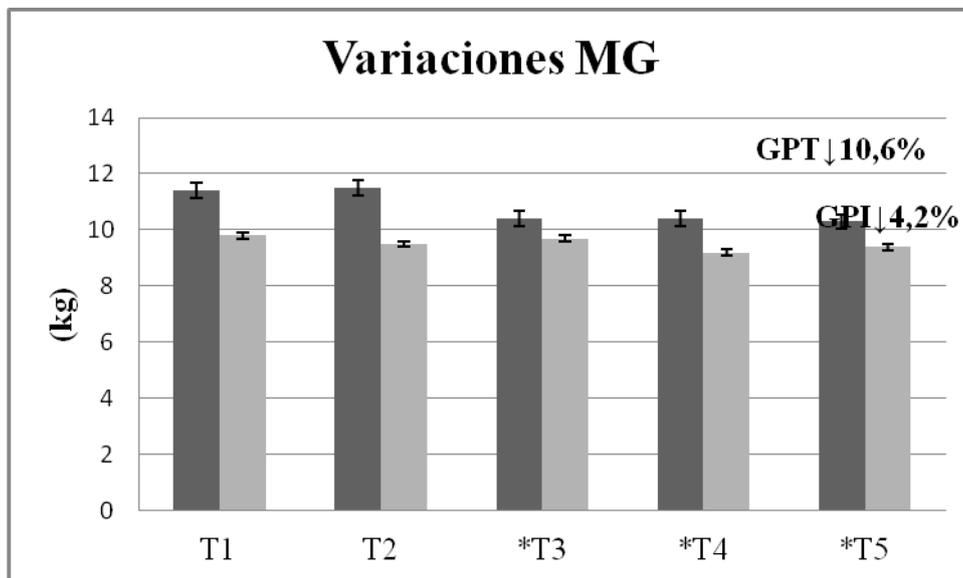


Figura 4.9. Variaciones de MG (kg); Significación = * $p < 0.05$.

La tabla 4.14. Muestra en síntesis de las variaciones de composición corporal para ambos grupos de estudio, se exponen las medias con desviación típica y el porcentaje de modificación entre T1 y T5.

Tabla 4.14. Síntesis de las evaluaciones de composición corporal.

Grupo	Var.	T1	T2	T3	T4	T5	% modif. T1-T5
GPT	PC (Kg)	66,2± 1,7	66,9± 1,8	67,3± 1,9	66,8± 2,0	66,8± 2,1	↑0,1
	MME (Kg)	30,6± 1,6	31,0± 1,6	32,0± 1,6 ^{*‡}	31,7± 1,8	31,7± 1,8	↑3,5
	MG (Kg)	11,4± 1,7	11,5± 1,7	10,4± 1,5 [*]	10,4± 1,6 [*]	10,3± 1,6 [*]	↓10,6
GPI	PC (Kg)	60,8± 2,7	60,7± 2,5	61,4± 2,5 [‡]	61,7± 2,5 ^{*‡}	61,9± 2,5 ^{*‡}	↑1,8
	MME (Kg)	28,4± 1,6	28,4± 1,5	28,8± 1,5	29,2± 1,6 [*]	29,2± 1,5 [*]	↑2,8
	MG (Kg)	9,8± 1,2	9,5± 1,1	9,7± 1,1	9,2± 1,3	9,4± 1,3	↓4,2

Var = variables; GPT = grupo de periodización tradicional; GPI = grupo de periodización inversa; ± = desviación típica; PC = peso corporal; MME = masa musculo-esquelética; MG = masa grasa; Significación * = p<0.05. T1; ‡= p<0.05. T2.

5. DISCUSIÓN.

El objetivo principal de esta tesis doctoral fue: estudiar y comparar los resultados de rendimiento en natación, en la prueba de 100 metros crol; posteriores a 14 semanas de entrenamiento siguiendo dos distintas organizaciones del macrociclo de preparación: Periodización tradicional vs. Periodización inversa.

Para cumplir este cometido se contó con la participación del grupo GPT que actuó como control, y que realizó un entrenamiento organizado en forma de periodización tradicional y sobre el que no se tuvo posibilidad de manipular las variables, ya que el entrenador diseñó el programa de trabajo para sus nadadores y nos lo facilitó siguiendo el modelo mencionado. Por otro lado, se realizó un tratamiento basado en un modelo de periodización inversa que fue desarrollado por un segundo grupo experimental. Ambos grupos desarrollaron los respectivos modelos de periodización durante un periodo de 14 semanas en los cuales se registraron cinco evaluaciones que siguieron el procedimiento descrito en el capítulo 3 referente a la metodología desarrollada en esta investigación doctoral.

A nuestro conocimiento este es el primer estudio de carácter experimental que realiza una comparación entre periodización tradicional y periodización inversa en natación. Precedentes estudios que comparan periodización tradicional y periodización inversa se realizaron en el área del fitness y en remo femenino (Rhea et al., 2003; Ebben et al., 2004; Prestes et al., 2009), aunque éstos incluyen resultados de evaluaciones del rendimiento físico en disciplinas que difieren del rendimiento de la natación debido al alto grado de especificidad técnica requerida en el deporte de la natación (Holmer y Astrand, 1972; Magel et al., 1975; Mc Ardle et al., 1978). Teniendo esto en consideración expondremos a continuación esta comparación entre estudios, antes de dar seguimiento a la discusión de las variables registradas para la presente tesis doctoral.

Las modificaciones verificadas en esta investigación en cuanto a la mejora del rendimiento físico-deportivo, concuerdan con los resultados de Rhea et al., (2003) quien

en su investigación no registró diferencias significativas en resistencia muscular entre periodización tradicional y periodización inversa en fitness, pero al realizar el análisis de la magnitud y tamaño del efecto (TE) registró un $TE=0.27$, lo que significa que una tercera parte de la desviación estándar de periodización inversa es favorable para el desarrollo de la resistencia muscular por encima de los grupos de periodización tradicional y periodización ondulante comparados por Rhea et al., (2003). En el caso de esta investigación además de registrarse diferencias significativas en cuanto a mejora del rendimiento de la natación por parte del GPI, estas mejoras y registros son ligeramente superiores a los de Rhea et al., (2003). Estas diferencias podrían deberse a que los grupos de estudio de esta investigación entrenaban un mínimo de 5 días por semana a diferencia de las dos sesiones semanales de entrenamiento de los grupos de estudio del trabajo de Rhea et al.,(2003). A raíz de esto, los resultados y diferencias entre grupos pueden ser evidentemente más notables para los grupos de estudio involucrados en esta investigación.

Por otra parte una de las principales debilidades de esta investigación fue la imposibilidad de formar grupos aleatorios, ya que los grupos de entrenamiento corresponden a los propios nadadores de cada club y por lo tanto su ficha federativa les vinculaba directamente con éstos. Como podemos ver en los apartados descriptivos por grupo, al inicio del estudio las diferencias promedio entre grupos fueron marcadamente favorables para el GPT, lo que significa que el GPI tenía un nivel de entrenamiento relativamente menor sin llegar a ser significativo como se puede confirmar en la prueba de normalidad realizada. Sin embargo, ambos grupos involucrados en esta investigación contaban con una experiencia en el entrenamiento y competición en natación entre 3 y 5 años, lo que podría ser considerado como reducida experiencia al compararla con los 10 años de práctica deliberada que es considerada por los expertos en metodología del entrenamiento como prerrequisito indispensable para alcanzar el alto rendimiento deportivo (Navarro et al., 2003, 2004, 2010). En este sentido las mejoras significativas registradas en las distintas evaluaciones de este estudio concuerdan con las conclusiones de Eben et al., (2004) quienes consideran que la periodización inversa aparentemente es más útil y favorable para el desarrollo del nivel competitivo de grupos noveles como los involucrados en esta investigación.

Los valores y registros de nado resistido del GPI constatan que la variable de PEN fue la que registró el índice más alto de modificación entre T1 y T5 con un 27,7%, seguido de la variable CMA que podemos interpretar como una expresión directa de la fuerza dinámica máxima de nado y que reflejó modificaciones de un 11,3% para el GPI frente a un 3,4% alcanzado por el GPT. En este sentido, los resultados encontrados en el presente estudio son contradictorios a los resultados obtenidos por Prestes et al., (2009) que al comparar los efectos sobre la fuerza máxima y la resistencia muscular entre estas dos distintas formas de periodización, concluyeron que ambos grupos mejoraron significativamente tanto la fuerza máxima como la resistencia muscular pero el grupo de periodización tradicional obtuvo ligeras mejoras (0,05%) en fuerza máxima por encima del grupo de periodización inversa. El mismo autor atribuye estas diferencias a que probablemente el método que emplearon (entre 4RM y 12RM) no representa un estímulo eficiente para el desarrollo de la resistencia muscular como el empleado por Rhea et al., (2003) en que emplearon cargas que oscilaron entre 15 y 25RM. Por otra parte, en cuanto a las variables de composición corporal registradas en esta investigación, ninguno de los grupos involucrados alcanzaron el 7,18% de ganancia en masa libre de grasa reportado por Prestes et al.,(2009), y en el caso del presente estudio las diferencias significativas se registran en el caso del GPI difiriendo ampliamente del estudio desarrollado por Prestes et al.,(2009). Estas diferencias en cuanto a registros de fuerza y composición corporal se deben principalmente al tipo de actividad física (natación y fitness) y frecuencia de entrenamiento de los grupos involucrados (5~6 vs. 2 d/semana) en cada una de las investigaciones. Por otra parte, en el caso del estudio de Prestes et al., (2009) los volúmenes e intensidades de los grupos estudiados fueron igualados y en el caso de esta disertación difieren completamente los volúmenes e intensidades desarrollados por los dos grupos de estudio.

A continuación se abordara en esta discusión las variables de estudio descritas en el apartado de la metodología; para esto se seguirá el mismo orden en que fueron establecidos los objetivos de estudio; lo que significa que se realizará en primer lugar las comparaciones de rendimiento en natación y nado resistido, para finalmente estudiar los resultados registrados en las valoraciones de composición corporal.

5.1. EVALUACIONES DE RENDIMIENTO EN NATACIÓN.

Como se ha establecido el objetivo principal de esta investigación fue estudiar y comparar los resultados de rendimiento en natación en la prueba de 100 metros crol tras 14 semanas de entrenamiento siguiendo dos distintos modelos de periodización. Por lo mismo, la relevancia de los resultados en la prueba de nado de 100m crol permitirá confirmar o desestimar la hipótesis inicial de este estudio. A continuación se analizarán los resultados en torno a las valoraciones de nado.

5.1.1. EVALUACIONES EN TIEMPO 100 M. CROL.

Los resultados en la variable t100c, muestran mejoras de rendimiento para ambos grupos participantes de este estudio.

Para el caso de GPT estas mejoras no son significativas y son evidentemente menores que para el caso del GPI. Al comparar la modificación porcentual entre las evaluaciones T1 y T5, que son de un 0,4% para el GPT y de un 7,0% para el GPI. El ANOVA de medidas repetidas muestra que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos grupos considerando el factor grupo por entrenamiento, es decir que el grupo experimental de esta investigación demostró estadísticamente que el programa de intervención elaborado para el GPI resultó más eficiente para la mejora del rendimiento expresada en la variable t100c que el GPT. Lo que nos permite afirmar que en el caso de este estudio el programa de periodización inversa basado en un modelo de bajo-volumen/alta-intensidad resultó más eficiente que el modelo tradicional alto-volumen/moderada intensidad.

Atribuimos principalmente las diferencias entre grupos a que el modelo empleado para la preparación del GPI fue caracterizado por un volumen, intensidad y recuperación adecuados a la estructura de rendimiento de este tipo de pruebas, ya que se considera uno de los métodos de entrenamiento con mayor transferencia a los requerimientos de velocistas especialistas de sprint entre 50 y 200m como afirman y recomiendan los expertos (Platonov y Bulatova, 2004; Verkhoshansky, 2004; Navarro, 2004; Weineck,

2005; Newton, 2007). Por otra parte, los métodos tradicionales empleados en esta investigación por el GPT demuestran no ser de mejor aplicación al rendimiento de la velocidad, y confirmando la falta de especificidad a la que hacen alusión Costill, et al., (1988, 1991), Kirwan, et al., (1998), Rushall, (1999), Termin y Pendergast, (2000), Verkhosanski, (2004), Kamell, et al., (2006) o Hannula y Thornton, (2007). Se reafirman así los resultados de Faude, et al., (2008) y Sperlich, et al., (2010) en el sentido que el entrenamiento de alto volumen no ofrece ventajas sobre el entrenamiento de alta intensidad.

Para el grupo que participó como control (GPT), la mejora más importante se registró entre las evaluaciones T1 y T2. Esta mejora representó un 0,4% y correspondió al periodo preparatorio general con series principalmente extensivas de nado continuo. Una posterior mejora del 0,1% se registró en el periodo preparatorio específico entre las evaluaciones T2 y T3 que correspondió al periodo en que el entrenamiento de la resistencia se intensificó con series más cortas (de 100 y 200m) que en el mesociclo precedente, pero nadados a una mayor intensidad. Posteriormente, durante el periodo competitivo no se registran cambios para el tercer mesociclo cuando se introdujeron las series HIT ya que los valores promedio son los mismos que entre T3 y T4. Finalmente, en el periodo que corresponde al cuarto mesociclo denominado taper, caracterizado por una marcada reducción del kilometraje de nado, se registró también una reducción del rendimiento de un 0,1% entre las evaluaciones T4 y T5.

Los resultados de este estudio son coincidentes con los de Ryan et al., (1990) quienes establecen que las mayores adaptaciones a la carga del entrenamiento se registran aproximadamente en las primeras 4 semanas de incremento de trabajo aeróbico, y que aumentos posteriores en volumen o intensidad de carga no reflejan mejoras significativas debido a que los incrementos en la velocidad de nado para grupos con experiencia competitiva son de carácter neural antes que biomecánicas. Por ello, sería aconsejable que estas capacidades se entrenen al principio de los programas de entrenamiento y al inicio de las sesiones de trabajo como afirman Rushall y Thompson, (1974) Rushall, (1999) y King, (2000). Estos mismos autores consideran que la fatiga crónica es el fenómeno más importante a evitar en el entrenamiento de la natación.

En el caso del grupo experimental, se observan continuas mejoras de carácter significativo para esta misma variable. Durante el primer mesociclo se registró una mejora de un 2,6% entre las evaluaciones T1 y T2 que correspondió al periodo en que se desarrollo el entrenamiento resistido (ER) con repeticiones de 10m y con recuperación completa de un mínimo de 3 minutos, así como el empleo del dispositivo *Aquaforce®*. Una nueva mejora de un 2,7% se registró entre las evaluaciones T2 y T3 y que correspondió al periodo de entrenamiento ultra corto (UST) con series de 15m a máxima intensidad con una relación trabajo/descanso de 1:2 y con una recuperación pasiva de 5 minutos entre tandas, esta fue la mejora más alta registrada para este grupo. Entre las evaluaciones T3 y T4 se registró una nueva mejora de 1,5%, esto se sucedió cuando fueron introducidas las sesiones de entrenamiento intensivo de alta intensidad (HIT) con series de 25m a velocidad máxima en régimen de trabajo 1:2, alternadas con entrenamiento aeróbico (ThT) (series de 100m nadados a ritmo aeróbico medio). En este mesociclo fue donde se desarrollo el mayor volumen de trabajo. Finalmente en las evaluaciones T4 y T5 se registró una nueva mejora de 0,3% cuando el volumen del programa de entrenamiento se redujo en un 50%, aunque se mantuvieron los estímulos de alta intensidad que caracterizaron el trabajo de este grupo experimental.

Resulta evidente la influencia que el entrenamiento resistido tuvo en las mejoras del tiempo en 100m crol para el GPI. Esto puede ser atribuido a que las principales adaptaciones derivadas de este tipo de entrenamiento son neuromusculares tal y como afirman numerosos investigadores (Maglischo, 1982; Maglischo et al., 1985; Navarro, 2004, 2007; Gonzalez-Rave, 2009). Estos incrementos se reflejan al final del segundo mesociclo de entrenamiento ultra corto, donde se registraron los cambios más altos para este grupo y coincidiendo con las mejoras de un 2~4% mostradas por Rushall, (1999), Billat, (2001) y Laursen, (2004, 2010). En menor medida, al incorporar un entrenamiento de alta intensidad y aeróbico se continuaron registrando mejoras en esta variable que superan los resultados mostrados por Toussaint y Vervoorn (1990) y los de Termin y Pendergast, (2000). Finalmente, en el periodo de taper se vuelven a registrar mejoras aunque no tan altas como en las mediciones anteriores, y que concuerdan con Hopper et al., (1998) y Rinehardt et al., (2000) pero que son discordantes y menores a los registros de Mujika (2003; 2010) Trinity et al., (2005, 2006) y Papoti, et al., (2006), pero estas

diferencias pueden atribuirse a que el GPI no realizó un volumen tan elevado del que se pudieran esperar grandes modificaciones posteriores al taper.

Al realizar comparaciones con estudios precedentes, los resultados registrados en esta investigación por parte del GPI en la variable t_{100c} (7.0%) son superiores al 3,3% registrado por Toussaint, y Vervoorn, (1990), incluso desde la semana 8 donde en la evaluación T3 ya se registraba una mejora significativa de 5,4% con lo que consideramos que la organización realizada por el GPI así como el material utilizado (*aquaforce* vs MAD) fue notablemente mejor y de mayor utilidad para el desarrollo de la velocidad de nado y tiempo requerido para completar la prueba de 100 metros crol. Los resultados encontrados en este estudio superan los de Kame et al., (1990) que tras realizar un entrenamiento durante 17 semanas reportan mejoras en valores de VO_2max . que no representaron mejoras en tiempo de competición. Los hallazgos de esta tesis doctoral son muy cercanos al 10% de mejora reportado por Termin, y Pendergast, (2000), pero el GPI en esta investigación lo registra para 14 semanas, mientras que los mostrados por Termin, y Pendergast, (2000) lo hacen tras 4 años de preparación.

Estos resultados muy posiblemente se sucedieron debido a que en la planificación del macrociclo de periodización inversa se estableció un óptimo equilibrio entre la alta intensidad de las sesiones de entrenamiento y un adecuado restablecimiento físico coincidiendo con otras investigaciones (Kame et al., 1990; Costill et al., 1991; Rushall 1999; Termin, y Pendergast, 2000; Billat, 2001); además podemos mostrar a la luz de los resultados de esta investigación que la secuencia establecida por Navarro (2010) es la mejor opción de preparación:

1. Potencia y velocidad aláctica
2. Producción y tolerancia láctica
3. Eliminación de lactato y entrenamiento aeróbico
4. Seguimiento de un periodo final de afinamiento.

Los hallazgos de esta investigación coinciden por tanto con la propuesta de King, (2000), Ebben et al., (2004) y Navarro, (2010) en cuanto a la estructura de periodización inversa y que constituyó la mejor opción de entrenamiento de velocistas de 100m crol para el grupo experimental en este estudio.

5.1.2. EVALUACIONES DE VELOCIDAD DE NADO.

En lo concerniente a los registros de velocidad de nado expresados como variable VN, se observa una estrecha relación con la variable t100c. El ANOVA de medidas repetidas muestra que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre grupos, considerando el factor grupo por entrenamiento, lo que significa que se registraron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento para el caso de esta variable y que son a favor del GPI.

Se observan continuas reducciones para el GPT que en ninguna de las evaluaciones llega a registrarse como significativa. Para este GPT el valor más bajo se registra en la evaluación T4 donde VN se ve reducida un 1,9% con relación a la evaluación T1, sin embargo, este mismo 1,9% es registrado como mejora en la posterior evaluación T5 y que correspondió al periodo posterior a la realización del taper. En el caso de este grupo no se produjo modificación porcentual entre la evaluación T1 y T5 lo que significa que las oscilaciones retoman los valores basales registrados en la primer evaluación.

Por lo tanto, aseveramos que la fatiga provocada por el alto volumen de trabajo realizado en el periodo preparatorio general condicionó de manera importante las adaptaciones esperadas para los siguientes periodos y mesociclos de entrenamiento del GPT; estos hallazgos coinciden con los de Ryan et al., (1990) o Termin y Pendergast, (2000). A pesar de que este grupo incluyó en su programación series HIT similares a las del GPI, no se registraron los mismos efectos, probablemente debido a que el trabajo de alta intensidad, aunque sus efectos se producen a corto plazo, debe ser empleado con sumo cuidado para evitar un exceso de estímulos que fácilmente pueden generar estados de sobrecarga o sobreentrenamiento (Sperlich, et al., 2010). En este caso, el alto volumen de nado

desarrollado en el periodo preparatorio pudo influir negativamente en los efectos de mejora del rendimiento esperados con la programación del HIT como en el estudio de Ryan et al., (1990), que realizaron continuos incrementos de volumen de trabajo con fondistas y medio-fondistas de élite de estadounidenses, y sólo registraron mejoras de rendimiento en las primeras 4 semanas de preparación de un total de 16. De igual manera se considera que el alto volumen de entrenamiento aeróbico tanto extensivo como intensivo pudo interferir de manera concurrente con el entrenamiento de la mejora de velocidad de nado como estableció Navarro, (1998, 2004) observándose que el GPT presentaba continuas reducciones de velocidad de nado que únicamente se mejoró ligeramente en el periodo de reducción del entrenamiento, aunque en todo caso sólo retornó a los valores registrados en la medición T1.

En el caso del GPI se produjeron mejoras continuas en todas las mediciones, siendo significativas ($p < 0,05$) en T3, T4 y T5 con su relación tanto con T1 como con T2. Las modificaciones fueron de un 1,4% entre T1 y T2 correspondientes al mesociclo de entrenamiento resistido; posteriormente se registró una nueva mejora de 4,2% entre las mediciones T2 y T3 cuando fue introducido el UST, siendo ésta la más amplia registrada entre evaluaciones. Entre las mediciones T3 y T4 se produjo un nuevo incremento de 0,6% durante el mesociclo HIT y ThT. Finalmente entre las evaluaciones T4 y T5 se registra un incremento del 0,6%. La modificación porcentual entre las evaluaciones T1 y T5 es de un 6,4%.

Resulta evidente la influencia que el entrenamiento resistido tiene en las mejoras de nado registradas por el GPI, esto puede ser atribuido a que las principales adaptaciones derivadas de este tipo de entrenamiento son neuromusculares (Maglischo, 1982; Maglischo et al., 1985) y que sus mejores resultados fueron al final del segundo mesociclo de entrenamiento ultra corto donde se verificaron las mayores mejoras de velocidad de nado. Por lo tanto, el primer y segundo mesociclos del GPI crearon las adaptaciones necesarias para desarrollar una serie de transferencias positivas en los mesociclos posteriores (Rushall, 1999; Termin, y Pendergast, 2000; Billat, 2001; Navarro, 2007, 2010).

Los resultados del presente estudio coinciden con los trabajos de Laursen et al., (2002, 2005); Laursen, and Jenkins, (2002) y Laursen, (2010) en relación con el HIT en distintas disciplinas deportivas, ya que los grupos que integran este tipo de entrenamiento pueden reflejar mejoras en su rendimiento de un 2~4%. Podemos constatar que el porcentaje de mejora en la VN entre las mediciones T2 y T3 fue de un 4,2% cuando fue introducido el UST. Además se continuaron registrando mejoras al introducir el HIT y ThT de un 0,6% para el siguiente macrociclo.

En cuanto al taper de dos semanas realizado en esta investigación, para ambos grupos la reducción de volumen de entrenamiento mejoró el rendimiento aunque no de forma significativa, coincidiendo con los trabajos de Hopper et al., (1998) y Rinehardt, et al., (2000). Sin embargo la mejora de ambos grupos expresados en las variables t100c y VN, es mucho menor al 3% estimado por Mujika, (2003; 2010), o por otros autores como Trinity, et al., (2005, 2006) o Papoti, et al., (2006). Estas diferencias podrían deberse a que, en el caso del GPT el alto volumen de entrenamiento podría haber requerido de más tiempo para eludir completamente los signos de fatiga y manifestar un completo restablecimiento como muestran los estudios de Thomas, et al., (2008) y en el caso del GPI el volumen de trabajo no fue tan alto que requiriera más de 15 días de taper.

Las mejoras registradas en las valoraciones de t100c y VN nos permiten evidenciar que para el GPI, el programa de entrenamiento no sólo economizó tiempo de entrenamiento y consecuentemente kilómetros de nado, sino que además este tiempo de preparación fue empleado de manera más eficiente que el alto kilometraje y tiempo de preparación empleado por GPT coincidiendo con Faude et al., (2008) y Sperlich et al., (2010) quienes consideran que el entrenamiento de alto volumen no representa ventajas sobre el entrenamiento de alta intensidad. Con estos resultados coincidimos también con Kame et al., (1990), al destacar que el grupo que mejor preparación realizó para la medición T5 fue el grupo experimental, que basó su preparación principal en el entrenamiento de alta intensidad, y que al mismo tiempo incluyó entrenamientos técnicos principalmente en las sesiones complementarias, que tenían como objetivo permitir el restablecimiento físico entre sesiones de alta intensidad.

5.1.3. EVALUACIONES DE BRAZADAS REALIZADAS.

En lo concerniente al número de brazadas totales, los resultados muestran continuos incrementos de esta variable para ambos grupos. El ANOVA de medidas repetidas muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos considerando el factor grupo por entrenamiento, lo que significa que no se registraron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento.

En el caso del GPT, el incremento de un 4,5% registrado entre T1 y T2 vuelve a ser el más alto registrado para este grupo, y como en el caso de la variable t100c, también correspondió al periodo preparatorio general en el que se realizaban tareas de carácter aeróbico extensivo. Las evaluaciones posteriores registraron reducciones de las BT entre un 0,6 y 1,0%. La modificación porcentual entre T1 y T5 representa un incremento en BT del 3,4% para el GPT.

Para el GPI, entre las evaluaciones T1 y T2 se registró un incremento en BT de 0,4%. Posteriormente al introducir el UST se registra un nuevo incremento entre las mediciones T2 y T3 con un aumento del 3,5% entre ambas. Para el caso de esta variable, el único registro que representó diferencias significativas se da en la evaluación T4 con relación a T1, con un incremento del 7,8%, y que corresponde al periodo de entrenamiento de mayor volumen de trabajo donde fue introducido el HIT y ThT. En la medición T5, los resultados señalan una importante reducción en BT de un 5,1% obteniendo nuevamente valores que no son registrados como significativos. La modificación porcentual entre T1 y T5 representa un incremento en BT del 2,6% para GPI.

Como se puede observar, ambos grupos incrementaron el número de brazadas, este fenómeno es característico de velocistas en formación (Rushall and Thompson, 1974; Rushall, 1999; Kame, et al., 1990; Termin, y Pendergast, 2000; Billat 2001). Por el contrario, para deportistas de categoría absoluta que compiten en distancias a partir de 400m, se reflejan mejoras en la distancia por brazada, como lo demuestran los estudios realizados por Sharp, (1993), Wakayoshi et al., (1993), y Pelayo et al., (2007, 2008).

La mejora de la velocidad crítica de nado determinada mediante el entrenamiento aeróbico, se mejora primero en la distancia por brazada antes de registrar incrementos significativos de lactato sanguíneo por encima de 4mM/l, afectando a la correcta biomecánica de nado como lo han demostrado estudios precedentes realizados al respecto (Ryan, et al., 1990; Wakayoshi, et al., 1993; Richardson, et al., 1993; Greenwood, et al., 2008; Neric, et al., 2006, 2009).

Los resultados de ambos grupos participantes de esta investigación concuerdan con los expuestos por Kame et al., (1990) y Faude et al., (2008) quienes observaron mejoras no significativas en la frecuencia de brazada en t100c. Del mismo modo ambos trabajos de investigación reflejan resultados menores al 8% de mejora promedio anual registrado por Termin y Pendergast, (2000) debido seguramente a que la citada investigación fue basada en un continuo intento de aumentar la velocidad de nado en base al incremento de brazadas.

5.1.4. EVALUACIONES EN DISTANCIA POR BRAZADA.

Los resultados expuestos muestran continuas reducciones de la distancia por brazada y reflejan valores que son inversamente proporcionales a los registros de la variable BT para ambos grupos de estudio. Es decir, ambos grupos redujeron DB en las distintas evaluaciones. El ANOVA de medidas repetidas muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos, considerando el factor grupo por entrenamiento lo que significa que no se registraron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento.

Para el GPT la medición T1 representa el valor más alto para esta variable, registrándose continuas oscilaciones que en ninguna de las evaluaciones llegan a ser significativas para el GPT. El valor menor en DB se registró en la evaluación T2 donde se observa una caída de la distancia por brazada de un 3,1%, correspondiente al mesociclo de entrenamiento

aeróbico extensivo; la diferencia porcentual entre las evaluaciones T1 y T5 en DB es de un 2,3%.

Para el caso del GPI, se presenta el mismo fenómeno inversamente proporcional entre las variables DB y BT. El valor más alto registrado para esta variable es en T1. Las posteriores evaluaciones registran continuas reducciones en la distancia por brazada llegando a registrarse una reducción significativa ($p < 0,05$) en T4, donde se observa una caída de un 10,8%. La posterior medición en T5 registra una mejora de DB de un 6,9% con relación a T4. La modificación porcentual entre T1 y T5 en DB es de un 3,7% para el GPI.

Las evaluaciones y registros señalados en las variables de BT y DB nos permiten ver que las mejoras registradas en t100c y VN se debieron a incrementos en el número de brazadas, que reflejaron a su vez reducciones en la distancia promedio por brazada y que en T4 llegaron a su punto crítico al registrar diferencias significativas ($p < 0,05$) que pueden interpretarse como reducciones en la eficacia de nado. Sin embargo, en T5, después de la reducción del kilometraje de entrenamiento se registra un retorno a valores relativamente normales tanto en BT como en DB.

Consideramos que la reducción de eficacia de nado registrado por el GPI en T4 pudo deberse a que es en esta evaluación donde se realizó el mayor volumen e intensidad de trabajo, y que al mismo tiempo fue donde se produjo un efecto más concurrente de todos los métodos de entrenamiento, puesto que durante las 4 semanas de trabajo entre T3 y T4 se sumaron los estímulos de los diferentes métodos (ER. UST. HIT. Y ThT), y que coinciden con las críticas al entrenamiento concurrente realizadas por los expertos (Maglischo et al., 1985; Rushall, 1999; Verkhoshansky, 2004, 2006; Navarro, 2004, 2007 Gonzalez-Rave, 2009; Issurin, 2008, 2010).

En el caso de la comparación de resultados de esta investigación y la realizada por Termin y Pendergast, (2000) resulta sumamente interesante contrastar la mejora de un 7,0% registrada en t100c por el GPI que se puede comparar con la evaluación empleada

en el citado estudio para las 100 yardas, y donde podemos ver que las mejoras obtenidas por el GPI en las 14 semanas son muy cercanas al 8% registrado por Termin y Pendergast, (2000) para el tercer año de la citada investigación. Al mismo tiempo ambas investigaciones registraron mejoras en el desarrollo de la velocidad de nado basadas en el incremento de la frecuencia de brazada empleando programas de entrenamiento fundamentados en la intensificación del entrenamiento. Sin embargo, aunque las mejoras de rendimiento son mayores para el GPI, estas diferencias podrían deberse no sólo a la organización del macrociclo, sino además a que los grupos noveles y relativamente entrenados pueden reflejar mejoras más amplias y notorias como en el caso del presente estudio, a diferencia del grupo evaluado por Termin, y Pendergast, (2000) en el que participaron nadadores universitarios de élite.

Este mismo hecho respalda las afirmaciones de Ebben, et al., (2004) quienes consideran que la periodización inversa es más útil para el desarrollo de la competitividad en grupos de reducida experiencia competitiva como los que participaron en esta disertación.

5.2. EVALUACIONES DE NADO RESISTIDO.

Para la realización de esta investigación doctoral el empleo del dispositivo concéntrico de nado resistido denominado *aquaforce*®. El *aquaforce*® fue una herramienta de medición y en el caso del grupo experimental constituyó un medio más de entrenamiento, siendo el primer elemento en integrarse al entrenamiento en el primer mesociclo de nado resistido. Dicho método de entrenamiento resistido fue empleado tres veces por semana; en los siguientes mesociclos se llevó a cabo una vez por semana para evitar perder el efecto residual de dicho entrenamiento, y al mismo tiempo poder introducir las nuevas tareas de entrenamiento ultra-corto, de alta intensidad y aeróbico.

A continuación se analizarán los resultados registrados en las variables de potencia específica de nado (PEN) y carga máxima de arrastre (CMA).

5.2.1. EVALUACIONES DE POTENCIA ESPECÍFICA DE NADO GENERADA CON CARGAS EXTERNAS.

El ANOVA de medidas repetidas muestra que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre grupos considerando el factor grupo por entrenamiento, lo que significa que se registraron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento, presentado mejores resultados en el GPI.

Los datos expuestos muestran continuas oscilaciones en las mediciones para el GPT, y que se produjo una reducción significativa ($p < 0,05$) en T2 de un 10,2%, condicionando de esta manera las demás evaluaciones al registrarse mejoras significativas ($p < 0,05$) en T3, T4 y T5 con relación a T2, pero no así con relación a T1. Esto se puede interpretar de tal forma que el mesociclo de entrenamiento aeróbico produjo una notable reducción de la PEN para este grupo ya que la modificación porcentual entre T1 y T5 no es significativa y representa una mejora global de un 5,7% en la PEN para el GPT.

Para el caso del GPI, se señala una reducción de un 1,3% entre las evaluaciones T1 y T2. Las posteriores evaluaciones T3, T4 y T5 son registradas como mejoras significativas tanto con relación a T1 como a T2. Estas mejoras representaron un porcentaje de un 3,2% entre T1 y T3, y de un 21,9% entre T1 y T4. Entre T2 y T3 se observa una mejora de un 17,6%, entre T2 y T4 se registra una mejora de un 22,8%, y entre T2 y T5 se registra la mejora más alta con un 29,4%. La mejora que se produjo entre T1 y T5 es de un 27,7% en la PEN para el GPI.

Comparando los resultados obtenidos en esta investigación con anteriores investigaciones, podemos ver que el 27,7% de mejora en PEN del GPI de este estudio es mayor al 21% registrado para la misma variable por Patnott et al., (2003). Las diferencias entre ambos estudios pueden ser debidas a las características entre grupos y a la temporalidad establecida para los mismos. El desarrollo de la investigación de Patnott et al., (2003) se realizó durante un periodo de 21 semanas y con nadadores universitarios bien entrenados, sin embargo las oscilaciones en los registros de PEN entre ambas

investigaciones son claramente coincidentes: se registraron reducciones de la PEN en las primeras evaluaciones y posteriormente se produjeron incrementos que coincidieron en ambos estudios, confirmando las conclusiones de Patnott et al., (2003) en el sentido de que la PEN es fluctuante durante el desarrollo de la temporada y que ésta se encuentra íntimamente relacionada con el rendimiento en competiciones de distancias menores de 200m.

Por otra parte, este estudio difiere ampliamente de los resultados expresados por Wright et al., (2009) quien registró mejoras de un 7,6% en la PEN, así como mejoras en la distancia de brazada pero sin incrementos en la frecuencia de la misma con tan solo 5 semanas de entrenamiento resistido. A diferencia de este estudio que registró reducciones de la PEN entre las primeras dos evaluaciones con posteriores incrementos en las siguientes, las mejoras de rendimiento del GPI se registraron en el incremento de la frecuencia de brazada y no en la distancia de la misma como en el caso de la investigación realizada por Wright et al., (2009). Estas diferencias podrían ser debidas a que los participantes de este estudio son nadadores en formación con menor experiencia en el entrenamiento y competición en natación que el grupo evaluado en el citado estudio. Otro punto importante a considerar es que Wright et al., (2009) organizaron las cargas de trabajo equivalentes al 80% del pico máximo de potencia, de modo que una reducida experiencia de los participantes del GPI y una carga ligeramente menor como en el caso de Wright et al., (2009) podrían haber originado estas diferencias.

5.2.2. EVALUACIONES DE CARGA MÁXIMA DE ARRASTRE.

El ANOVA de medidas repetidas muestra que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos grupos considerando el factor grupo por entrenamiento, lo que significa que tras la realización de los dos programas de entrenamiento mejoró más el GPI respecto al GPT.

En el caso del GPT, se muestran continuas modificaciones que en ninguna de sus evaluaciones se registran como significativas. Entre T1 y T2 se registran reducciones de un 3,7%, que se suceden en el mesociclo de entrenamiento aeróbico extensivo. Entre T2 y T3 se registra una mejoría de un 3,3% que casi alcanza los valores basales de la

evaluación T1 y que corresponden al periodo de entrenamiento aeróbico intensivo. Entre T3 y T4 se registra una nueva mejora de un 2,6% durante el periodo de entrenamiento aeróbico-anaeróbico donde se incluyó el entrenamiento HIT y series rotas. Y finalmente, entre T4 y T5 se registra una nueva mejora del 1,8% en el periodo de taper. Se produce una mejora entre T1 y T5 de un 3,4% para el GPT.

Para el GPI, los registros muestran continuas mejoras de carácter significativo ($p < 0,05$) en las evaluaciones T4 con relación a T1. Asimismo, la evaluación en T5 muestra mejoras significativas ($p < 0,05$) entre T1 y T2. Entre las evaluaciones T1 y T2 de entrenamiento resistido se registra una mejora de 0,9%; entre las evaluaciones T2 y T3 se registra una importante mejora de 8.5% que pese a no ser significativa, representa el porcentaje de mejora más alto entre evaluaciones y que se sucede cuando es introducido el UST. Entre T3 y T4 se presentan los mismos valores. Esto sucede al ser introducido el HIT y ThT; finalmente en el periodo del taper entre T4 y T5 se registra una nueva mejora de 1,5% que es significativa tanto con relación a T1 como a T2. La modificación porcentual entre T1 y T5 es una mejora de 11,3% para el GPI.

Los resultados de esta investigación son mayores a los reportes de Toussaint y Vervoorn, (1990) que registraron mejoras en la potencia de nado de un 7% para las 10 semanas del citado estudio, y que es mucho menor al 21% que se obtuvo como resultado final en este estudio para el GPI al finalizar las 14 semanas de preparación. No obstante, el GPI desde la semana 8 ya había mejorado un 16,1%. De igual forma Toussaint y Vervoorn, (1990) reportan mejoras de fuerza de un 3,3% muy cercanas al 3,4% registrado para el GPT, pero superadas por el 11,3% medido al GPI en esta tesis doctoral. Estas diferencias son debidas principalmente a los distintos instrumentos empleados para el entrenamiento, es decir las diferencias entre el MAD y el *aquaforce*®, ya que en ambas investigaciones los grupos participantes son relativamente entrenados y de características similares.

Comparando este estudio con la investigación realizada por Arroyo-Toledo (2010) para la obtención de su Diploma de Estudios Avanzados y tutorizado por el Prof. González-Rave, se confirma que es de mayor utilidad para el rendimiento en la velocidad de nado organizar el entrenamiento resistido planteando las cargas de trabajo en relación a la PEN

y no en relación a la CMA. En el citado estudio, el entrenamiento resistido se realizó con cargas y porcentajes calculados en base a la carga máxima de arrastre, dando como resultado que los tiempos de competición de los participantes empeoraron, aunque se mejoró significativamente ($p < 0,05$) las valoraciones de la CMA. En el presente estudio se vieron mejoradas significativamente ($p < 0,05$) la PEN y la CMA basando las cargas de entrenamiento en relación y función a la PEN y sobre todo se vieron mejoradas significativamente las variables de tiempo en 100m crol y velocidad de nado.

El presente estudio confirma las conclusiones establecidas por Giroid et al., (2006, 2007) quienes establecen que el entrenamiento de sprint resistido con bandas elásticas y para el caso de este estudio con el empleo de una herramienta denominada *aquaforce* es más efectivo que un entrenamiento tradicional o de sprint asistido mejorando el tiempo en 100 m. libres así como los valores de fuerza (CMA) y potencia muscular (PEN).

Por otra parte pudimos constatar en esta investigación que al igual que en el estudio realizado por Toubekis et al., (2011) las pausas de recuperación pasiva mayores a los 120 segundos fueron optimas para el entrenamiento y desarrollo de la PEN; y al mismo tiempo desconocemos si estos resultados pudieron verse mejorados al emplear complemento alimenticio como la creatina como en Ricketts y Zachweija, (1999) debido a que el grupo experimental GPI participante en este estudio no empleo ningún tipo de complemento alimenticio y fueron controlados de no realizar actividad física complementaria como en Termin, y Pendergast, (2000) con la finalidad de evitar atribuciones a entrenamientos en seco o a ergogénicos alimenticios.

5.3. EVALUACIONES DE COMPOSICIÓN CORPORAL.

En esta tesis doctoral los datos de rendimiento en nado y nado resistido se acompañaron de las modificaciones registradas en composición corporal medidas con el empleo del dispositivo *Inbody 230*, que mediante análisis de impedanciometría registra los valores de las variables que a continuación se detallan.

5.3.1. EVALUACIONES DE PESO CORPORAL.

Los datos obtenidos muestran ganancias en peso corporal (PC) para ambos grupos de estudio. El ANOVA de medidas repetidas muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos considerando el factor grupo por entrenamiento lo que significa que no se registraron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento.

En el caso del GPT, entre T1 y T2, cuando se realizó el entrenamiento aeróbico extensivo se registró una ganancia de PC de un 1,0%; posteriormente entre T2 y T3 cuando fue realizado el entrenamiento aeróbico intensivo se registró una nueva ganancia del 0,5%. Entre T3 y T4 al ser introducido el entrenamiento HIT y de series rotas se registra una reducción de PC del 0,7% y que corresponde al periodo competitivo de este GPT. Por último, los valores registrados entre T4 y T5 señalan que durante el taper no se registraron cambios. La modificación porcentual entre T1 y T5 fue de un incremento de PC del 0,9% para el GPT.

De este modo, los registros de peso corporal durante las evaluaciones T2 y T3 muestran incrementos que se ven drásticamente disminuidos en las evaluaciones T4 y T5, esto nos permite considerar que mientras se implementó el entrenamiento aeróbico extensivo y aeróbico intensivo se registraron ganancias de peso que disminuyeron al integrar el HIT y series rotas en este grupo de estudio.

Para el caso del GPI, los registros señalan que entre T1 y T2 cuando fue realizado el entrenamiento resistido se sucedió una ligera reducción de PC del 0,1%. Las posteriores evaluaciones (T3, T4 y T5) mostraron incrementos significativos ($p < 0,05$) del PC; entre T2 y T3 cuando fue realizado el entrenamiento ultra-corto se registró un incremento del 1,1%. Entre T3 y T4 cuando se realizó el entrenamiento HIT y ThT el aumento de PC es del 0,4% y entre T4 y T5 durante la fase de taper el incremento del PC fue de un 0,3%. La modificación porcentual entre T1 y T5 fue de un 1,8% más de PC para el GPI.

Con estos resultados podemos ver que aunque ambos grupos incrementaron su peso corporal, estos incrementos fueron estadísticamente significativos y mayores para el GPI que registró un incremento superior en un 1,7% en comparación con el GPT tras 14 semanas de entrenamiento. Ullrich et al., (1993) consideraron que el ejercicio de alta intensidad viene acompañado de modificaciones en la composición corporal sin necesariamente registrarse reducciones de PC. En el presente estudio constatamos que para el GPI, el entrenamiento de alta intensidad no representó reducciones en peso corporal coincidiendo parcialmente con los resultados de Ullrich et al., (1993), ya que contrariamente al GPT, al introducir este tipo de entrenamiento fue cuando se registraron las reducciones en el PC.

A continuación se realizará el análisis de masa músculo esquelética y grasa con la finalidad de encontrar de manera más clara en qué momento del proceso de entrenamiento se suceden las transformaciones aludidas por Ullrich, et al., (1993).

5.3.2. EVALUACIONES DE MASA MUSCULO-ESQUELÉTICA.

Los datos muestran ganancias de MME para ambos grupos y que son señalados como significativos ($p < 0,05$) en distintos momentos de cada grupo. El ANOVA de medidas repetidas muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos considerando el factor grupo por entrenamiento lo que significa que no se sucedieron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento.

Para el GPT, entre T1 y T2 (durante el entrenamiento aeróbico extensivo) se registró una ganancia del 1,3%; entre T2 y T3 (entrenamiento aeróbico intensivo) se registró una nueva mejora de un 3,2%. T3 es registrada mostró mejoras significativas ($p < 0,05$) con T1 y con T2. Entre T3 y T4 cuando fue introducido el entrenamiento de intensidad se registró una reducción del 0,9%, y entre T4 y T5 durante la fase de taper no se registraron modificaciones permaneciendo los mismos valores promedio. La modificación entre T1 y T5 fue de un aumento de 13,5%. de MME Se observa por tanto, similitudes con el fenómeno observado para el mismo grupo en las evaluaciones de PC. Se registran ganancias significativas ($p < 0,05$) hasta la incorporación del HIT y series rotas que fue

cuando se redujeron las ganancias logradas previamente en MME pero manteniendo un índice de mejora importante entre las evaluaciones inicial y final.

En el caso del GPI entre T1 y T2 no se registraron cambios. Entre T2 y T3 donde se desarrolló el entrenamiento ultra-corto se registró un incremento de MME de un 1,4%;. Entre T3 y T4, cuando se introducen las series HIT y ThT se produce una mejora significativa ($p < 0,05$) de un 1,3% con relación a T1. Entre T4 y T5 se produjo el mismo fenómeno que para el GPT al no registrar modificaciones y permanecer los mismos valores promedio lo que nos permite considerar que para ambos grupos de estudio las ganancias en MME logradas antes de la fase de taper fueron mantenidas durante la reducción del volumen de entrenamiento. La modificación entre T1 y T5 fue de un 2,8% de ganancia.

Los resultados entre grupos nos permiten ver que las ganancias porcentuales entre la evaluación inicial y final fueron superiores para el GPT con un 3,5% que para el GPI (2,8%). Sin embargo, llama la atención que las ganancias más importantes y significativas logradas por el GPT se vieron reducidas al momento de integrar en el proceso de entrenamiento el HIT. Un efecto contrario se produce en el GPI cuando se introduce el mismo régimen de entrenamiento y registrando valores significativos ($p < 0,05$) para esta variable.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los registros de Prestes et al., (2009) que compararon valores de composición corporal y fuerza entre grupos de entrenamiento de fitness que realizaron periodización tradicional e inversa obteniendo ambos grupos mejoras significativas ($p < 0,05$), y donde el grupo periodización tradicional obtuvo valores notablemente mejores que el GPT de esta investigación. Sin embargo, los incrementos en MME de la presente tesis doctoral son menores que el 7,18% de mejora registrado por Prestes et al., (2009) durante las 12 semanas de estudio. MacDougall et al., (1979) consideran que las mejoras en fuerza muscular y el desarrollo de la resistencia están poco correlacionadas y que un aumento de la masa muscular podría ser perjudicial para el rendimiento en pruebas de resistencia, de igual modo se posiciona Rhea et

al.,(2003). Sin embargo, en el presente estudio podemos constatar que los incrementos en MME se registran cuando se realizaron los entrenamientos aeróbicos en ambos grupos.

5.3.3. EVALUACIONES DE MASA GRASA.

Los resultados obtenidos en las distintas evaluaciones muestran que para ambos grupos se redujo la masa grasa. El ANOVA de medidas repetidas muestra que existen diferencias e significativas ($p<0,05$) entre grupos considerando el factor grupo por entrenamiento lo que significa que se produjeron modificaciones significativas tras la realización de los dos programas de entrenamiento a favor del GPT.

En el caso del GPT, se produjeron reducciones significativas ($p<0,05$) de MG tanto en T2 como en T3 cuando se realizaron los entrenamientos aeróbicos extensivo e intensivo. A partir de T3 fue cuando se intensificó el entrenamiento aeróbico, y la diferencia porcentual registrada entre T2 y T3 fue de un 10,5%. Estos valores vuelven a ser significativos en T4 y T5. La modificación entre T1 y T5 indica una reducción del 10,6% en MG. Estos datos no coinciden con lo establecido por Avlonitou et al., (1997) quienes consideran que la natación no es un deporte en el que se registren reducciones significativas de grasa corporal, ya que en el caso del GPT de esta disertación se produjo una reducción de esta variable.

Para el GPI las reducciones de MG son menores que las registradas para el GPT y no llegan a ser estadísticamente significativas, registrándose una diferencia porcentual entre T1 y T5 de un 4,2%.

Los resultados en esta investigación difieren de los obtenidos por Prestes et al., (2009) ya que ninguno de los grupos involucrados en esta tesis doctoral alcanzaron el 7,18% de ganancia en masa musculo-esquelética. En el caso del presente estudio, las diferencias significativas se registran en el GPI. Estas diferencias pueden deberse no solo a la a la diferente organización de ambos macrociclos de entrenamiento, sino que el alto volumen de trabajo del GPT pudo representar un estado de sobre entrenamiento durante el mismo ciclo de entrenamiento, aunque esta afirmación no podemos corroborarla puesto que no

medimos parámetros de esta naturaleza. Por el contrario, el GPI refleja ganancias muy posiblemente derivadas de un adecuado equilibrio entre trabajo de alta intensidad y recuperación física.

Los resultados registrados por el GPT son mayores que los registrados en el estudio de Sideravičiūtė et al., (2006), en el que después de entrenar dos veces por semana natación moderada se registraron reducciones entre 6,6 y 8,4%, mucho menores que las registradas por el GPT para el mismo tiempo. Estas diferencias podrían ser debidas por una parte a la intensificación del entrenamiento realizado en esta investigación, y por otra al mayor número de sesiones realizadas (6 sesiones/semana) a diferencia de los dos días por semana del estudio de Sideravičiūtė et al., (2006). Al mismo tiempo, el estudio de Sideravičiūtė et al., (2006) presenta mejores resultados en cuanto a la reducción de grasa corporal que el GPI, probablemente debido a que este grupo realizó un reducido entrenamiento aeróbico en su preparación y se enfocó a la mejora del rendimiento específico de la prueba de 100 m crol.

Aunque es difícil la comparación con el estudio de Marra et al., (2005) los resultados del GPI son semejantes a los presentados por este estudio, que registró una reducción del 4,9% en grasa corporal realizando carrera de alta intensidad de entre 3~4 kilómetros tres veces por semana, con lo que podríamos considerar que el entrenamiento de alta intensidad tanto en agua como en tierra podría observar resultados similares y que responde parcialmente a las consideraciones realizadas por Flynn, et al., (1990) quien considera que no existen diferencias de reducciones de masa grasa entre actividades como la carrera atlética y el atletismo. Estos resultados coinciden con Martin, (1997) quien explica que en sujetos jóvenes sanos el entrenamiento de resistencia aeróbica reduce la concentración de triglicéridos de la musculatura activa. Con lo que se explica el metabolismo y reducción de grasas observado en sujetos entrenados durante el ejercicio que involucra una gran masa muscular como por ejemplo la natación en este estudio.

Los resultados en esta investigación difieren de los obtenidos por Prestes et al., (2009) ya que ninguno de los grupos involucrados en esta tesis doctoral alcanzaron el 17,76% de

reducción de masa grasa. En el caso del presente estudio, las diferencias significativas de se registran en el GPT. Estas diferencias pueden deberse no solo a la diferente organización de ambos macrociclos de entrenamiento, sino al alto volumen de trabajo del GPT que además representó un estado de reducción del rendimiento durante el mismo ciclo de entrenamiento.

En el caso contrario el entrenamiento realizado por el GPI parece no solo haber cumplido su objetivo de mejorar de manera significativa las marcas para 100m crol y la velocidad de nado, sino que a además las modificaciones en las variables de composición corporal nos permiten ver que estas mejoras fueron acompañadas de incrementos de peso corporal derivados de reducciones de masa grasa e incrementos en masa musculo-esquelética.

6. CONCLUSIONES.

El desarrollo de la metodología de investigación propuesta para esta investigación, junto con el análisis de las variables dependientes aplicadas en 5 ocasiones durante un periodo de 14 semanas a dos grupos que desarrollaron distintas formas de organización del entrenamiento, nos ha permitido cumplir los objetivos de estudio propuestos en esta tesis doctoral.

En respuesta al objetivo general de esta investigación: Estudiar y comparar los resultados en la prueba de 100 metros crol tras 14 semanas de entrenamiento siguiendo dos distintas organizaciones del macrociclo de preparación: periodización tradicional y periodización inversa.

De los resultados observados en esta investigación podemos concluir que un programa de natación de 14 semanas para velocistas de la especialidad de 100 metros crol, basado en un modelo de periodización inversa de bajo volumen/alta intensidad; resultó más efectivo para la mejora del rendimiento para la prueba de 100m crol, que el programa de preparación basado en el modelo de periodización tradicional de alto volumen/moderada intensidad.

Por lo tanto, se comprueba la hipótesis establecida por este estudio que infiere que:

“Un programa de natación de 14 semanas para velocistas de la especialidad de 100 metros crol, basado en un modelo de Periodización inversa de bajo-volumen/alta-intensidad; es más efectivo para la mejora del rendimiento de velocidad, que un programa de preparación basado en el modelo de periodización tradicional de alto-volumen/moderada-intensidad”.

En respuesta a los objetivos específicos establecidos para este estudio:

1. Estudiar y comparar la eficacia de los dos programas de periodización tradicional e inversa, conforme a los resultados de las variables relacionadas con el rendimiento en la prueba de 100 metros crol: Velocidad de nado, frecuencia y distancia por brazada.

Una vez analizados los resultados podemos afirmar que el modelo de periodización inversa basado en el paradigma de bajo-volumen/alta-intensidad demostró ser más eficiente para el desarrollo del rendimiento en la prueba de 100m crol y consecuentemente la velocidad de nado, que el programa de periodización tradicional basado en el paradigma de alto-volumen/moderada-intensidad. Ya que el programa de periodización inversa preparado para esta investigación reflejó mejoras estadísticamente significativas y superiores a las registradas por el programa de periodización tradicional. Además establecemos que ambos grupos registraron incrementos en el número de brazadas, con reducciones no significativas en la distancia por brazada.

2. Estudiar y comparar los resultados de las variables relacionadas con la evaluación de natación resistida: CMA y PENGCE entre los dos programas de periodización.

Una vez analizados los resultados el GPI fue más eficiente para el desarrollo de la fuerza y potencia específicas de nadados expresados en las variables CMA y PENGCE que el GPT. Además los métodos de entrenamiento resistido para natación, diseñados en base a PENGCE son altamente eficientes para el desarrollo de PENGCE e influyen positivamente en el desarrollo de la fuerza específica de nado expresada en la variable CMA.

3. Estudiar y comparar los resultados y variaciones de composición corporal: peso, masa músculo-esquelética y masa grasa que se sucedan durante y posteriores al desarrollo de los dos programas de periodización.

Una vez analizados los resultados, el programa de periodización tradicional resultó ser más eficiente para la reducción de masa grasa que el programa de periodización inversa. Además, ambos programas registraron incrementos de peso corporal basados en incrementos de la masa músculo-esquelética y una reducción de la masa grasa. Sin embargo quizás la disminución de la masa músculo-esquelética en el programa de periodización tradicional pudo ser debida a los contenidos de carga aeróbica planificados, y que pudo afectar negativamente el rendimiento en la prueba de 100 metros crol y nado resistido.

4. Analizar como la dirección del volumen e intensidad del entrenamiento afecta el rendimiento en la prueba de natación de 100m crol.

Una vez analizados los resultados se concluye que resultó ser más eficaz una organización del entrenamiento mediante una estructura de periodización inversa para nadadores de velocidad de 100m crol, que un programa de periodización tradicional basado en un paradigma de alto-volumen/moderada-intensidad.

7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS PARA EL ENTRENAMIENTO.

Como resultado de las observaciones y análisis realizados en este estudio, consideramos de considerable importancia realizar las pertinentes:

Se recomendaría a los entrenadores de nadadores velocistas en formación iniciar su preparación en base al desarrollo de la potencia y velocidades específicas de competición en distancias menores a la de la prueba, y en posteriores semanas incrementar el volumen de trabajo con la finalidad de preparar de manera eficiente al competidor sin comprometer el rendimiento por exceso de volumen de trabajo.

Por otra parte, el modelo convencional de entrenamiento de la natación sobrevalora los efectos del alto volumen de trabajo carente de especificidad. Este programa de entrenamiento que se fundamentó en la mejora de la velocidad de nado basado en un modelo de trabajo de bajo-volumen/alta-intensidad con el empleo de métodos de entrenamiento resistido, ultra-corto y de alta intensidad combinado con una adecuada recuperación, evitando así estados de sobre-entrenamiento y fatiga crónica. Sin embargo consideramos que se deberían realizar más estudios con nadadores de diferente edad, nivel de rendimiento, experiencia y en pruebas de mayor distancia que 100 m, para poder confirmar así la efectividad de los modelos de entrenamiento de periodización inversa.

8. LIMITACIONES.

Las principales limitaciones de este trabajo de investigación las podemos resumir en:

1. La carencia de un tercer grupo que pudiera realizar mismos los volúmenes e intensidades que el grupo de periodización inversa, mediante una organización e interconexión de las cargas basadas en un modelo tradicional con la finalidad de fortalecer las comparaciones entre modelos de periodización.
2. La imposibilidad de crear grupos de trabajo aleatorios que facilitaran la formación de grupos que no fueran intactos no equivalentes, desde el momento de inicio de la investigación.
3. La falta de inclusión de valoraciones fisiológicas (lactato sanguíneo, ratio-cortisol/testosterona, urea, creatinquinasa, frecuencia cardiaca) que pudieran aportarnos una mayor información del estado de fatiga o de adaptación al esfuerzo de los participantes del estudio.
4. El control nutricional de los participantes que pudo afectar a las variables de composición corporal.
5. El control de otros estímulos como sus actividades de vida diaria que en estudiantes de enseñanza obligatoria es un estímulo adicional que afecta al rendimiento deportivo.

9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Consideramos y recomendamos que las futuras líneas de investigación que tomen como referencia este trabajo de investigación puedan extender el conocimiento de este modelo de periodización:

1. Replicar el presente estudio con grupos que igualen volúmenes e intensidades de la carga de entrenamiento ecuanímes con organizaciones de cargas diferentes (tradicional vs. inversa).
2. Replicando el presente estudio con participantes de mayor nivel de rendimiento deportivo.
3. Replicar el presente estudio con participantes que compitan en pruebas de fondo en la natación.
4. Replicando el presente estudio confrontando los resultados con otros modelos de periodización como los de bloques o el modelo de macrociclo integrado.

10. REFERENCIAS.

- Adams, G. (2010). The Muscular Response of Skeletal Muscle to Resistance Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 61(3):61-66.
- Allerheiligen, B. (2003). In-season strength training for power athletes. *Strength Cond. J.* 25(3):23–28.
- Appell, C. J., Rozenek, R., Carrizi, M., Lacourse, M., and Russo, A. (2004). Comparison of 2:1 work to rest ratios of variable duration on responses to intermittent running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 36(5), Supplement abstract 1407.
- Arellano, R. Pardillo, S. AND García, F, (1999) A system for quantitative measurement of swimming technique. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. K.L. Keskinen, P.V. Komi, and A.P. Hollander, eds. Jyvaskyla, Finland; University of Jyvaskyla, 269-275.
- Arellano, R. (2010). *Entrenamiento Técnico en natación*. España: Culturalibros.
- Astrand, I. Astrand, P-O. Christensen, E. H. and Hedman, R. (1960). Intermittent muscular work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 48, 448-453.
- Avlonitou, E. Georgiou, E. Douskas, G. and Louizi, A. (1997). Estimation of body composition in competitive swimmers by means of three different techniques. *International Journal of Sports Medicine*. 18, 363-368.
- Banister, E.W. Calvert, T.W. Savage, M.V. and Bach, A. (1975). A system model of training for athletic performance. *Australian Journal of Sports Medicine*. 7, 170-176.
- Baker, D. Wilson, G. And Carlyon, R. (1994). Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *J. Strength Cond. Res.* 8:235–242.

- Baker, D. (1994). Periodization the effect on strength of manipulating volume and intensity. *J. Strength Cond. Res.* 8: 235-242.
- Bedogni, G. Malavolti, M. Severi, S. Poli, M. Mussi, C. Fantuzzi, A. L. (2002). Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *European journal of clinical nutrition.* 56(11), 1143-1148.
- Berthoin, S. Manteca, F. Gerbeaux, M. and Lensele-Corbeil, G. (1995). Effect of a 12-week training programme on maximal aerobic speed (MAS) and running time to exhaustion at 100% of MAS for students aged 14 to 17 years. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 35, 251-256.
- Biggs, J. Cha, K. and Horch, K. (2001). Electrical resistivity of the upper arm and leg yields good estimates of whole body fat. *Physiological Measurement.* 22 365-376.
- Billat, V., Flechet, B. and Petit, B. (1999). Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine and Science in Sport Exercise.* 31:156-163.
- Billat, V. Demarle, A. Lawinski, J. Bocquet, V. Chassaing, P. and Koralsztejn, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and Science in Sport Exercise.* 33:2089-2097.
- Billat, V. Lawinski, J. Bocquet, V. Chassaing, P. Demarle, A. and Koralsztejn, J. P. (2001). Very short (15s - 15s) interval-training around critical velocity allows middle-aged runners to maintain VO₂max for 14 minutes. *International Journal of Sports Medicine.* 22, 201-208.
- Billat, V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: Anaerobic interval training. *Sport Medicine.* 31, 75-90.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y Metodología del entrenamiento.* Barcelona. Paidotribo.
- Blazevich, A.J. and Jenkins, D.G. (2002). Effect of the movement speed of resistance training on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters. *J. Sports Sci.* 20: 981-990.

- Boelk, A. G. Norton, J. P. Freeman, J. K. and Walker, A. J. (1997). Relationship of swimming power to sprint freestyle performance in females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 29(5), Supplement abstract 1255.
- Bompa, T. (1994). *Periodization. Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bompa, T. (2000). *Total Training for Young Champions*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Breed, R. V. Young, W. B. and McElroy, G. K. (2000). The effect of a resistance-training program on the grab, swing, and track starts in swimming. 2000 Pre-Olympic Congress in Sports Medicine and Physical Education: *International Congress on Sport Science*. Brisbane, Australia.
- Brown, L. E. and Greenwood, M. (2005). Periodization essentials and innovations in resistance training protocols. *Strength and Conditioning Journal*. 27(4):80–85.
- Buchheit, M. Millet, G. P. Parisy, A. Pourchez, S. Laursen, P. and Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and post-exercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 40, 362-371.
- Bulgakova, N. Z. Vorontsov, A. R. and Fomichenko, T. G. (1987). Improving the technical preparedness of young swimmers by using strength training. *Theory and Practice of Physical Culture*. 7, 31-33.
- Burgomaster, K. A. Howarth, K. R. Phillips, S. M. Rakobowchuk, M. Macdonald, M. J. McGee, S. L. and Gibala, M. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol*. 586, 151–160.
- Bosquet, L. Leger, L. and Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine*. 32, 675–700.

- Byoung-Ki, C. Jee-Hyun, K. Jeong- Seok, L. and Byung-Yeon, Y. (2007). The Usefulness of InBody 720 and Anthropometric Measurement Compared with Dual-energy X-ray Absorptiometry as a Diagnostic Tool of Childhood Obesity. *Journal Korean Academy of Family Medicine*. 28(7), 523-531
- Cissik, J. Hedrick, A. Barnes, M. (2008). Challenges Applying the Research on Periodization. *Strength and Conditioning Journal*. 30: 45-51.
- Cha, K. Chertow, G. M. Gonzalez, J. Lazarus, J. M. and Wilmore, D. W. (1995). Multifrequency bioelectrical impedance estimates the distribution of body water. *Journal of Applied Physiology*. 79(4), 1316-1319
- Chen, S. F. Chen, Y. C. Chen, H. H. and Yeh, J. C. (2003). Adjustment of dry weight by extracellular volume to improve blood pressure control and reduce dialysis complications in hemodialysis patients. *Acta Nephrologica*. 17(1).
- Chiu, L. and Barnes, J. (2003). The Fitness-Fatigue Model Revisited: Implications for Planning Short- and Long-Term Training. *Strength and Conditioning Journal*. 25(6): 42–51.
- Christensen, E. H. Hedman, R. and Saltin, B. (1960). Intermittent and continuous running. *Acta Physiologica Scandinavica*. 50, 269-286.
- Christensen, E. H. (1962). Speed of work. *Ergonomics*. 5, 7-13.
- Clarkson, P.M. and Hubal, M.J. (2002) Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*;81(Suppl):S52-S69.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd. edit., Hillsdale, N.J., Erlbaum, New York:
- Costill, D. L. King, D. S. Holdren, A. and Hargreaves, M. (1983). Sprint speed vs. swimming power. *Swimming Technique*. (5):6, 20-22.
- Costill, D. L. Kovalski, J. Porter, D. Kirwan, J. Fielding, R. and King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*. 6, 266–270.

- Costill, D. L. Rayfield, F. Kirwan, J. and Thomas, R. (1986). A computer based system for the Measurement of Force and Power During Front Crawl Swimming. *J. Swimming Research*. 2(1): 16-19.
- Costill, D. L. Flynn, M. G. Kirwan, J. P. Houmard, J. A. Mitchell, J. B. Thomas, R. and Park, S. H. (1988). Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 249-254
- Costill, D. L. Thomas, R. Robergs, R. A. Pascoe, D. Lambert, C. Barr, S. and Fink, W. J. (1991). Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 23, 371-377.
- Costill, D. Maglischo, E. and Richarson, P. (1992). *Natación*. Barcelona: Hispano-Europea.
- Crowe, S. E. Babington, J. P. Tanner, D. A. and Stager, J. M. (1999). The relationship of strength and dry land power, swimming power, and swim performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31(5), Supplement abstract 1230.
- Dantas, E. García-Manso, J. M. Godoy, E. S. Sposito-Araujo, C. A. Gomez, A. C. (2010). Aplicabilidad de los modelos de periodización del entrenamiento deportivo. Una revisión sistemática. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 20(6), 231-241.
- Dawson, B. Vladich, T. and Blanksby, B. (2002). Effects of 4 weeks of creatine supplementation in junior swimmers on freestyle sprint and swim bench performance. *J Strength and Conditioning Research*. 16(4):485-90.
- Dekerle, J. Pelayo, P. Clipet, B. Depretz, S. Lefevre, T. and Sidney, M. (2005). Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*. 26, 524–530.

- Demura, S. Sato, S. and Kitabayashi, T. (2004). Percentage of Total Body Fat as Estimated by Three Automatic Bioelectrical Impedance Analyzers. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 23, 93-99.
- Denadai, B. Guglielmo, L. and Denadai, M. (2000). Effect of exercise mode on the blood lactate removal during recovery of high-intensity exercise. *Biology of Sport.* 17, 37-45.
- Desgorces, F. D. and Noirez, P. (2008). Quantifying continuous exercise using the ratio of work completed to endurance limit associated with exercise-induced delayed-onset muscle soreness. *Percept Mot Skills.* 106(1):104-12.
- Dick, F. (1989) Sports training principles. London: A. and C. Black Publishers.
- Dopsaj, M. (2000). Reliability of basic mechanic characteristics of pulling force and kinematic indicators of crawl technique measured by the method of tethered swimming with maximum intensity of 10s." *Physical Culture, Belgrade.* 54(1-4): 35-45.
- Dore, E. Bedu, M. and Van Praagh, E. (1998). Anaerobic power output: Sex-related developmental changes. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 30(5), Supplement abstract 843.
- Ebben, W. and Blackard, D. O. (2001). Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 15: 48–58.
- Ebben, W. Carroll, R. M and Simenz, C. J. (2004). Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 18: 889–897.
- Ebben, W. Kindler, A. Chirdon, K., Jenkins, N. Polichnowski, A. and Ng. A. (2004). The effect of high-load vs. high-repetition training on endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 18:513–7.

- Ebben, W. Hintz, M. J. and Simenz, C. J. (2005). Strength and conditioning practices of major league baseball strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19: 538–546.
- Faude, O. Meyer, T. Scharhaq, J. Weins, F. Urhausen, A. and Kindermann, W. (2008). Volume vs. intensity in the training of competitive swimmers. *International Journal of Sports Medecine*. (11):906-12. 17.
- Fincher II, G. E. (2003). The effect of high intensity resistance training on body composition among collegiate football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(5). Supplement abstract 1793.
- Fitts, R. H. Booth, F. W. Winder, W. W. and Holloszy J. O. (1975). Skeletal muscle respiratory capacity, endurance and glycogen utilization. *American Journal of Physiology*. 228, 1029–1033.
- Fleck, S. J. and Kraemer, W. (1977) *Designing Resistance Training Programs (2nd. ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: A critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 13(1):82–89.
- Foster, C. Poole, C. Bushey, B. and Wilborn, C. (2009). Comparison of aerobic training methods on VO₂max, body composition, and anaerobic power. *ACSM 56th Annual Meeting, Seattle, Washington*. Presentation Number 2897.
- Fulton, S. Pyne, D. Hopkins, W. and Burkett, B. (2010). Training characteristics of paralympic swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(2):471-8.
- García, J. Navarro, M. y Ruiz, J. (2000). *Planificación del entrenamiento deportivo*. Madrid. España: Gymmos.
- Gamble, P. (2006). Periodization of Training for Team Sports Athletes. *Strength and Conditioning Journal*. 28(5):56–66.

- Gibala, M. J. MacDougall, J. D. and Sale, D. G. (1994). The effects of tapering on strength performance in trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 492-497.
- Gibala, M. Little J. P. Van Essen, M. Wilkin, G. P. Burgomaster, K. A. Safdar, A. Raha, S. and Tarnopolsky M. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *American Journal of Physiology*. 15;575(3):901-11.
- Girold, S. Camels, P. Maurin, D. Milhau, N. and Chatard, J.C. (2006). Assited and resisted sprint training in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(3),547-554.
- Girold, S. Camels, P. Maurin, D. Milhau, N. and Chatard, J.C. (2007). Effects of dry-land vs. resisted and assisted sprint exercise on swimming sprint performance”. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(2),599-605.
- González-Badillo, J. J. Gorostiaga, M. Arellano, R. and Izquierdo, M. (2005). moderate Resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(3), 689–697.
- González-Badillo, J. J. Izquierdo, M. and Gorostiaga, M. (2006). Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(1), 73–81.
- González-Ravé, J. M. Delgado, M. and Vaquero, M. (2003). Modificaciones antropométricas con el entrenamiento de fuerza en sujetos de 50 a 70 años. *Archivos de Medicina del Deporte*. 94: 121-128.
- González-Ravé, J. M. Juárez, D. García, J. M. and Navarro, F. (2005). Efficacy of periodized programs on power training. *Archivos de Medicina del Deporte*. 24:119, 176-186.
- González-Ravé, J.M. (2009) *El proyecto EVANAT*. IX Congreso Deporte y Escuela (Actas). Diputación de Cuenca, Cuenca. pp. 281-293.

- Gonzalez-Ravé, JM (coord.), Navarro, F; Delgado, M; García, JM (2010) *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Wanceulen, Sevilla.
- González-Ravé, JM, Arija, A, and Clemente-Suarez, V. (2011) Seasonal changes in jump performance and body composition in women volleyball players. *J Strength Cond Res*. 25(6): 1492–1501.
- Graef, J. L. Kendall, K. L. Smith, A. E. Walter, A. A. Beck, T. W. Cramer, J. T. and Stout, J. R. (2008). The effects of acute high-intensity interval endurance training in men and women. *ACSM 55th Annual Meeting Indianapolis*. Presentation Number, 1296.
- Greenwood, J. Moses, E. and Bernardino, M. (2008). Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. *Journal of Sports Sciences*. 26(1): 29-34.
- Gourgoulis, V. Antoniou, P. Aggeloussis, N. Mavridis, G. Kasimatis, P. Vezos, N. Boli, A. and Mavromatis, G. (2010) Kinematic characteristics of the stroke and orientation of the hand during front crawl resisted swimming. *Journal of Sports Sciences*. 28(11): 1165–1173.
- Harre, D. (1982). *Prinzipien der Sportsausbildung. Einführung zur Theorie und den Methoden der Ausbildung*. Berlin: Sportverlang.
- Haff, G. (2004). Roundtable discussion: Periodization of training Part 1. *Strength and Conditioning Journal*. 26: 50–69.
- Halson, S. and Jeukendrup, A. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sport Medecine*. (34):967-981.
- Hannula, A. Thornton, N. et al. (2001). *The Swim Coaching Bible*: Champaign, IL: Human Kinetics.
- Harman, E. (1993). Strength and power: A definition of terms. *National Strength and Conditioning Association Journal*. 15(6): 18-20

- Hawley, J. A. Williams, M. M. Vickovic, M. M. and Handcock, P. J. (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*. 26, 151-155.
- Hawley, J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 29(3):218–222.
- Helgerud, J. Høydal, K. L. Wang, E. Karlsen, T. Berg, P. R. Bjerkaas, M. Simonsen, T. Helgesen, C. S. Hjorth, N. L. Bach, R. and Hoff, J. (2006). Differential response to aerobic endurance training at different intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38(5), Supplement abstract 2581.
- Helgerud, J. Høydal, K. Wang, E. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 39, 665-671.
- Helgerud, J. (2009). Aerobic high-intensity intervals improve maximal oxygen uptake more than moderate training. A paper presented at the 14th Annual Congress of the European College of Sport Science, Oslo, Norway. June 24-27.
- Hellard, P. Avalos, M. Millet, G. Lacoste, L. Barale, F. and Chatard, J. C. (2005). Modeling the residual effects and threshold saturation of training: a case study of Olympic swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19: 67–75.
- Hoffman, J. R. and J. Kang. (2003). Strength changes during an in-season resistance training program for football. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(1):109–114.
- Holmer, I. and Astrand, P. O. (1972). Swimming training and maximal oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*. 33, 510-513.
- Hooper, S. L. Mackinnon, L.T. Ginn, E. M. (1998). Effects of three tapering techniques on the performance, forces and psychometric measures of competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology*. 78, 258-263.
- Houmard, J. A. and Johns, R. A. (1994). Effects of taper on swim performance: practical implications. *Sports Medicine*. 17, 224-232.

- Hulver, M. Case, S. Ober, A. and Alspach, S. (1999). The effects of pyruvate ingestion on repeated exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31(5), Supplement abstract 2068.
- Issurin, W. and Shkliar, W. (2002). Zur Konzeption der Blockstruktur und Training von hochklassifizierten Sportlern. *Leistungssport*, 32(6), 42-45.
- Issurin, V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: a review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 48(1), 65-75.
- Issurin, V. (2010). New Horizons for the Methodology and physiology of Training Periodization: Review. *Sports Medicine*. 40 (3): 189-206.
- Jaeger, J. Q. and Mehta, R. L. (1999). Assessment of Dry Weight in Hemodialysis: An Overview. *Journal of the American Society of Nephrology*. 10, 392-403
- Kame, V. D., Pendergast, D. R. and Termin, B. (1990). Physiologic responses to high intensity training in competitive university swimmers. *Journal of Swimming Research*. 6(4), 5-8.
- Kang, S. J. Song, Y. Kim, D. Y. Kim, S. H. and Park, J. H. (2008). Validation of Bioelectrical Impedance Analyzer for Measuring Percentage of Body Fat. Fort Worth, Texas: 2008 AAHPERD National Convention and Exposition.
- Knechtle, B. Fraire, O. S. Andonie, J. L. and Kohler, G. (2008). Effect of a multistage ultra- endurance triathlon on body composition: World Challenge Deca-Iron Triathlon 2006. *British Journal of Sports Medicine*. 42(2), 121-125.
- Kenitzer, R. F. (1998). Optimal taper period in female swimmers based on blood lactate concentrations and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30(5), Supplement abstract 611.
- Kiely, J. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization; Block periodization: new horizon or false dawn? *Sports medicine*. 40(9): 803-807.

- King, I. (2000). *Foundations of Physical Preparation*. Reno NV: King Sports International.
- Kirwan, J. P. Costill, D. L. Flynn, M. G. Mitchell, J. B. Fink, W. J. Neuffer, P. D. and Houmard, J. A. (1988). Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 20, 255-259
- Kraemer, W. Ratamess, N. Fry, A. Triplett-McBride, T. Koziris, L. Bauer, J. Lynch, J. and Fleck, S. (2000). Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*. 28: (5), 626–633.
- Kraemer, W. Haekkinen, K. Triplett-McBride, N. Fry, A. C. Koziris, L. Ratamess, N. Bauer, J. Volek, J. McConnell, T. Newton, R. Gordon, S. Cummings, D. Hauth, J. Pullo, F. Lynch, J. Mazzetti, S. Knuttgen, H. and Fleck, S. (2003). Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc*. 35:157–168.
- Kraemer, W. and Fleck, S. (2007). *Optimizing Strength Training*. Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Kamell, K. S. Ekkekakis, P. and Sharp, R. L. (2006). Salivary cortisol and affective changes during a swimming training program. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38(5), Supplement abstract 1549.
- Keskinen, K. L. Komi, P. V. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of Applied Biomechanics*. 9, 219–226.
- Kubukeli, Z. N. St. Clair Gibson, A. Collins, M. Noakes, T. D. and Dennis, S. C. (2000). The effects of high intensity interval training, taper, and 6 weeks of habitual training on 100-km time trial performance in endurance trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32(5), Supplement abstract 538.

- Kurz, M. J. Berg, K. Latin, R. and DeGraw, W. (2000). The relationship of training methods in NCAA Division I cross-country runners and 10,000-meter performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 14: 196–201. 2000.
- Laursen, P. Blanchard, M. A. and Jenkins, D. G. (2002). Acute high-intensity interval training improves *Tvent.* and peak power output in highly trained males. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 27, 336-348
- Laursen, P. and Jenkins D. (2002), The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programs and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 32: 53-73.
- Laursen, P. Shing, C. M. Peake, J. M. (2005). Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19, 527-533.
- Laursen, P. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports*. 20 Suppl 2:1-10.
- Lee, J. Mellifont, R. Winstanley, J. and Burkett, B. (2008). Body roll in simulated freestyle swimming. *International Journal of Sports Medicine*. 29(7):569-73.
- Lee, S.W. Park, G. H. Lee, S.W. Um, W. H. Kwon, S.H. and Song, J.H. (2008). Different pattern of fluid loss from the lower extremities in normohydrated and overhydrated stage 5 chronic-kidney-disease patients after haemodialysis. *Nephrology*. 13, 109-115.
- Lee, S.W. Song, J. H. Kim, G. A. Lee, K.J. and Kim, M. J. (2001). Assessment of total body water from anthropometry-based equations using bioelectrical impedance as reference in Korean adult control and hemodialysis subjects. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 16, 91-97
- MacDougall, J. D., Sale, D. G., Moroz, J. R., Elder, G. C. B., Sutton, J. R., and Howard, H. (1979). Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports*, 11, 164-166.

- Madsen, O. (1982). Aerobic training: Not so fast there. *Swimming Technique*. 19, 17–19.
- Magel, J. R. Foglia, G. F. McArdle, W. D. Gutin, B. Pechar, G. S. and Katch, F. I. (1975). Specificity of swim training on maximal oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*. 38, 151-155.
- Maglischo, E.W. (1982). *Nadar más rápido*. Barcelona: Hispano-Europea.
- Maglischo, E. W. Maglischo, C. Zier, D. and Santos, D. (1985). The effects of sprint-assisted and sprint-resisted swimming on stroke mechanics. *Journal of Swimming Research*. 1, 27-33.
- Magnoni, L. Weber, J.M. (2007) Endurance swimming activates trout lipoprotein lipase: plasma lipids as a fuel for muscle. *Journal of Exp Biol*. 210(22):4016-23
- McArdle, S. D. Magel, J. R. Delio, D. J. Toner, M. and Chase, J. M. (1978). Specificity of run training on VO₂max and heart rate changes during running and swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 10(1), 16-20
- Malavolti, M. Mussi, C. Poli, M. Fantuzzi, A. L. Salvioli, G. and Battistini, N. (2003). Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21-82 years. *Annals of Human Biology*. 30(5), 380-391.
- Matveyev, L.(1977). *Fundamentals of Sport Training*. Moscow, Russia: Fizkultura I Sport.
- McMaster, W. Stoddard, T. and Duncan W. (1989). Enhancement of blood lactate clearance following maximal swimming. Effect of velocity of recovery swimming. *American Journal of Sports Medicine*.17(4):472-7.
- Medici, G. Mussi, C. Fantuzzi, A. L. Malavolti, M. Albertazzi, A. and Bedogni, G. (2005). Accuracy of eight-polar bioelectrical impedance analysis for the assessment of total and appendicular body composition in peritoneal dialysis patients. *European journal of clinical nutrition*. 1-6.

- Mohr, M. Krstrup, P. Nielsen, J. J. Mybo, L. Rasmussen, K. Juel, C. and Bangsbo, J. (2005). Effect of two different training regimes on muscle adaptations and intermittent exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 37(5), Supplement abstract 1518.
- Mujika, I. Chatard, J. C. Busso, T. Geysant, A. Barale, F. and Lacoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 20, 395-406.
- Mujika, I. and Padilla, S. (2003). Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35: 1182–1187.
- Mujika, I. Goya, A. Padilla, S. Grijalba, A. Gorostiaga, E. Ibanez, J. (2000). Physiological responses to a 6-d taper in middle-distance runners: Influence of training intensity and volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32, 511-517.
- Mujika, I. (2010). Intense training: the key to optimal performance before and during the taper. *Scand J Med Sci Sports*. 2:24-31
- Navalta, J. and Hrcir, S. (2007). Core stabilization exercises enhance lactate clearance following high-intensity exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4):1305-9.
- Navarro, F. (1998). *La resistencia*. Madrid: Gymnos.
- Navarro, F. (1998). La estructura convencional de planificación del entrenamiento versus la estructura contemporánea. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte*. 17. 5-13.
- Navarro, F. Oca, A. y Castañon, J. (2003). *El entrenamiento del nadador joven*. Madrid: Gymnos.
- Navarro, F. (2004). Entrenamiento adaptado a los jóvenes. *Revista de Educación Universidad de Castilla-la Mancha*. 335, 61-80.

- Navarro, F. (2007) Una nueva propuesta para la mejora de la fuerza específica de nado. Natación y Actividades Acuáticas. Marfil. Valencia. 145-155.
- Navarro, F. (2010). *Planificación del entrenamiento y su control*. España: Cultivalibros.
- Neric, F. Beam, W. and Brown, L. (2006). The effects of electrical stimulation and submaximal swimming on blood lactate following a maximal effort 200 yard front crawl. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38(5), Supplement abstract 1405.
- Neric, F. Beam, W. Brown, L. and Wiersma, L. (2009). Comparison of swim recovery and muscle stimulation on lactate removal after sprint swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(9):2560-7.
- Neufer, P. D. Costill, D. L. Fielding, R. A. Flynn, M. G. and Kirwan, J. P. (1987). Effects of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 19, 486-490.
- Newton, R. U. and Kraemer, W. J. (1994). Developing Explosive Muscular Power: Implications for a Mixed Methods Training Strategy. *Strength and Conditioning Journal*. 10, 20-31.
- Newton, R. (2007). Resistance training for sprint Swimmers. *NSCA's Performance Training Journal*. 01(07) 17-31.
- Olbrecht, J. Madsen, O. Mader, A. Liesen, H. and Hollmann W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine*. 6, 74-77.
- Papoti, M. Zagatto, A. M. Cunha, S. A. Martins, E. B. Manchado, F. B. Freitas, P. B. Araujo, G. G. and Gobatto, C. A. (2006). Effects of taper on critical velocity, anaerobic work capacity and distance performances in trained swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38(5), Supplement abstract 1574.
- Patnott, J. R. Post, K. and Northius, M. E. (2003). Muscular power changes in collegiate swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(5), Supplement abstract 1454.

- Pelayo, P. Albery, M. Sidney, M. Potdevin, F. and Dekerle, J. (2007). Aerobic potential, stroke parameters, and coordination in swimming front-crawl performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2(4):347-59.
- Pelayo, P. Albery, M. Sidney, M. Potdevin, F. and Dekerle, J. (2008). Critical and Maximal Lactate Steady State Speeds, and Stroke Parameters in Swimming Front Crawl Performance. *Science in Swimming.* 2, 103–113
- Peterson, M. Rhea, M. Alvar, B. (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 19(4):950-8.
- Piccoli, A. Rossi, B. Pillon, L. and Bucciante, G. (1994). A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. *Kidney International.* 46, 534-539
- Plisk, S. S. and Stone, M. H. (2003). Periodization strategies. *Strength and Conditioning Journal.* 25(6):19–37.
- Prestes, J. De Lima, C. Frollini, A.B. Donatto, F.F. and Conte, M. (2009). Comparison of linear and reverse linear periodization effects on maximal strength and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 23(1): 266–274
- Raglin, J. S. and Morgan, W. P. (1994). Development of a scale for use in monitoring training-induced distress in athletes. *International Journal of Sports Medicine.* 15, 84-88.
- Ratamess, N. Alvar, B. Evetoch, T. Housh, T. Kibler, W. Kraemer, W. and Triplett, T. (2009). Special communications. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *American College of Sports Medicine.* 41(3):687-708
- Rhea, M. R. Ball, S. Phillips, W. T. and Burkett, L. N. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 17(1): 82-87

- Rhea, M. R. Alvar, B. A. Burkett, L. N. Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(3):456-64.
- Rhea, M. R. and Aldeman, B. L. (2004). A meta-analysis of periodized versus non-periodized strength and power training programs. *Reserch Quarterly for exercise and sport*. 75:413-422.
- Richardson, M. T. Rinehardt, K. F. Bouchier, N. B. Zoernik, D. Campbell, D. and Cordill, M. R. (1993). Blood lactate clearance at the OBLA intensity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 25(5), Supplement abstract 368.
- Ricketts, J. C. and Zachweija, J. J. (1999). Effects of creatine supplementation on swim power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31(5), Supplement abstract 1243.
- Rinehardt, K. Axtell, R. Fontana, C. Breault, R. Genthe, J. and Garay, R. (2000). Effect of taper training in collegiate swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32(5), Supplement abstract 975.
- Rodríguez-Marroyo, J. Pernía, R. Cejuela, R. García-López, J. Llopis, J. and Villa, J. (2011) Exercise Intensity and Load During Different Races in Youth and Junior Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25 (2), 511-519
- Rowland, T. Bougault, V. Walther, G. Nottin, S. Vinett, A. and Obert, P. (2009). Cardiac responses to swim bench exercise in age-group swimmers and non-athletic children. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 12(2):266-72
- Rozenek, R. Ward, P. Long, S. and Garhammer, J. (2002). Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength following resistance training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 42, 340-347.
- Rushall, B. S. and Thompson, J. M. (1974). A component of sprint swimming training. *Swimming Technique*. 10, 107-112.

- Rushall, B. (1991). The lactate debate - one more time. *Journal of the Australian Swim Coaches' Association*. 8(3), 8-12
- Rushall, B. S. (1994). Impressions from US Swimming's 1994 National Team Coaches' Meeting. *N. SWIMMING Coaching Science Bulletin*. 5(2), 1-7.
- Rushall, B. S. (1999). *Programming considerations for physical conditioning*. Spring Valley, CA: Sports Science Associates.
- Ryan, R. Cote, E. and Quick, R. (1990). Blood lactate profile throughout a training season in elite female swimmers. *Journal of Swim Research*. 6, 5-9.
- Sahlin, K (1992) Metabolic factors in fatigue. *Sport Medicine*. 13:99-107.
- Salmi, J. A. (2003). Body composition assessment with segmental multifrequency bioimpedance method. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2(3), 1-29
- Santhiago, V. da Silva, A. D. and Gobatto, C. A. (2006). Effects of taper on some hormonal and biochemical overtraining markers in high performance swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38(5), Supplement abstract 1584.
- Scherrer, J. and Monod H. (1960). Le travail musculaire local et la fatigue chez l'homme. *Journal de Physiologie*. 52, 420-501.
- Seyle, H. (1956). *The Stress of Life*. New York: McGraw-Hill.
- Sexsmith, J. R. Oliver, M. L. and Johnson-Bos, J. M. (1992). Acute responses to surgical tubing and biokinetic swim bench interval exercise. *Journal of Swimming Research*. 8, 5-10.
- Sharp, R. L. Troup, J. P. and Costill, D. L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 14, 53-56.
- Sharp, R. L. (1993). Prescribing and evaluating interval training sets in swimming: a proposed model. *Journal of Swimming Research*. 9, 36-40

- Simola, R. Samulski, D. M. and Prado, L. S. (2009). *Physiological and psychological aspects of swimmers in different training periods*. A paper presented at the 14th Annual Congress of the European College of Sport Science, Oslo, Norway, June 24-27.
- Sperlich, B. Haegele, M. Heilemann, I. Zinner, C. De Marees, M. Achtzen, S. and Mester, J. (2010). High-intensity interval training improves VO_{2peak} , maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9–11-year-old swimmers. *European Journal of Applied Physiology*. 110(5): 1029–1036.
- Schnitzler, Ch. Ernweine, V. and Chollet, D. (2002). Effect of applying increasing resistances on the coordination in backstroke tethered swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 54-59.
- Seiler, S. and Hetlelid, K. J. (2004). Impact of rest duration on physiological and RPE responses during interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 36(5), Supplement abstract 1021.
- Seiler, S. and Tønnessen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sportscience*. 13:32-53.
- Seiler, S. (2010). What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. (5)276-291.
- Sideraviciūte, S. Gailiūniene, A. Visagurskiene, K. and Vizbaraite, D. (2006). The effect of long-term swimming program on body composition, aerobic capacity and blood lipids in 14-19-year aged healthy girls and girls with type 1 diabetes mellitus. *Medicina (Kaunas)*.42(8):661-6.
- Siders, W. A. Lukaski, H. C. and Bolonchuk, W. W. (1993). Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 33, 166-171.
- Smith, D. Norris, S. and Hogg, M. (2002). Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Medicine*. 32(9):539-54.

- Stewart, A. M. and Hopkins, W. G. (2000). Consistency of swimming performance within and between competitions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32, 997-1001.
- Stone, M. H. K. C. Pierce, G. G. Haff, A. J. Koch, and M. Stone. (1999). Periodization: Effects of Manipulating Volume and Intensity. Part 1. *Strength and Conditioning Journal* 21(2):56–62.
- Stone, M. Potteiger, J. Pierce, K. Proulx, C. O’Bryant, H. Johnson, R. and Stone, M. E. (2000). Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 14: 332–333.
- Stone, M. Stone, M. and Sands, W. (2007). *Principles and Practice of Resistance Training*. Champaign Ill. Human Kinetics. pp. 259–286.
- Sucec, A. A. Hodgson, J. A. Hazard, A. A. and Roy, B. A. (2006). Body mass and lean body mass loss during residence at moderate altitude (2,450 m) in female and male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38(5), Supplement abstract 2727.
- Sun, G. French, C. R. Martin, G. R. Younghusband, B. Green, R.C. and Xie, Y. (2005). Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81, 74-78.
- Sweetenham, B. and Atkinson, J. (2003). *Championship swim training*. Champaign, Ill: Human kinetics.
- Tabata, I. Irisawa, K. Kouzaki, M. Nisimura, K. Ogita, F. and Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 29, 390-395.
- Taha, T. and Thomas, S. G. (2003). Systems modeling of the relationship between training and performance. *Sports Medicine*. 33, 1061-1073.

- Tanaka, H. Costill, D., Thomas, R., Fink, J. and Widrick, J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Medicine and science in sports and exercise*. 25(8):952-9
- Taylor, E. B., Parcell, A. C., Creer, A. R., Sawyer, R. D., Guthrie, M. and Eyestone, E. D. (2002). The effect of work and rest distribution on lactate production during interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34(5), Supplement abstract 1539.
- Termin, B. and Pendergast, D. R. (2000). Training using the stroke frequency-velocity relationship to combine biomechanical and metabolic paradigms. *Journal of Swimming Research*. 14, 9-17.
- Thomas L., Mujika I., and Busso T. (2008), A model study of optimal training reduction during pre-event taper in elite swimmers. *J Sports Sci*. 26(6):643-52.
- Toussaint, H. M. and Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 11, 228-23.
- Toubekis, A., Peyrebrune, M., Lakomy, H. and Nevil, M. (2008). Effects of active and passive recovery on performance during repeated-sprint swimming. *J. Sports Sci*. 26(14):1497-505
- Toubekis, A., Adam G., Douda, H., Antoniou, P., Douroundos I. and Tokmakidis S. (2011). Repeated sprint swimming performance after low- or high-intensity active and passive recoveries. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(1):109-16.
- Trappe, S., Costill, D., Lee, G. and Thomas, R. (1998). Effect of swim taper on human single muscle fiber contractile properties. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30(5), Supplement abstract 220.
- Trapp, G., Boutcher, Y. N. and Boutcher, S. H. (2004). Oxygen uptake response to high intensity intermittent cycle exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 36(5), Supplement abstract 1900.

- Trinity, J. D. Pahnke, M. D. and Coyle, E. F. (2005). Maximal power measured during a taper in collegiate swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 37(5), Supplement abstract 249.
- Trinity, J. D. Pahnke, M. D. Reese, E.C. and Coyle, E. F. (2006). Maximal mechanical power during a taper in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc*. 38(9):1643-9.
- Turner, A. (2011). The Science and Practice of Periodization: A Brief Review. *Strength and Conditioning Journal*. 33(1):34-46. 2011.
- Ullrich, I. Bryner, R. Toffle, R. and Yeater, R. (1993). The effects of exercise intensity on body composition in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 25(5), Supplement abstract 316.
- Verjoshansky, L. (1990). *Entrenamiento Deportivo. Planificación y Programación*. Barcelona: Martínez Roca.
- Verkhoshansky, Y. (1979). Principles of planning speed/strength training program in track athletes. *Legaya Athleticka*. 8: 8–10.
- Verkhoshansky, Y. (1996). Speed training for high level athletes. *New Studies in Athletics*. 11(2), 39-49.
- Verchoshanskij, J. (1999). The end of “periodization” of training in top-class sport. *New Studies in Athletics*. 14(2), 47-55.
- Werchoschanskil, J. (1984). Der Langfristige verzögerte Trainingseffekt durch konzentriertes Krafttraining. *Leistungs Sport Germany*. (3):41-44.
- Verkhoshansky, Y. (2004). *Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Wagner, P. D. (2000). New ideas on limitations to VO₂max. *Exercise and Sport Science Review*. 28, 10-14.

- Wallace, M. B. and Brown, L. C. (2002). Effects of high carbohydrate vs high fat diets on plasma lipoproteins, body composition, and performance in triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34(5), Supplement abstract 1311
- Wallace, L. Slattery K. and Coutts A. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(1):33-8.
- Walsh, M. L. (2000). Whole body fatigue and critical power: a physiological interpretation. *Sports Medicine*. 29, 153–166.
- Wakayoshi, K. Yoshida, T. Udo, M. Harada, T. Moritani, T. Mutoh, Y. and Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 66, 90–95.
- Wakayoshi, K. Yoshida, T. Ikuta, Y. Mutoh, Y. and Miyashita, M. (1993). Adaptations to six months of aerobic swim training. Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *International Journal of Sports Medicine*. 14(7):368-372.
- Wathen, D. Baechle, and Earle R. (2000). *Training variation: Periodization*. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics. PP. 513–527.
- Wathen, D. and Hageman, P. (2010). Personal Training 101: Program Variables and Design. *Strength and Conditioning Journal*. (32):3, 47-51
- Wasserman, K. and McIlroy, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise, *American Journal of Cardiology*. 14:844-852.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Barcelona: Paidotribo.

- Wilmore, J. H., and Costill, D. L. (1988). *Training for sport and activity*. Chapter 11. Dubuque, IA: Wm C. Brown
- Willoughby, D. (1993). The effects of mesocycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 7: 2-8.
- Wright, B.V. Bramer, C. L. and Stager, J. M. (2009). *Five week assessment of in water output in competitive swimmers*. ACSM 56th. Annual Meeting, Seattle, Washington. Presentation number 1828.
- Yamamoto, N. Isaka, T. Wada, T. Sakurama, K. Takenoya, F. Yanagi, H. and Hashimoto, M. (2004). The maintenance of anaerobic power in intermittent short-duration high intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 36(5), Supplement abstract 1427.
- Zapico, A. G. Calderón, F. J. Benito, P. J. González, C. B. Parisi, A. Pigozzi, F. and Di Salvo, V. (2007). Evolution of physiological and hematological parameters with training load in elite male road cyclists: a longitudinal study. *J Sports Med Phys Fitness*. 47(2):191-6.
- Zillikens, M. C. Van den Berg, J. W. Wilson, J. H. P. and Swart, G. R. (1992). Whole-body and segmental bioelectrical-impedance analysis in patients with cirrhosis of the liver: changes after treatment of ascites¹2. *American Journal of Clinical Nutrition*. 55, 621-625.
- Zintl, F. (1991) *Entrenamiento de la resistencia*. Barcelona: Martínez Roca.
- Zuniga, J. Berg, K. Noble, J. Harder, J. Chaffin, M. and Hanumanthu, S. H. (2008). Physiological responses and role of VO₂ slow component to interval training with different intensities and durations of work. *ACSM 55th Annual Meeting Indianapolis*, Presentation Number 1277.