

FRECUENCIA CARDIACA Y LACTATO SANGUÍNEO DETERMINADOS EN  
PRUEBAS DE CAMPO ESPECÍFICAS COMO INDICADORES DE INTENSIDAD EN  
LA DISPUTA DE UN TRIATLÓN DOBLE OLÍMPICO Y DE UN IRONMAN.

II Master en Formación en Alto Rendimiento, 2006

Universidad Miguel Hernández de Elche

Autor: Joaquín Rubert Alemán

Tutor: Manuel Moya Ramón





# FRECUENCIA CARDIACA Y LACTATO SANGUÍNEO DETERMINADOS EN PRUEBAS DE CAMPO ESPECÍFICAS COMO INDICADORES DE INTENSIDAD EN LA DISPUTA DE UN TRIATLÓN DOBLE OLÍMPICO Y DE UN IRONMAN.

## INDICE

1. Introducción
2. Objetivos
3. Material y métodos
  - 3.1. Sujetos
  - 3.2. Pruebas de Campo para la determinación de niveles de intensidad
  - 3.3. Competición
  - 3.4. Comparativa con el Ironman de Roth, estudio de caso
4. Resultados y Discusión
  - 4.1. Pruebas de campo previas
  - 4.2. Triatlón de Elche Doble Olímpico (TEDO)
    - 4.2.1. Análisis general de la competición
    - 4.2.2. Análisis de los triatletas estudiados
    - 4.2.3. Segmento de natación del TEDO
      - 4.2.3.1. Frecuencia cardiaca
      - 4.2.3.2. Lactato sanguíneo
    - 4.2.4. Segmento ciclista del TEDO
      - 4.2.4.1. Frecuencia cardiaca
      - 4.2.4.2. Lactato sanguíneo

- 4.2.5. Segmento carrera a pie del TEDO
  - 4.2.5.1.Frecuencia cardiaca
  - 4.2.5.2.Lactato sanguíneo
- 4.2.6. Resumen frecuencia cardiaca y lactato sanguíneo
- 4.2.7. Estudio correlacional y ecuaciones de regresión
- 4.3. Comparativa con el Ironman de Roth, estudio de caso
  - 4.3.1. Caso 1
  - 4.3.2. Caso 2

## 5. Conclusiones

Financiación

Agradecimientos

Referencias Bibliográficas

## **1. Introducción**

El triatlón es un deporte de resistencia en el que los participantes compiten de forma secuencial en tres disciplinas distintas. Su origen data de 1.978 con la disputa del primer Ironman, en Hawaïi, E.E.U.U., competición de ultrafondo que consta de 3,8 Km de natación, 180 Km de ciclismo y 42,2 Km de carrera a pie. La evolución y crecimiento del deporte llevó a una reducción paulatina de las distancias con un reequilibrio entre las disciplinas, llegando en el año 2.000 a su inclusión en el programa de los J.J.O.O. de Sydney sobre la distancia denominada olímpica de 1,5-40-10. En la actualidad existe un gran interés en las pruebas denominadas de media distancia y desde la presente temporada, la distancia oficial es la denominada Triatlón Doble Olímpico, que se disputa sobre las distancias de 3 Km de natación, 80 Km de ciclismo y 20 Km de carrera a pie.

Considerando la duración total de la competición, alrededor de 4 horas para los primeros clasificados dependiendo del perfil ciclista principalmente, ésta se enmarcaría dentro de la Resistencia de Larga Duración tipo III (RLD, Zintl, 1991, tipo IV en el caso del Ironman). Sin embargo, el cambio de disciplina propio y característico del triatlón, con diferencias importantes tanto en el medio en el que se disputan, acuático vs terrestre, como de la posición, horizontal vs sentada vs vertical, como de los grupos musculares implicados, extremidades superiores vs extremidades inferiores, y la duración de cada una de ellas (natación: RLD I, ciclismo: RLD III, carrera: RLD II) provoca unas intensidades de trabajo superiores a las esperadas.

Los estudios existentes sobre los perfiles fisiológicos determinantes del éxito en triatlón y las intensidades de trabajo a las que se compite (determinadas en competición mediante el control de la frecuencia cardíaca, de las velocidades alcanzadas, del lactato sanguíneo o en laboratorio con medidas más complejas como el consumo de oxígeno, parámetros ventilatorios y/o hematológicos) se han centrado en el triatlón sprint (0,75-20-5) y olímpico (1,5-40-10). Además, hoy en día está totalmente generalizado en estas competiciones la modalidad de “drafting” permitido, esto es, los triatletas pueden circular en grupo

aprovechando la estela de otros competidores en el segmento ciclista, mientras que en la media y larga distancia sigue vigente el reglamento clásico que prohíbe esta práctica.

Así, González-Haro et al. (2005) observaron diferencias importantes en las intensidades relativas en la natación y el ciclismo en triatletas de nivel nacional e internacional en un test de 1.500 m de natación a mejor marca (MM) seguido de 1 h de ciclismo a ritmo de competición en cicloergómetro. En efecto, en este estudio la velocidad de nado media fue de 1,29 m/s (1'17"5/100 m) que representó el 98% de la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM), con tasas de lactato de 6,8 mMol/L y frecuencias cardíacas de 162 pulsaciones por minuto (ppm) mientras que la potencia producida en el ciclismo fue de 266 W, cifra que representaba el 77% de la Potencia Aeróbica Máxima (PAM), y frecuencias cardíacas de 162 ppm, observándose pérdidas de peso de un 2,8% y cambios en la potencia, velocidad y frecuencia de pedaleo en el ciclismo hacia el final del test de 1h.

Peeling et al. (2005) encontraron que la intensidad a la que se disputa la natación en un triatlón sprint simulado condiciona el rendimiento final de tal manera que un nado a mejor marca en triatlón implica una pérdida de velocidad en el ciclismo frente a un nado al 80% y al 90% y una pérdida de rendimiento global frente al nado al 80%, aunque este estudio de laboratorio obvia las posibles ganancias obtenidas en competición en virtud de la posibilidad de integrarse en un grupo ciclista de mejor calidad gracias a una mejor natación, aunque esta consideración debería ser objeto de una profunda reflexión táctica en función de las características de la competición en concreto y de los rivales potenciales (consideramos un error frecuente, tanto en entrenadores como en triatletas, realizar siempre una natación a bloque en este tipo de triatlones sin las consideraciones tácticas mencionadas).

En lo que concierne a la natación, estos resultados coinciden con los de Rubert-Alemán (2006) en los que se observa que una salida explosiva en los primeros 25 m de un test de 100 m en triatletas condiciona significativamente el rendimiento final, mientras que Farber

et al. (1991) encontraron que la lactacidemia tras la natación era superior a la medida tras el ciclismo y la carrera en un triatlón sprint.

En la misma línea y profundizando algunos aspectos, Delextrat et al. (2003) comprobaron que una natación intensa de 750 m aumentaba el costo energético de un test de ciclismo subsecuente de 15 minutos en cicloergómetro a una intensidad de 105% del segundo umbral ventilatorio (VT2), principalmente en base a los ajustes de termorregulación y de coste del trabajo respiratorio que esta inducía, sin que influyera la importancia del trabajo de piernas en la natación previa. Estos aspectos de fatiga de los músculos respiratorios, en este caso tras la disputa de un triatlón olímpico, acababan de ser constatados por Boussana et al. (2003).

Van Schuylenbergh et al. (2004) encontraron que la velocidad de nado al Máximo Estado Estable de Lactato (MEEL) y el lactato sanguíneo en carrera también al MEEL eran los mejores tests de laboratorio para predecir el rendimiento en un triatlón sprint frente al  $VO_2\text{max}$ .

Respecto al segmento ciclista, Bentley et al. (2001) relacionaron el rendimiento en ciclismo contrarreloj durante 90 minutos con la Potencia Máxima, la Potencia en el Umbral Láctico según el modelo logarítmico (UANlog) y según el método Dmax (UANDmax), mientras que si la duración del test era de 20 minutos, el rendimiento correlacionaba mejor con el  $VO_2\text{max}$  y la Potencia a UANlog. Estas conclusiones deben ser matizadas en su aplicación al triatlón ya que las pruebas con segmentos ciclistas de ese orden de duración serían el triatlón sprint y olímpico en los que, como ya se ha mencionado, se ha impuesto el drafting.

En efecto, un estudio de Hauswirth et al. (2001) mostró que el flujo ventilatorio, el volumen de oxígeno inspirado, la frecuencia cardiaca y la lactacidemia fueron significativamente inferiores en un triatlón sprint simulado en el que el segmento ciclista era cubierto por los sujetos circulando a rueda de un ciclista frente a otro en el que dicho segmento se realizaba en relevos alternados de 500 m. Esta situación también tuvo

consecuencias en los subsecuentes 5 km de carrera, con una velocidad media de 17,87 km/h en la situación de drafting continuo frente a 17,15 km/h en drafting alternado.

O'Toole y Douglas (1995) encontraron que en triatlones sprint y en estudios con triatletas recreacionales el  $VO_2$ max en cada disciplina correlacionaba con el rendimiento en dicha disciplina, mientras que en triatlones más largos o en aquellos estudios en los que participaron triatletas élite, esta correlación perdía importancia, siendo la economía del movimiento ( $VO_2$ submax) en cada disciplina el parámetro que mejor correlacionaba con el rendimiento en dicha disciplina.

Hue (2003) observó que de entre un test máximo de 400 m en natación, un test incremental en tapiz, un test incremental en cicloergómetro y un test de transición ciclismo-carrera de 30+20 minutos con un test control de 20 minutos de carrera al mismo ritmo que el anterior, tan sólo correlacionaba con el rendimiento de atletas élite en triatlón olímpico con drafting la lactacidemia (LA, mMol/L) tras el test de transición y la distancia recorrida en los 20 minutos de la transición (DTR, m), aportando una ecuación de regresión para determinar el rendimiento en base a este test de laboratorio submáximo (Tiempo en Triatlón Olímpico con drafting =  $13,338 + 1.128 * DTR + 38,8 * LA$ ,  $R^2=0,93$ ).

Finalmente, Millet y Vleck (2000) refieren incrementos del coste energético de la carrera tras un segmento ciclista de entre 1,6 y 11,6% que se relacionan parcialmente con alteraciones cinemáticas aunque no se suelen observar cambios en los parámetros biomecánicos.

Los trabajos de investigación que estudian los parámetros fisiológicos determinantes del rendimiento en media y larga distancia así como la intensidad a la que se desarrollan estas pruebas son mucho menos abundantes. Podemos destacar el realizado por Laursen et al. (2005) con triatletas bien entrenados, en el que se puso de manifiesto que la FC en los segmentos ciclista ( $148 \pm 9$  ppm) y pedestre ( $143 \pm 13$  ppm) de un Ironman fueron significativamente inferiores al correspondiente VT2 ( $160 \pm 13$  ppm y  $165 \pm 14$  ppm



respectivamente) y al Umbral de Conconi ( $170 \pm 13$  ppm y  $179 \pm 9$  ppm respectivamente). Sin embargo, estas FC estuvieron correlacionadas y no fueron significativamente diferentes del VT1 correspondiente ( $146 \pm 12$  ppm y  $148 \pm 15$  ppm respectivamente).

Otro aspecto estudiado en triatletas élite (top 10% en el 2° segmento) fue las diferentes estrategias de ritmo de competición escogidas en el segmento ciclista de un Ironman disputado a 3 vueltas de 60 Km con condiciones de viento consistentes (17-30 Km/h, Abbis et al., 2006). En este trabajo se observó una disminución significativa en la potencia media (239 vs 203 W), la cadencia (89 vs 82 rpm) y la velocidad (36,5 vs 33,1 km/h) al aumentar el número de vueltas. Estos parámetros no fueron significativamente diferentes entre la sección disputada con viento a favor frente a la disputada con viento en contra.

En relación con el segmento ciclista y la adecuada ingesta de carbohidratos (CHO) durante el mismo, Meyer et al. (2002) demostraron que 4 horas de ciclismo realizadas al 70% del Umbral Anaeróbico Individual (UANI) con bebida con diferentes concentraciones de CHO (0%, 6% y 12%, volumen total 50 mL/Kg) resultaban en diferencias significativas entre la dosis 0 y las otras 2 en el Cociente Respiratorio y en la glucosa sanguínea mientras que los ácidos grasos libres (AGL) y el glicerol plasmáticos eran significativamente dependientes de la dosis de CHO, por lo que la correcta ingesta de estos inhibe la lipólisis y aumenta la glicólisis aeróbica.

Whyte et al. (2000) profundizaron en los aspectos fisiológicos ligados a la función cardiaca que resultaban determinantes para el rendimiento en Ironman y medio Ironman. Estos autores demostraron la correlación existente entre el rendimiento global y parámetros tales como grosor de la pared del ventrículo izquierdo (VI), masa del VI y volumen sistólico. El diámetro del VI correlacionó con el rendimiento en el segmento ciclista del Ironman exclusivamente. El consumo de oxígeno al UAN, el %VO<sub>2</sub>max al UAN y la PAM/Kg correlacionaron positivamente con el rendimiento en el segmento ciclista del medio Ironman pero no del Ironman.

Hausswirth y Lehenaff (2001) mostraron que la economía de carrera decrecía a lo largo de la maratón de un Ironman debido a varios factores fisiológicos tales como el aumento de la temperatura corporal o el imbalance de fluidos (pérdidas superiores a ingestas) y la consecuente deshidratación, dando buena fe de ello el aumento significativo de los AGL y del glicerol plasmáticos en las fases finales de la maratón.

Finalmente, en un estudio análogo al presente llevado a cabo por Menéndez de Luarca (2003), en el que se monitorizó la frecuencia cardiaca de 3 triatletas durante la disputa de un medio Ironman se observó que el porcentaje de tiempo que se compitió en cada disciplina por encima del umbral aeróbico (UA, lactacidemia 2 mMol/L) y del UAN a 4 mMol/L (UAN4) fue del 23% y 75% en el segmento de la natación, del 49% y 47% en el segmento ciclista y del 80% y el 14% en el segmento de carrera. Estas intensidades fueron superiores a las esperadas tratándose de una competición de más de 4 h de duración total.

## **2. Objetivos**

En el presente trabajo de investigación se plantean los siguientes objetivos:

- Determinar los perfiles de triatletas de categoría regional de media y larga distancia mediante pruebas de campo específicas con determinación del UAN láctico y las frecuencias cardíacas y velocidades asociadas.
- Determinar la influencia del ciclismo sobre el rendimiento en la carrera a pie subsecuente en una prueba de campo específica de transición ciclismo-carrera de media distancia.
- Determinar los perfiles de intensidad desarrollados en cada uno de los segmentos durante el Triatlón de Elche Doble Olímpico con monitorización de la frecuencia cardíaca y el lactato sanguíneo.
- Establecer las correlaciones existentes entre los parámetros anteriores.
- Comparar estos resultados con los obtenidos en un Ironman.



### 3. Material y métodos

#### 3.1. Sujetos

6 triatletas de nivel nacional participantes en el II Triatlón Doble Olímpico de Elche el 6 de mayo de 2006 fueron los sujetos de este estudio. Todos ellos completaron un cuestionario PAR-Q para evitar riesgos cardiovasculares y firmaron un consentimiento escrito previamente a la participación en el estudio. Las características de los sujetos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Características de los sujetos.

	Media	Desviación típica
Edad (años)	35,7	8,3
Peso (kg)	74,2	6,1
Altura (cm)	179,5	3,6
IMC(kg/m <sup>2</sup> )	23,01	1,70

#### 3.2. Pruebas de Campo para la determinación de niveles de intensidad

Se realizaron 4 pruebas de campo para la determinación del Umbral Anaeróbico (UAN, Davis et al., 1976) y de los niveles de intensidad, uno en cada una de las disciplinas del triatlón, natación, ciclismo y carrera a pie, y un último test de transición ciclismo-carrera a pie.

En todos ellos se monitorizó el lactato sanguíneo mediante la toma de muestras sanguíneas en el lóbulo de la oreja y el aparato Lactate Scout (EKF-diagnostic GMBH, Alemania, Biolaster, España, [www.biolaster.com](http://www.biolaster.com)) validado previamente (Trigo et al., 2000), así como

la frecuencia cardiaca mediante el cardiotacógrafo Polar S810i (Polar, Finlandia), con registro de datos cada 5 segundos.

El test de natación se llevó a cabo mediante la realización de varias repeticiones de 300 metros (entre 4 y 6 según el sujeto), con una carga inicial equivalente a un ritmo de nado de 1'45"/100 m (0,95 m/s), incrementos de ritmo de nado de 4"/100 metros en cada estadio y recuperaciones de 2 minutos. La prueba se desarrolló en una piscina climatizada, de 25 m, con un triatleta por calle y con traje de neopreno.

El test de ciclismo consistió en completar series de 2500 metros, con una carga inicial de 25 km/h e incrementos de 1,5 km/h, con recuperaciones de 2 minutos. La prueba se llevó a cabo en un circuito llano de 500 m con muy buen firme (Padilla et al., 1996).

El test de carrera se llevo a cabo mediante cargas incrementales de 1600 metros, carga inicial correspondiente a un ritmo de 5'/km (12 km/h) e incrementos de ritmo en cada estadio de 12"/km. Esta prueba fue realizada en pista de atletismo.

El test de transición ciclismo-carrera consistió en la realización de 50 km de ciclismo a ritmo estimado de competición (frecuencia cardiaca entre el 85 y el 90 % del UAN determinado previamente en la prueba de ciclismo), con 2 paradas intermedias de 30" para la determinación del lactato sanguíneo, seguidos de una transición de 3' y de un test de carrera totalmente análogo al de carrera a pie realizado aisladamente. se llevo a cabo mediante cargas incrementales de 1600 metros, carga inicial correspondiente a un ritmo de 5'/km (12 km/h) e incrementos de ritmo en cada estadio de 12"/km.

Aunque existen muchos criterios para el establecimiento de los niveles de intensidad a los que un esfuerzo de entrenamiento o competitivo es llevado a cabo por el atleta (Bonete, 2003, García-Verdugo, 1997), en el presente estudio y para caracterizar el desarrollo del TEDO, se utilizaron 5 niveles de intensidad en función de la frecuencia cardiaca a la cual se alcanzó el UAN en las respectivas pruebas de campo (FCUAN, Torres, 2005). La

nomenclatura empleada, su equivalencia con otras denominaciones así como el valor numérico de estos niveles fueron los siguientes:

- N0,  $FC < 0,85 \text{ FCUAN}$ , Aeróbico Regenerativo,
- N1,  $0,85 \text{ FCUAN} < FC < 0,90 \text{ FCUAN}$ , Aeróbico Ligero,
- N2,  $0,90 \text{ FCUAN} < FC < 0,95 \text{ FCUAN}$ , Aeróbico Medio,
- N3,  $0,95 \text{ FCUAN} < FC < \text{FCUAN}$ , Aeróbico Intenso,
- N4,  $FC > \text{FCUAN}$ , Anaeróbico.

### 3.3. Competición

El Triatlón de Elche Doble Olímpico (TEDO) se disputó sobre unas distancias de 3.000 m de natación, 84 km de ciclismo y 20 km de carrera a pie. Por cuestiones climatológicas, en la edición de 2.006 el segmento de natación tuvo 2.900 m reales, distancia esta que es la considerada a efectos de cálculo.

La natación se efectuó en la playa de Arenales, en aguas abiertas a 2 vueltas y con salida masiva.

El ciclismo se disputó sobre un circuito en línea entre Arenales y Elche, constando de 3 tramos muy diferenciados. Un primer tramo de 40 km totalmente llanos y con viento a favor en condiciones normales de la zona. Un segundo tramo fue el puerto de montaña del Albaterolo, de 10,8 km de longitud, 470 m de desnivel, 4% de pendiente media y con 2,5 km finales a una pendiente media del 10% y máxima del 14%. El último tramo fue de 33 km, que discurre por terreno favorable llano o de bajada, aunque con viento en contra.

La carrera a pie constó de 20 km realizados en 3 vueltas de 6,66 km, incluyendo cada una de ellas una bajada al cauce del río Vinalopó y su correspondiente dura subida.

Para la monitorización del lactato sanguíneo se realizaron 6 tomas de muestras sanguíneas en el lóbulo en los siguientes puntos:

- al finalizar la natación y justo antes de la primera transición,
- en la cima del puerto de montaña del Albaterolo,
- al finalizar el segmento ciclista y justo antes de la segunda transición,
- al finalizar cada una de las 3 vueltas de la carrera a pie.

Dicha toma de muestras se realizó en espacios habilitados para tal fin, de acuerdo con los jueces de la Federación de Triatlón de la Comunidad Valenciana y con el organizador de la prueba y con la colaboración de un grupo de alumnos de la licenciatura de Ciencias de la Educación Física y el Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

#### *3.4. Comparativa con el Ironman de Roth, estudio de caso*

2 de los sujetos integrantes del presente estudio disputaron 8 semanas después del TEDO, concretamente el 2 de julio de 2006, la competición principal de su planificación, el Ironman de Roth. Esta competición fue la primera de estas características que se disputó en Europa y hoy en día es la más multitudinaria de cuantas se disputan en todo el mundo (2.500 inscritos, 1.962 “finisher” y 598 equipos de relevos) con una alta calidad de participantes, tanto en la categoría élite como en los grupos de edad.

Las características de esta prueba triatlética de ultrafondo son las siguientes:

- 3.800 m de natación en un canal fluvial, de ida y vuelta, con aguas tranquilas y salidas en varias tandas de 400 triatletas cada una.
- 180 km de ciclismo a 2 vueltas, en un circuito rápido y con 1.420 m de desnivel positivo acumulado,
- 42,2 km de carrera a pie por senderos y perfil llano.

Se plantea un estudio de caso al contar con tan sólo 2 individuos y los datos de frecuencia cardiaca.



#### 4. Resultados y Discusión

##### 4.1. Pruebas de campo previas

Las figuras 1 a 4 muestran los resultados individuales obtenidos en las 4 pruebas de campo previas llevadas a cabo para la determinación del Umbral Anaeróbico.

Con los datos obtenidos en la prueba de ciclismo, los sujetos del estudio fueron sometidos a una prueba específica de transición consistente en la disputa de 50 km de ciclismo CRI (contrarreloj individual) a ritmo de competición seguidos de una prueba de campo de carrera a pie análoga a la efectuada previamente. La prueba se llevo a cabo en un circuito rectangular de 5 km de longitud total, de perfil llano, con 4 curvas amplias de 90° y sin tráfico rodado. Los triatletas recibieron la instrucción de disputar los 50 km con un nivel de intensidad correspondiente a una frecuencia cardiaca situada entre el 90 y el 95% de la frecuencia cardiaca a la que se había alcanzado el UAN en la precedente prueba de campo de ciclismo.

La tabla 2 muestra los datos correspondientes al nivel de intensidad real al que fue realizado el segmento ciclista.

Tabla 2: Disputa de 50 km de ciclismo en el test de transición.

	MEDIA	EE
V (km/h)	32,91	0,6
FC (ppm)	146,0	2,2
La (Mmol/L)	4,6	0,3
%Vuan	91,67%	1,54%
%FCuan	88,46%	1,33%

EE: error estándar, FC: frecuencia cardiaca,

$\%V_{uan}=100*V/V_{uan}$ ,  $\%FC_{uan}=100*FC/FC_{uan}$

Estos resultados muestran que los sujetos cumplieron el segmento a un nivel de intensidad ligeramente inferior al prescrito en lo referente a la frecuencia cardiaca aunque si se situaron en dicho nivel en cuanto a velocidad media obtenida.

En base a los mismos se obtienen los valores de UAN que aparecen en la Tabla 3.

Tabla 3: Umbral Anaeróbico obtenido en las pruebas de campo.

DISCIPLINA	V (km/h)		Ritmo (NAT min/100, CAP min/km)		FC (ppm)		La (mMol/L)	
	MEDIA	EE	MEDIA	EE	MEDIA	EE	MEDIA	EE
NATACIÓN	4,17	0,11	01:26,7	00:02,2	159,8 <sup>abc</sup>	5,8	6,0 <sup>ab</sup>	0,9
CICLISMO	34,43	0,67			160,5 <sup>a</sup>	3,2	6,8 <sup>a</sup>	0,8
CARRERA	14,86 <sup>a</sup>	0,27	04:04,4	00:05,2	171,7 <sup>bc**</sup>	2,8	4,7 <sup>b</sup>	0,5
TRANSICIÓN	13,58 <sup>b</sup>	0,21	04:25,5	00:04,0	159,3 <sup>bc*</sup>	3,9	5,1 <sup>ab</sup>	0,4
NS	0,004				*: 0,002 **: 0,04		0,02	

EE: error estándar, NAT: natación, CAP: carrera a pie, FC: frecuencia cardiaca, NS: nivel de significación

Los resultados obtenidos en el test de natación se traducen en un  $VO_2\text{max}$  de  $5,53 \pm 0,14$   $L \cdot \text{min}^{-1}$  y un  $VO_2$  a UAN de  $5,09 \pm 0,15$   $L \cdot \text{min}^{-1}$  que significa un  $92,1 \pm 1,01$  % del máximo ( $VO_2 = 0,373 + 4,108 v$  (m/s), ecuaciones de regresión para triatletas, Costill et al., 1992).

Tal y como se observa en la tabla, el análisis de la varianza efectuado con los datos obtenidos arroja diferencias significativas en los valores de frecuencia cardiaca entre el UAN en el ciclismo y el UAN en la carrera a pie ( $P=0,002$ ) y el UAN en la transición ( $P=0,04$ ), mientras que en los valores de lactato sanguíneo estas diferencias sólo son significativas entre el UAN en el ciclismo y el UAN en la carrera a pie ( $P=0,02$ ). Aunque no se observaron diferencias significativas en el UAN a nivel de frecuencia cardiaca y de lactato sanguíneo entre el test de carrera a pie y el de transición, la velocidad a la que fue

alcanzado dicho UAN si que fue significativamente ( $P=0,004$ ) menor y de cuantía importante (13,58 vs 14,86 km/h) en el caso del test de carrera a pie efectuado en transición. Esto supone que la velocidad a UAN en la carrera a pie en una transición ciclismo-carrera como la estudiada es un 91,6 % de la velocidad teórica a UAN sin ciclismo previo.

Figura 1: Prueba de campo de natación.

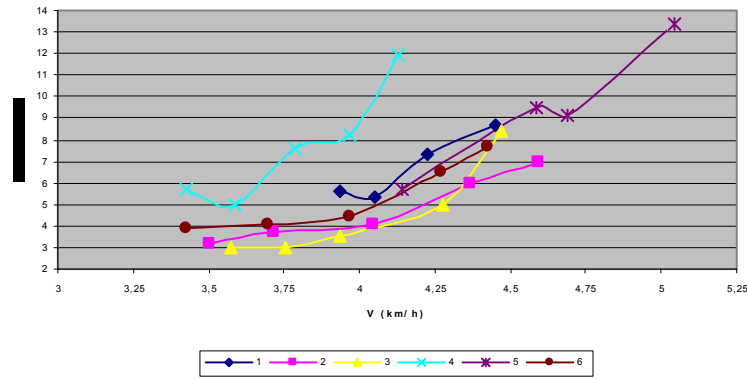


Figura 2: Prueba de campo de ciclismo.

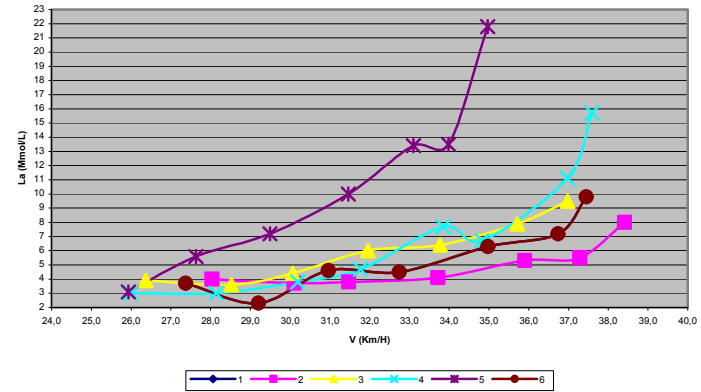


Figura 3: Prueba de campo de carrera.

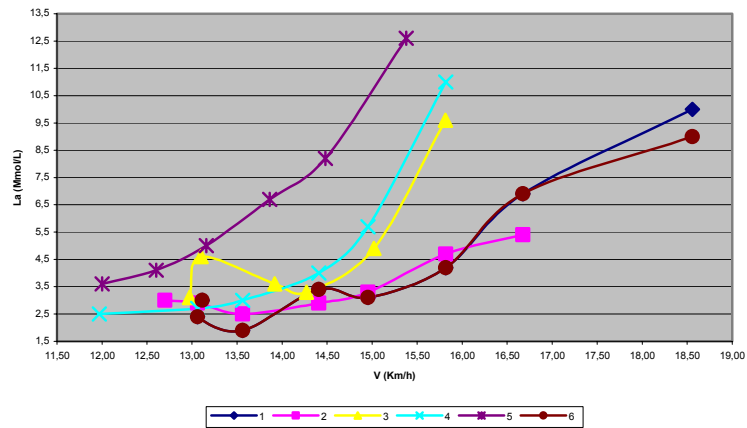
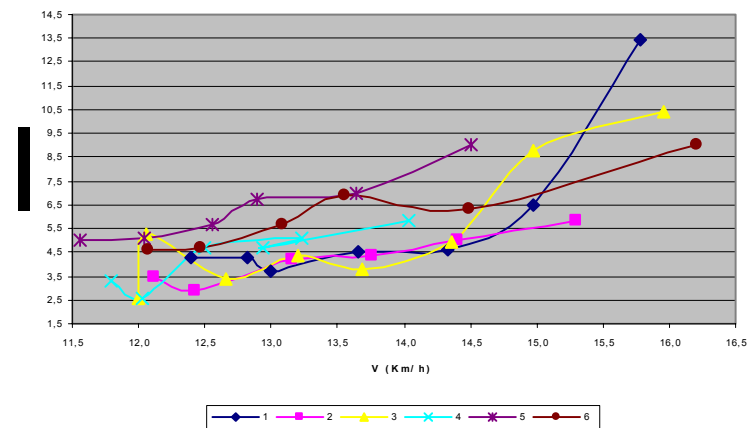


Figura 4: Prueba de campo de carrera en transición.



## 4.2. Triatlón de Elche Doble Olímpico (TEDO)

### 4.2.1. Análisis general de la competición

La tabla 4 resume los aspectos principales de la clasificación general del TEDO.

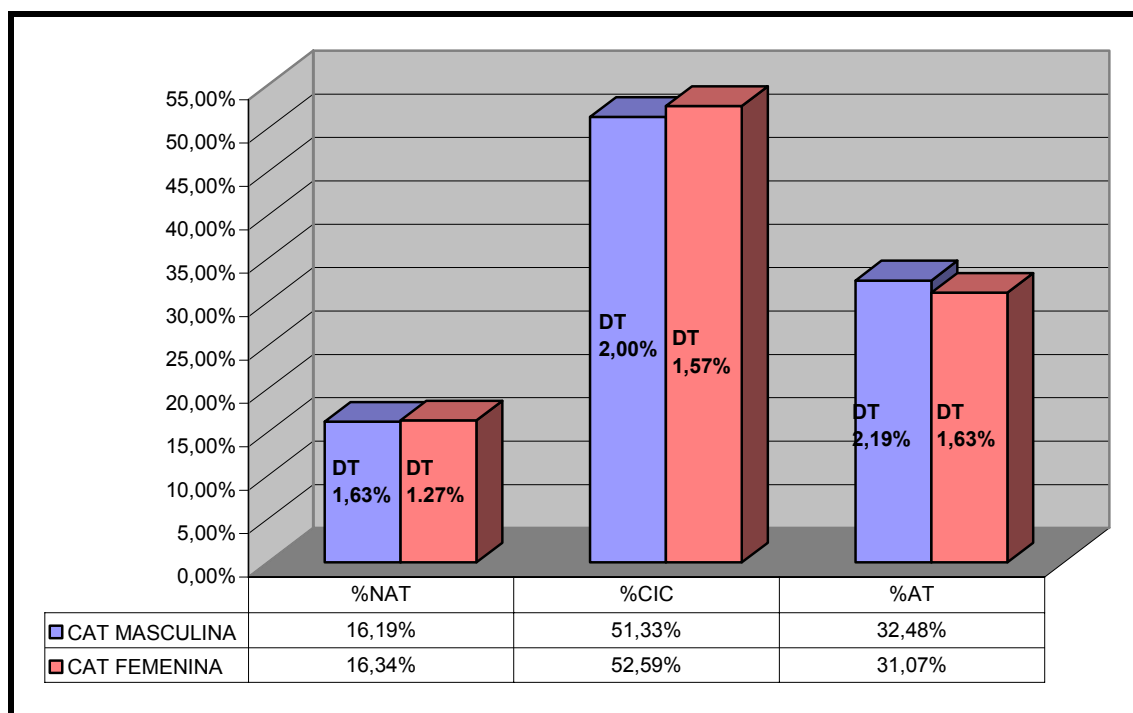
Tabla 4: Resultados generales del TEDO.

CAT	PARTICIPANTES		T META	T NAT	RITMO NAT (mm:ss/100 m)	V NAT (km/h)	T CIC	V CIC (km/h)	T T2	T AT	RITMO AT (mm:ss/km)	V AT (km/h)
MASC	261 (27 ret)	MEDIA	5:22:36	0:52:18	0:01:45	3,33	2:45:13	31,35	3:37:34	1:44:53	0:05:15	11,44
		1º	4:01:10	0:34:25	0:01:09	5,06	2:09:41	39,78	2:44:12	1:15:00	0:03:45	16,00
FEM	16 (3 ret)	MEDIA	5:50:45	0:57:20	0:01:55	3,03	3:04:41	28,05	4:02:01	1:48:44	0:05:26	11,04
		1ª	5:06:04	0:48:05	0:01:36	3,62	2:37:11	32,69	3:27:32	1:35:58	0:04:48	12,50

ret: retirados

Estos resultados expresados porcentualmente aparecen reflejados gráficamente en la figura siguiente.

Figura 5: Peso específico de cada uno de los segmentos en el TEDO.



Del análisis correlacional efectuado sobre el conjunto de valores de la clasificación general se puede observar un mayor grado de relación entre el tiempo en meta y el tiempo en el segmento ciclista (0,97 y 0,92 en categoría masculina y femenina respectivamente) que con el tiempo empleado en la carrera a pie (0,82 y 0,88) o en la natación (0,78 y 0,76, tabla 5). A su vez, comparando categoría femenina y masculina, se observa que el coeficiente de correlación fue mayor en natación y en atletismo y menor en ciclismo para las chicas que para los chicos.

Tabla 5: Correlaciones entre el tiempo en meta y los tiempos parciales.

		TNAT	TCIC	TAT	
TMETA	MASC	0,775	0,969	0,818	Coef. Pearson
		1,86E-03	5,17E-08	6,41E-04	Signif.
	FEM	0,762	0,924	0,883	Coef. Pearson
		1,61E-44	3,78E-96	2,26E-76	Signif.

#### 4.2.2. Análisis de los triatletas estudiados

El tiempo que los triatletas participantes en el estudio emplearon en cubrir cada segmento durante la disputa del TEDO aparece en la figura 6 mientras que la figura 7 muestra la distribución porcentual de cada uno de los segmentos del TEDO.

Estos mismos resultados expresados numéricamente aparecen en la tabla 6.

Tabla 6: Resultados obtenidos en el TEDO por los triatletas participantes en el estudio.

		NATACIÓN	T1	CICLISMO	T2	CARRERA	LACTATOS
Tiempo	Media	0:44:37	0:02:10	2:39:52	0:01:07	1:40:26	0:02:27
	EE	0:01:36	0:00:12	0:03:20	0:00:14	0:03:12	0:00:13
%	Media	14,50%	0,70%	51,89%	0,36%	32,57%	
	EE	0,54%	0,07%	0,84%	0,08%	0,68%	

Figura 6: Tiempo empleado en cada uno de los segmentos del TEDO.

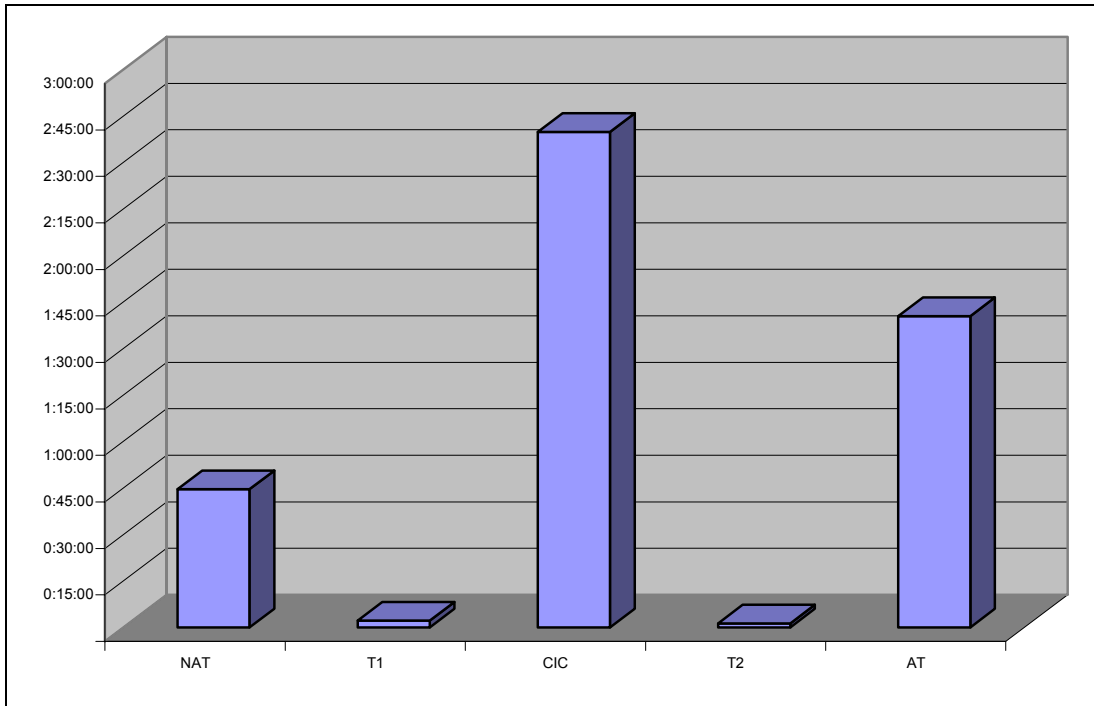
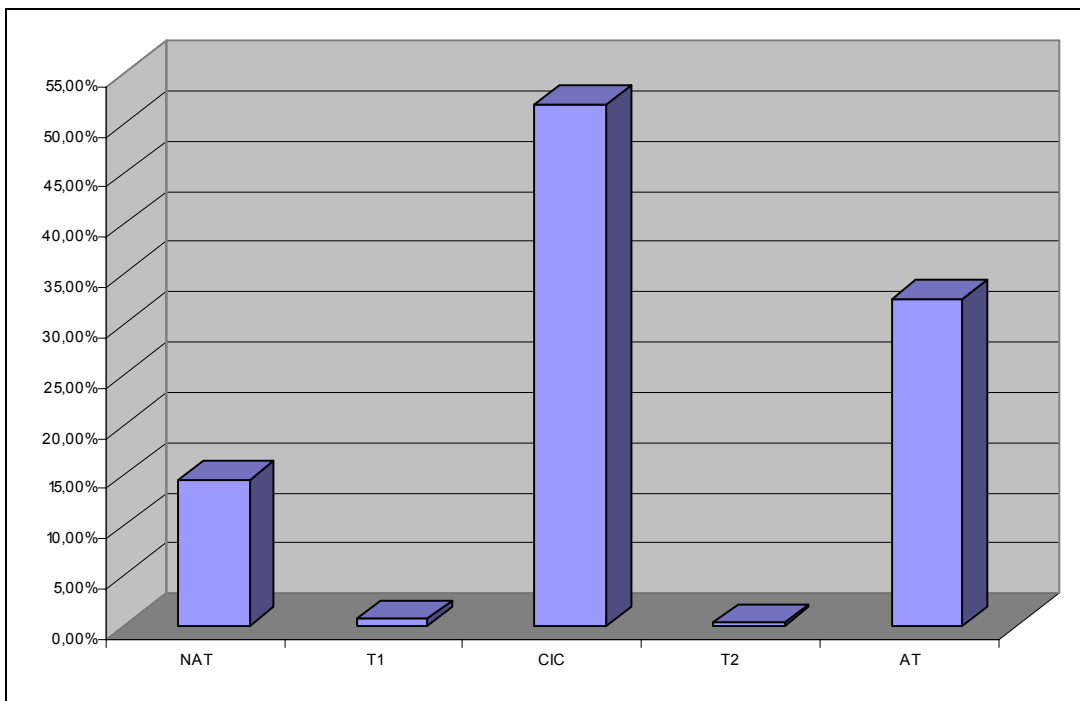


Figura 7: Distribución porcentual de cada uno de los segmentos del TEDO.



Respecto a los resultados en términos de puestos obtenidos en la clasificación masculina de la prueba, estos están reflejados en la tabla siguiente.

Tabla 7: Clasificación en el TEDO de los triatletas objeto del estudio.

	NATACIÓN	CICLISMO	T2	CARRERA	META
Media	52,0	118,0	96,0	101,0	99,0
EE	16,7	17,1	12,7	17,6	13,9
Mejor resultado	7	72	57	40	52
Peor resultado	119	190	141	151	137
Percentil media	80%	55%	63%	61%	62%
Percentil mejor	97%	72%	78%	85%	80%
Percentil peor	54%	27%	46%	42%	48%

Como se puede observar en la tabla 8, el análisis de la varianza efectuado para catalogar el rendimiento de los triatletas objeto del estudio respecto al conjunto de participantes en el TEDO arroja diferencias significativas favorables a los primeros en el segmento de natación, tanto en el tiempo empleado en cubrir el segmento ( $44'37'' \pm 1'36''$  vs  $52'18'' \pm 0'33''$ , media  $\pm$  error estándar), como en la velocidad de nado ( $3,98 \pm 0,16$  km/h vs  $3,40 \pm 0,04$  km/h) y en el puesto obtenido en el segmento ( $52,0 \pm 16,7$  vs  $116,5 \pm 4,4$ ). En el segmento ciclista y de carrera a pie no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos.

Por otro lado, también se apreciaron diferencias significativas en el peso específico de los segmentos de natación y de ciclismo que se compensaban mutuamente ( $14,5 \pm 0,6$  % vs  $16,2 \pm 0,1$  % en natación y  $53,0 \pm 14,5$  % vs  $51,3 \pm 16,2$  % en ciclismo), diferencias que no se apreciaron en la carrera a pie ( $32,45 \pm 0,5$  % vs  $32,48 \pm 0,5$  %).



Tabla 8: Variables controladas en el TEDO con diferencias significativas entre los triatletas estudiados y el conjunto de triatletas de la clasificación general.

Variable	TNAT	VNAT	PNAT	PORCNAT	PORCCIC
Significación	0,03	0,03	0,02	0,01	0,03

TNAT: tiempo natación, VNAT: velocidad natación km/h, PNAT: puesto natación, PORCNAT: porcentaje de natación respecto al tiempo total, PORCCIC: porcentaje de ciclismo respecto al tiempo total (a efectos de cálculo, al tiempo del segmento ciclista se le ha sustraído 3'17" por el tiempo empleado en las transiciones.

#### 4.2.3. Segmento de natación del TEDO

##### 4.2.3.1. Frecuencia cardiaca

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de campo de natación previa, el segmento de natación del TEDO fue disputado por los sujetos a los niveles de intensidad que aparecen en las figuras 8 y 9.

Figura 8: Tiempo de competición y niveles de intensidad en la natación del TEDO.

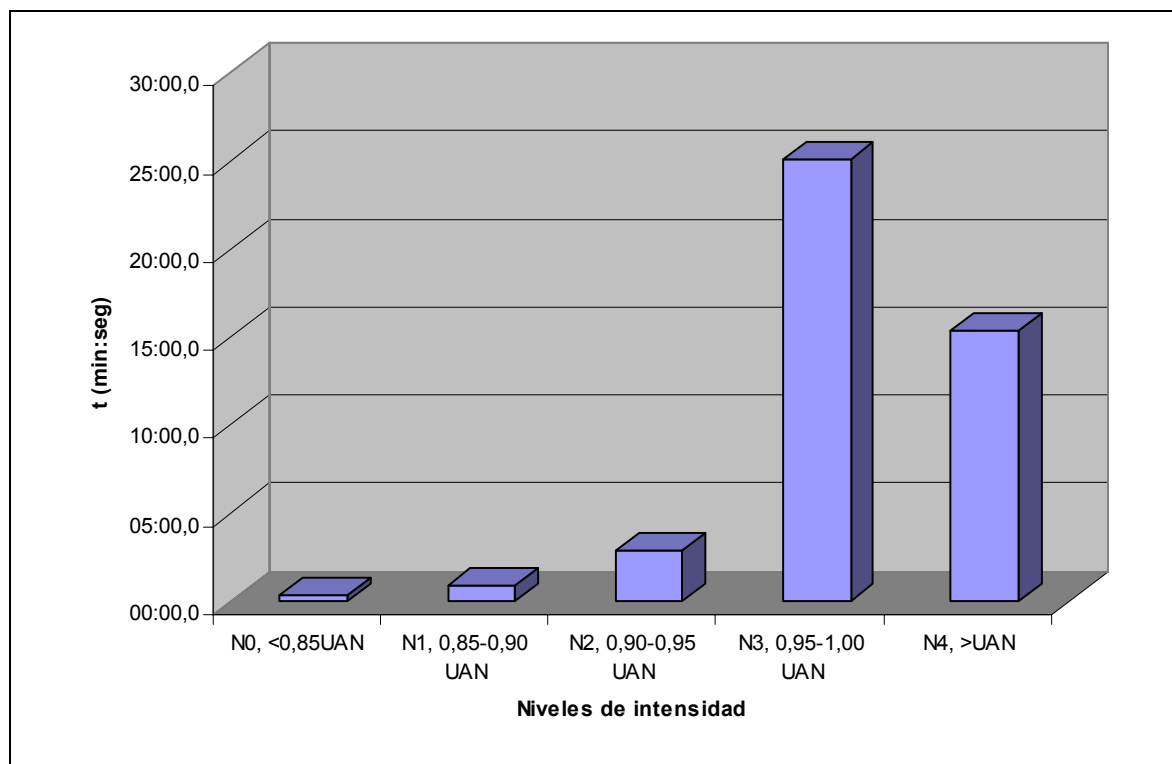
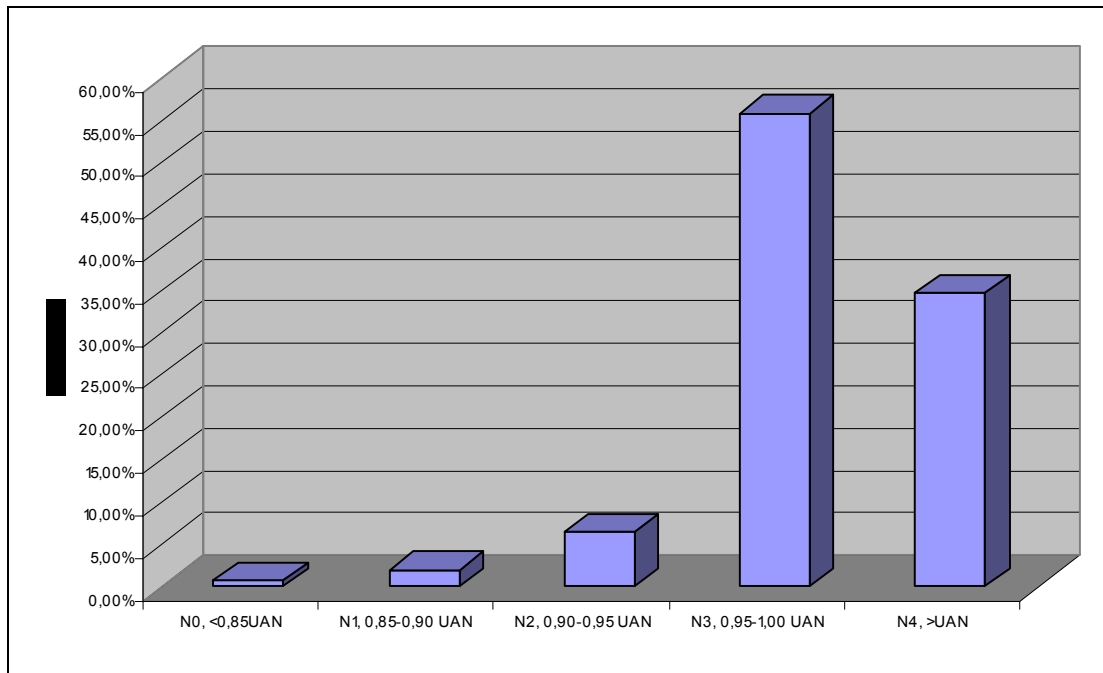


Figura 9: Porcentaje de tiempo de competición y niveles de intensidad en la natación TEDO.



Siendo los valores temporales y porcentuales de dicho segmento los que aparecen en la tabla 9.

Tabla 9: Niveles de intensidad en el segmento de natación del TEDO.

Nivel de intensidad	N0, <0,85UAN	N1, 0,85-0,90 UAN	N2, 0,90-0,95 UAN	N3, 0,95-1,00 UAN	N4, >UAN	TOTAL
tiempo medio	00:20,7	00:53,4	02:57,0	25:04,4	15:22,4	44:37,8
EE	00:03,5	00:31,2	00:48,7	03:52,1	03:37,9	01:36,1
% segmento	0,77% <sup>a</sup>	2,04% <sup>a</sup>	6,54% <sup>a</sup>	55,91% <sup>b</sup>	34,74% <sup>b</sup>	100,00%
EE	0,12%	1,23%	1,72%	7,95%	7,97%	0,00%

a,b: diferencias significativas  $P < 0,01$ , excepto  $N2 \neq N4$ ,  $P < 0,05$

Tal y como se observa en la tabla, el ANOVA realizado para estudiar el porcentaje de tiempo pasado en competición a los distintos niveles de intensidad muestra diferencias significativas entre los niveles 0, 1 y 2 (de predominancia aeróbica, también llamados

Regenerativo, Aeróbico Ligero y Aeróbico Medio, Navarro (2000)) y los niveles 3 y 4, con un componente anaeróbico cada vez más importante (Aeróbico Intenso y Anaeróbico o de transición Aeróbico-Anaeróbico).

Equiparando las fases I, II y III de Menéndez de Luarda (2003, FC por debajo del UA, entre UA y UAN4 y por encima de UAN4 respectivamente) a nuestros N0, N1+N2+N3 y N4 respectivamente, se desprende que el segmento de natación del Triatlón Medio Ironman de El Chorro (TEC) fue disputado a intensidades superiores a las del TEDO (63% vs 23% y 35% vs 75% en los 2 niveles superiores antes citados). En este segmento este hecho puede deberse claramente a la diferencia entre un medio ironman, 1.900 m de natación, frente a los 2.900 m del TEDO. Además, el segmento de natación del TEC se disputó en un pantano, con aguas muy tranquilas y 150 participantes, frente a los 300 del TEDO y, principalmente, unas condiciones meteorológicas particularmente adversas el día en que se celebró el TEDO, con temporal de Levante en los días previos y mucho oleaje en el terreno de juego, que provocó una natación muy incómoda para los triatletas.

Desde el punto de vista metodológico también podrían justificarse estas diferencias ya que el criterio seguido en el trabajo de Menéndez de Luarda fue fijar el UAN a 4 mMol/L, mientras que el criterio utilizado en el presente estudio en base a un incremento brusco de la lactacidemia en la curva velocidad/lactato arrojó valores de UAN de  $6,0 \pm 0,9$  mMol/L,  $6,8 \pm 0,8$  mMol/L,  $4,7 \pm 0,5$  mMol/L y  $5,1 \pm 0,4$  mMol/L para la natación, el ciclismo, la carrera y la carrera en transición respectivamente.

Tomando el segmento de natación en su conjunto, éste fue disputado a una velocidad de nado de  $3,98 \pm 0,42$  km/h ( $1'32'' \pm 8''/100$  m), lo que supuso un  $96,19 \pm 5,08$  % de la velocidad a UAN determinada en la prueba de campo, no encontrándose diferencias significativas entre ambas velocidades.

#### 4.2.3.2. Lactato sanguíneo

Los valores de lactato al final del segmento promediaron  $6,0 \pm 1,6$  mMol/L, valores de  $0,5 \pm 0,3$  mMol/L superiores al UAN láctico determinado en la prueba de campo.

Estos resultados, junto con los anteriores, muestran que la natación se disputó a un nivel de intensidad muy elevado para la distancia de la que se trataba (2.900 m), con un 93% del tiempo total de nado en intensidades próximas al UAN e, incluso, un 53% por encima de dicho umbral.

#### 4.2.4. Segmento ciclista del TEDO

Para el estudio del comportamiento de los triatletas en el segmento ciclista, se consideraron 3 tramos del mismo bien diferenciados (figura 10). El primer tramo, denominado LLANO, de 40 km de longitud, transcurría de la T1 hasta el inicio del puerto de montaña del Albaterolo, siendo de perfil totalmente llano y disputado el día de la prueba con viento ligero favorable. El segundo tramo, denominado PM, se correspondió con el puerto del Albaterolo o de Albaterra-Argüeda, de 10,8 km de longitud, 473 m de desnivel, 4,3% de pendiente media y 2,5 km finales al 10% y pendientes máximas del 14% (figura 11). El último tramo, denominado BAJADA, era de perfil claramente favorable, con 400 m de desnivel negativo acumulado en los 32,2 km de longitud y llevaba de la cima del puerto hasta la T2.

Figura 10: Perfil y tramos objeto de estudio del segmento ciclista del TEDO.

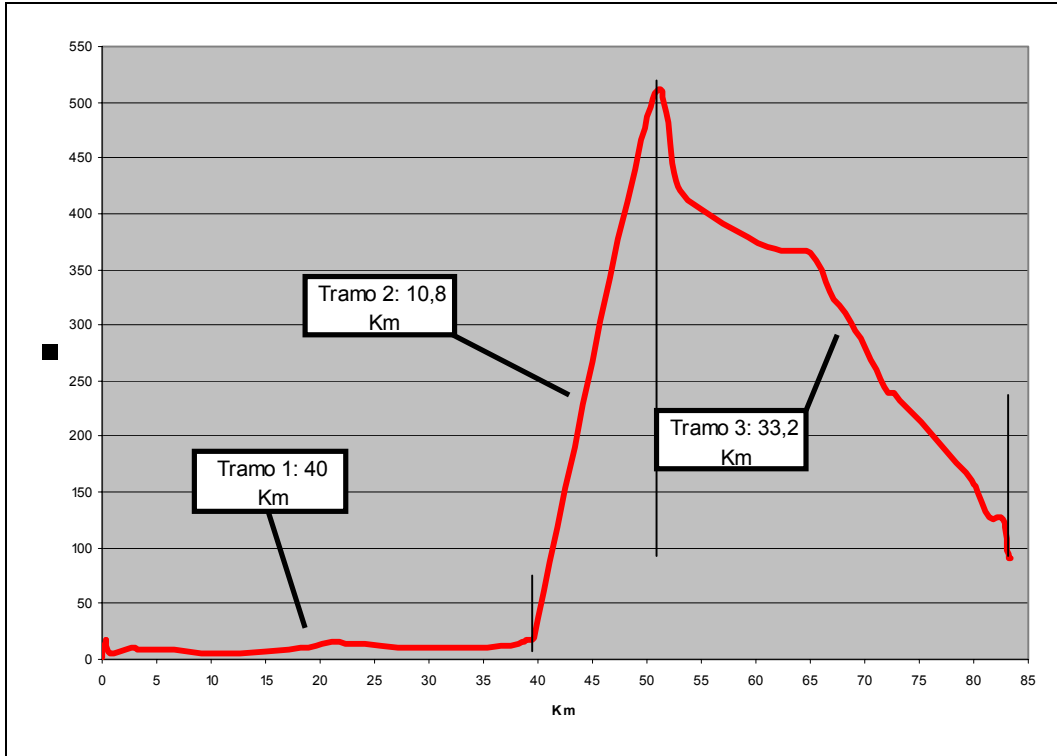
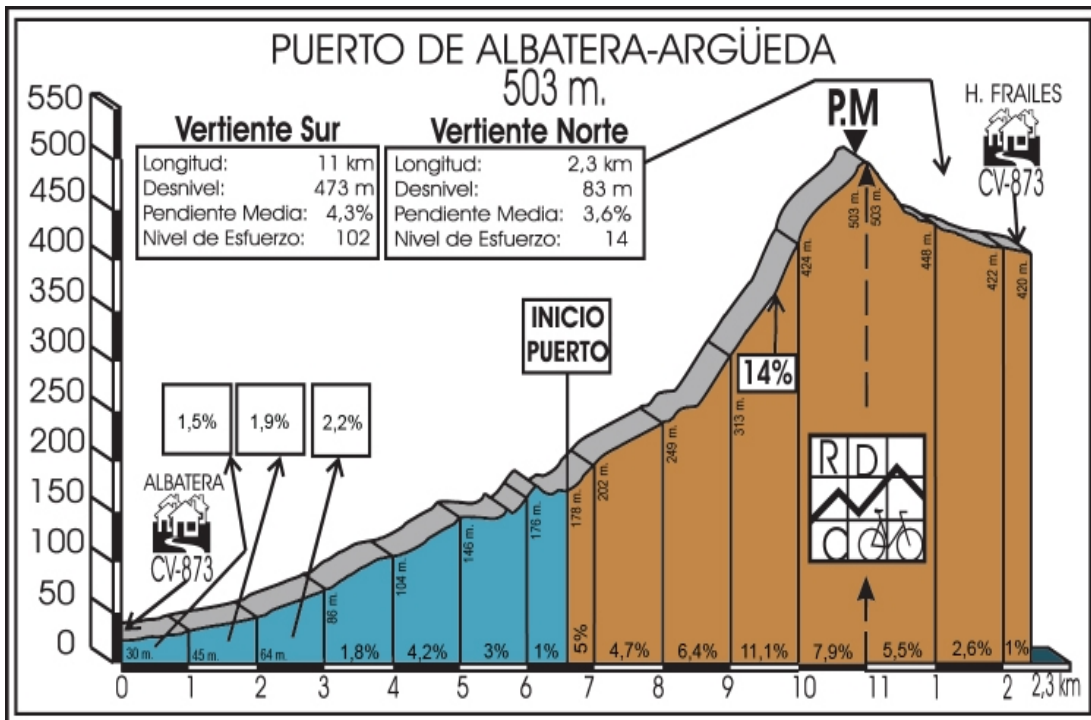


Figura 11: Características del Albaterolo o puerto de Albatera-Argüeda.



#### 4.2.4.1. Frecuencia cardiaca

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de campo correspondiente, el segmento ciclista en su conjunto y cada uno de sus tramos (llano, pm y bajada) del TEDO fue disputado por los sujetos a los niveles de intensidad que aparecen en las figuras 12 y 13.

Figura 12: Tiempo de competición y niveles de intensidad en el segmento ciclista del TEDO.

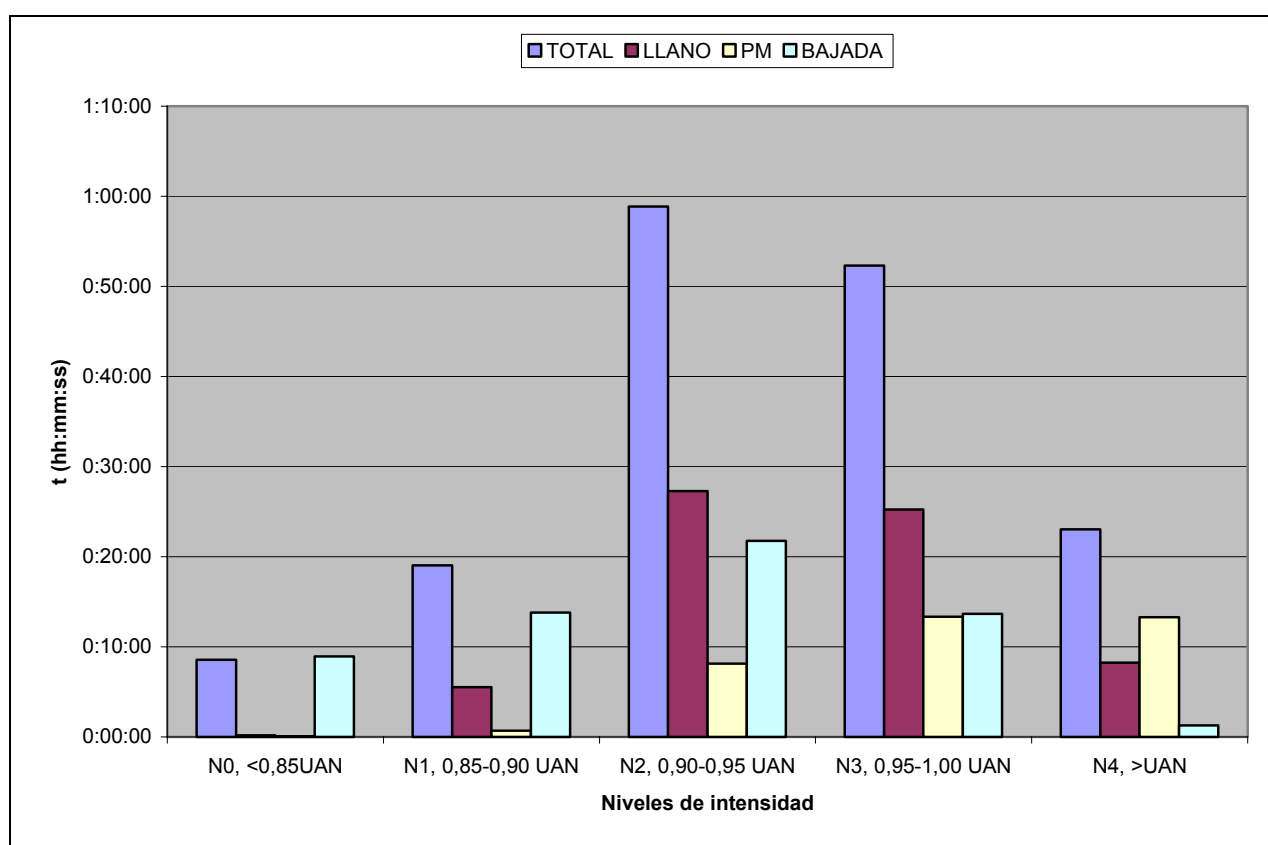
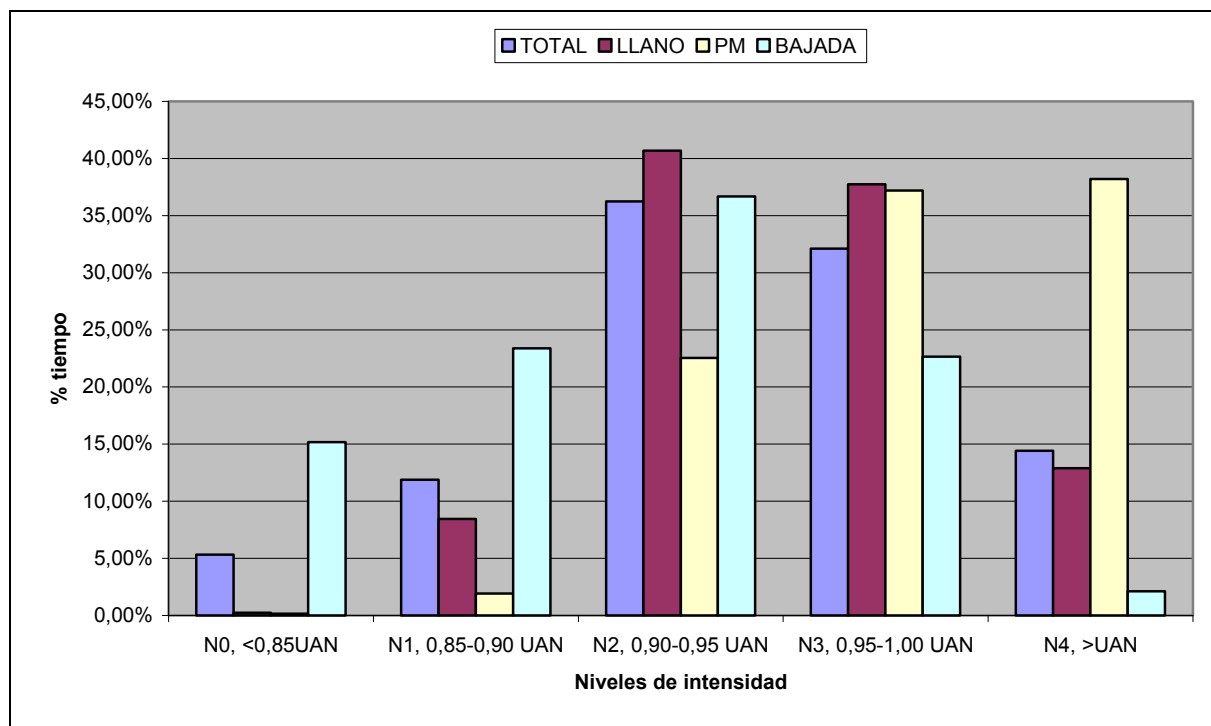


Figura 13: Porcentaje de tiempo de competición y niveles de intensidad en el segmento ciclista del TEDO.



Estos mismos resultados expresados porcentualmente aparecen en la tabla 10.

Tabla 10: Niveles de intensidad en el segmento ciclista del TEDO.

	Nivel de intensidad	N0, <0,85UAN		N1, 0,85-0,90 UAN		N2, 0,90-0,95 UAN		N3, 0,95-1,00 UAN		N4, >UAN	
		MED	EE	MEDIA	EE	MEDIA	EE	MEDIA	EE	MEDIA	EE
T	TOTAL	0:08:33	0:03:18	0:19:02	0:07:10	0:58:51	0:07:08	0:52:19	0:10:25	0:23:02	0:07:11
	LLANO	0:00:10	0:00:06	0:05:30	0:02:27	0:27:17	0:05:37	0:25:15	0:05:23	0:08:14	0:03:12
	PUERTO DE MONTAÑA	0:00:03	0:00:03	0:00:41	0:00:27	0:08:08	0:03:12	0:13:20	0:01:38	0:13:17	0:04:01
	BAJADA	0:08:57	0:03:21	0:13:48	0:04:29	0:21:46	0:03:07	0:13:38	0:05:33	0:01:18	0:00:53
%	TOTAL	5,34% <sup>αβ</sup>	2,08%	11,87% <sup>a</sup>	4,41%	36,26% <sup>b</sup>	4,22%	32,12% <sup>bc</sup>	5,96%	14,42% <sup>ac</sup>	4,66%
	LLANO	0,25% <sup>αα</sup>	0,14%	8,46% <sup>a</sup>	3,69%	40,67% <sup>b</sup>	8,11%	37,74% <sup>bc</sup>	7,49%	12,88% <sup>ac</sup>	5,16%
	PUERTO DE MONTAÑA	0,15% <sup>αα</sup>	0,15%	1,92% <sup>a</sup>	1,27%	22,53% <sup>ab</sup>	8,82%	37,20% <sup>b</sup>	4,24%	38,19% <sup>b</sup>	12,10%
	BAJADA	15,18% <sup>αββ</sup>	5,75%	23,39% <sup>ab</sup>	7,55%	36,68% <sup>b</sup>	5,27%	22,64% <sup>ab</sup>	9,01%	2,11% <sup>a</sup>	1,41%

a, b, c: en la misma fila, diferencias significativas,  $P < 0,05$

$\alpha$ ,  $\beta$ : en la misma columna, diferencias significativas,  $P < 0,05$

En el caso del segmento ciclista en su conjunto y del primer tramo llano, se observan diferencias significativas entre los niveles 0 y 1 (Regenerativo y Aeróbico Ligero) con 2 (Aeróbico Medio) y 3 (Aeróbico Intenso) y con 2 respectivamente, siendo este último nivel de intensidad el más utilizado en estos tramos. En el puerto de montaña los triatletas aumentan la intensidad del esfuerzo observándose diferencias significativas entre los niveles 0 y 1 con 3 y 4, siendo este último nivel, por encima del umbral anaeróbico, el más utilizado en este tramo. En el último tramo del segmento ciclista sólo se aprecian diferencias significativas entre los tramos 2 y 4, siendo el primero de ellos el más utilizado. En la comparación entre niveles por tramos del segmento sólo se aprecian diferencias significativas en el nivel 0 entre el llano y el puerto de montaña con respecto a la bajada.

Al igual que en el segmento de natación, observamos que el segmento ciclista del TEC fue disputado a intensidades superiores a las del TEDO (49% vs 80% y 47% vs 15% en los 2 niveles superiores antes citados, Menéndez de Luarda, 2003). En este segmento este hecho diferencial podría deberse a la dureza del perfil ciclista del TEC o las cuestiones metodológicas antes planteadas.

Tomando el segmento ciclista en su conjunto, éste fue disputado a una velocidad de  $31,52 \pm 1,56$  km/h, lo que supuso un  $91,61 \pm 4,39$  % de la velocidad a UAN determinada en la correspondiente prueba de campo.

#### 4.2.4.2. Lactato sanguíneo

Los valores de lactato en la cima del puerto de montaña (10,8 km al 4%) promediaron  $5,4 \pm 1,2$  mMol/L, valores no diferentes del UAN determinado en la prueba de campo, mientras que al final del segmento estos valores fueron de  $4,0 \pm 1,4$  mMol/L, valores significativamente inferiores al UAN ( $P < 0,05$ ), resultados consecuentes con los anteriores de frecuencia cardiaca.

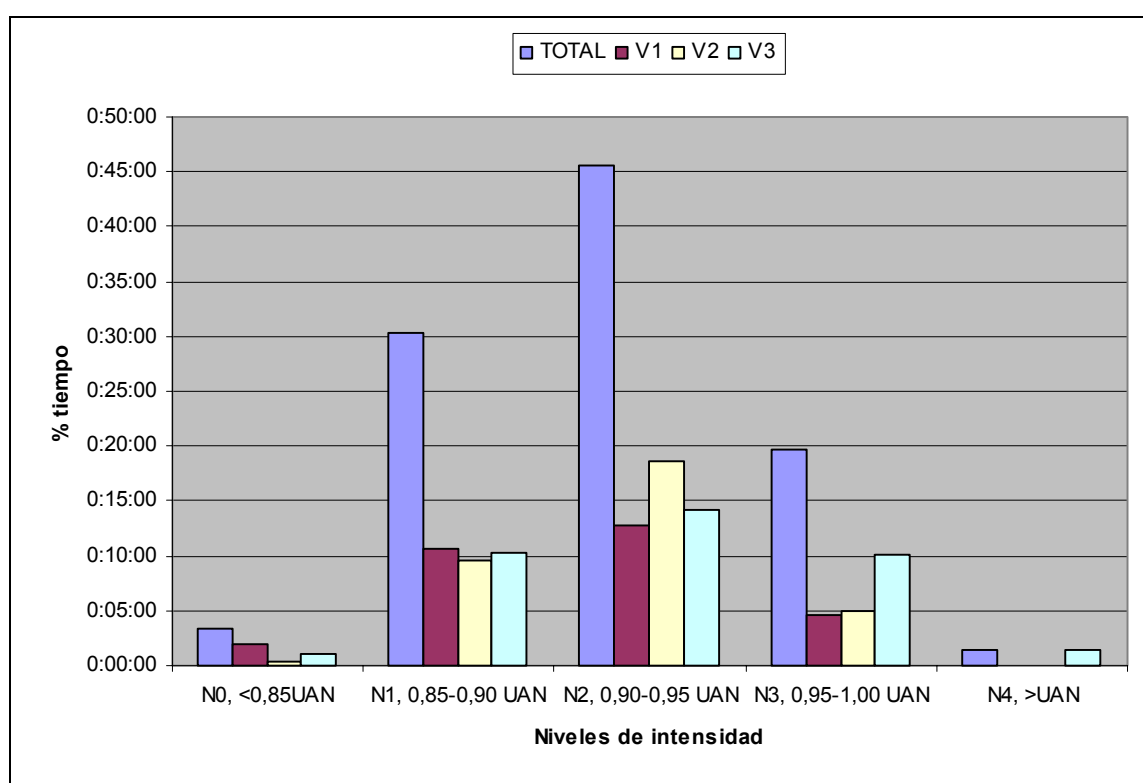


#### 4.2.5. Segmento carrera a pie del TEDO

##### 4.2.5.1. Frecuencia cardiaca

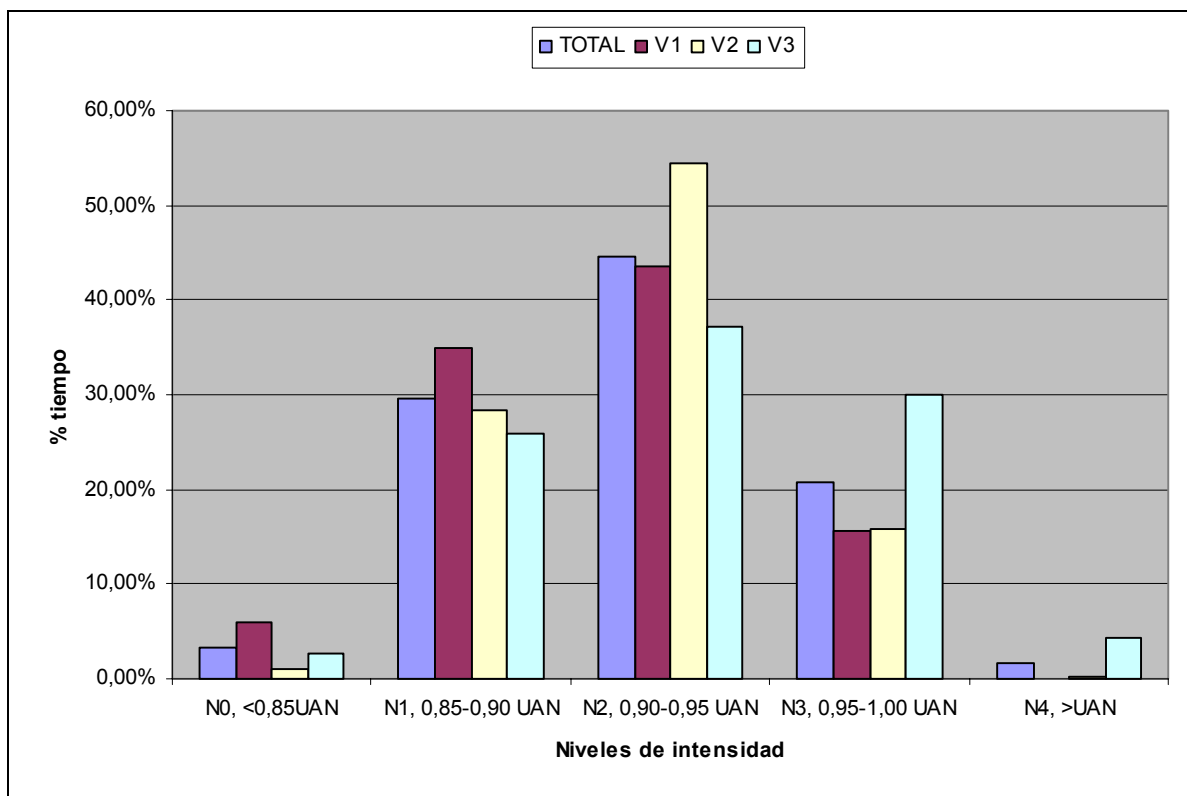
El último segmento del TEDO, la carrera a pie fue disputado a los niveles de intensidad que aparecen en la figura 14, tanto en su conjunto como en cada una de las vueltas de 6,66 km.

Figura 14: Tiempo de competición y niveles de intensidad en la carrera a pie del TEDO.



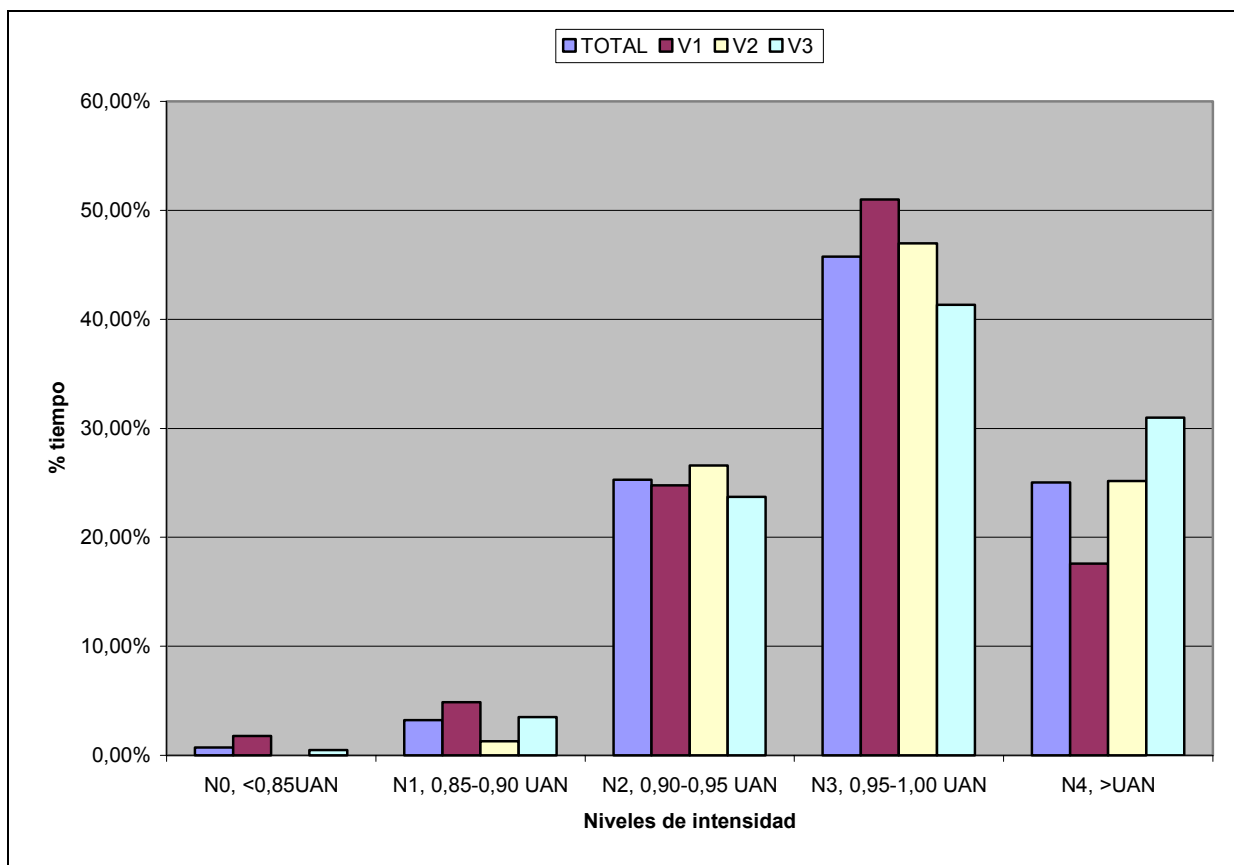
Estos mismos resultados expresados porcentualmente aparecen en la figura 15.

Figura 15: Porcentaje de tiempo de competición y niveles de intensidad en la carrera a pie del TEDO.



Si en lugar de considerar el UAN determinado en la prueba de campo de atletismo, tenemos en cuenta el UAN obtenido en el test de transición ciclismo-carrera a pie, obtenemos los resultados de la gráfica 16.

Figura 16: Porcentaje de tiempo de competición y niveles de intensidad en la carrera a pie del TEDO referidos al UAN de transición.



La tabla 11 nos muestra los valores numéricos de ambas opciones de análisis.

Tabla 11: Niveles de intensidad en la carrera a pie del TEDO en función del UAN considerado.

		N0, <0,85 UAN	N1, 0,85- 0,90 UAN	N2, 0,90- 0,95 UAN	N3, 0,95- 1,00 UAN	N4, >UAN
UAN AT	TOTAL	3,23% <sup>a</sup>	29,69% <sup>ab</sup>	44,63% <sup>b</sup>	20,82% <sup>ab</sup>	1,63% <sup>a</sup>
	V1	6,05% <sup>ac</sup>	34,85% <sup>ab</sup>	43,46% <sup>b</sup>	15,64% <sup>ac</sup>	0,00% <sup>c</sup>
	V2	1,10% <sup>a</sup>	28,46% <sup>ab</sup>	54,53% <sup>b</sup>	15,75% <sup>ab</sup>	0,16% <sup>a</sup>
	V3	2,95% <sup>a</sup>	27,13% <sup>ab</sup>	50,19% <sup>b</sup>	17,80% <sup>ab</sup>	1,93% <sup>a</sup>
UAN TR	TOTAL	1,79% <sup>a</sup>	34,15% <sup>a</sup>	30,10% <sup>ab</sup>	28,79% <sup>b</sup>	5,17% <sup>ab</sup>
	V1	0,80% <sup>a</sup>	5,08% <sup>a</sup>	21,03% <sup>ab</sup>	68,81% <sup>b</sup>	4,28% <sup>ab</sup>
	V2	8,20% <sup>a</sup>	50,04% <sup>a</sup>	41,76% <sup>ab</sup>	0,00% <sup>b</sup>	0,00% <sup>ab</sup>
	V3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

a, b, c: en la misma fila, diferencias significativas,  $P < 0,05$

Se observa que en todos los tramos estudiados, segmento total de carrera a pie, 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> vuelta, el porcentaje de tiempo pasado en los niveles N0 y N2 y N2 y N4 son significativamente diferentes si tomamos en consideración el UAN determinado en la prueba de campo de atletismo, lo que implica que los triatletas compiten a N2 mayoritariamente, mientras que si se considera el UAN hallado en el test de transición, las diferencias significativas se trasladan a un nivel de intensidad más alto, esto es, entre N0 y N3 y entre N1 y N3, que implica que el nivel real de intensidad al que se disputa este último segmento tras los 84 km de ciclismo, es a N3 (Aeróbico Intenso) y aporta una herramienta importante para determinar mediante una prueba de campo las opciones reales de rendimiento del triatleta en una prueba de estas características.

Al igual que en los otros segmentos, observamos que el segmento ciclista del TEC fue disputado a intensidades superiores a las del TEDO (80% vs 95% vs 93 % y 14% vs 2% vs 5% en los 2 niveles superiores antes citados, Menéndez de Luarca (2003) y para los 2 análisis utilizados en nuestro estudio, UANAT y UANTR). A pesar de la gran dureza de este segmento en el TEC, no encontramos justificadas las diferencias salvo por las cuestiones metodológicas antes citadas, sobretodo en el caso

La carrera a pie fue disputada a una velocidad de  $12,01 \pm 0,98$  km/h, lo que supuso un  $80,88 \pm 6,10$  % de la velocidad a UAN determinada en la prueba de campo aislada y un  $88,37 \pm 4,88$  % si consideramos el UAN determinado en la prueba de campo de transición ciclismo-carrera.

#### 4.2.5.2. Lactato sanguíneo

Los valores de lactato en cada una de las vueltas de la carrera a pie fueron de  $4,2 \pm 1,2$  mMol/L,  $3,7 \pm 0,8$  mMol/L y  $4,0 \pm 1,3$  mMol/L, valores inferiores al UAN láctico determinado en la prueba de campo de  $0,5 \pm 0,7$  mMol/L,  $0,9 \pm 1,3$  mMol/L y de  $0,6 \pm 1,5$  mMol/L respectivamente. Si tomamos como referencia los valores de UAN obtenidos en la prueba de transición, los valores anteriores son de  $0,9 \pm 1,0$  mMol/L,  $1,4 \pm 1,3$  mMol/L y de  $1,0 \pm 1,6$  mMol/L respectivamente. Ninguno de estos valores arrojó diferencias significativas con el UAN determinado tanto en la prueba de campo de carrera como en la de transición.

#### 4.2.6. Resumen frecuencia cardiaca y lactato sanguíneo

Las figuras 17 y 18 muestran gráfica y esquemáticamente los valores de lactato medios y de frecuencia cardiaca media respectivamente, obtenidos en los diferentes puntos de control en el TEDO en comparación con los valores de referencia del UAN de las pruebas de campo.

Figura 17: Comparativa esquemática del lactato en el TEDO y a UAN.

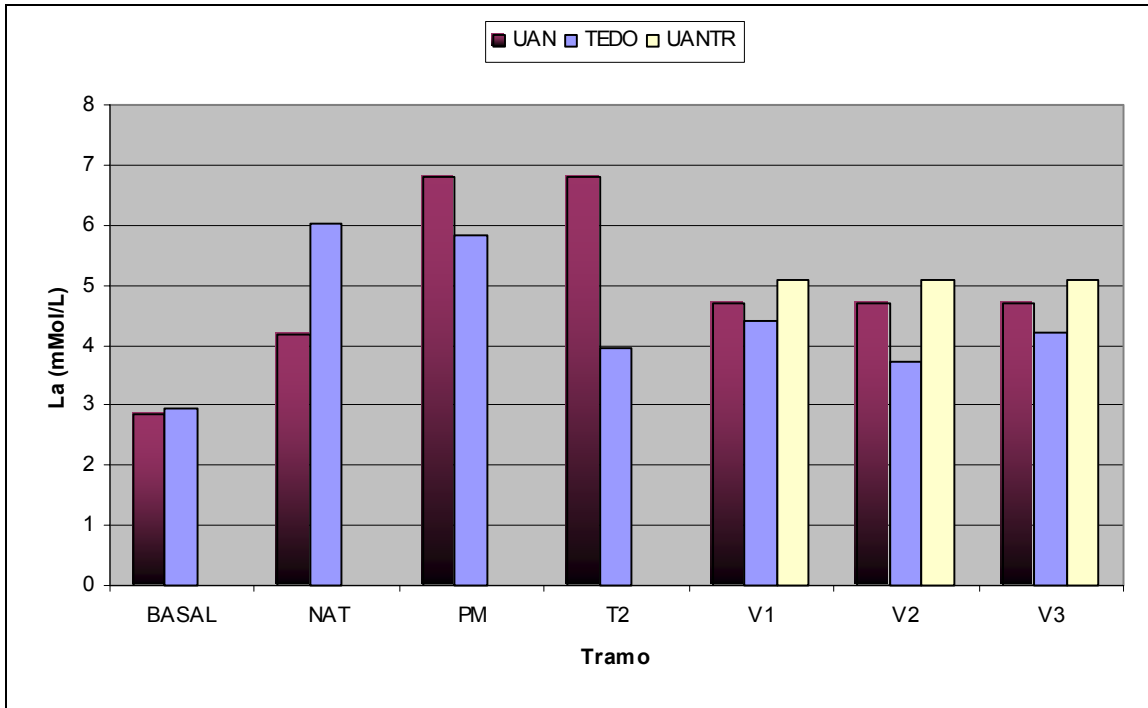
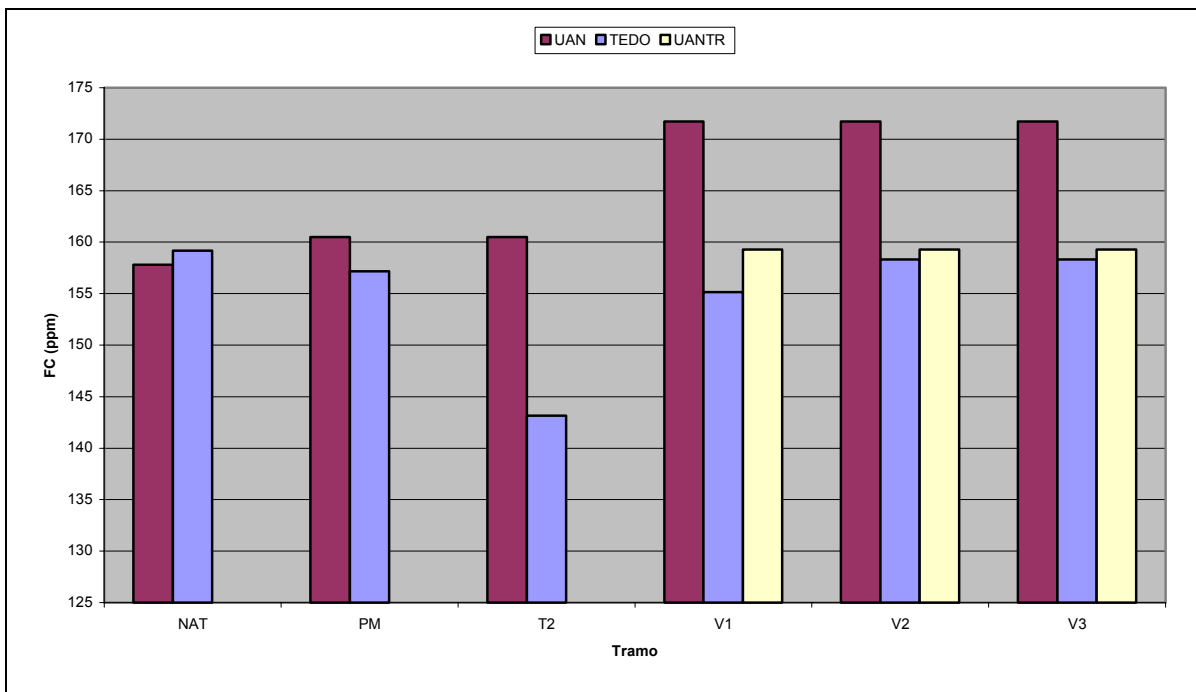


Figura 18: Comparativa esquemática de la frecuencia cardiaca en el TEDO y a UAN.



#### 4.2.7. Estudio correlacional y ecuaciones de regresión

Para determinar las relaciones entre las diferentes variables estudiadas en el grupo de triatletas, se efectuó un estudio correlacional cuyos resultados más relevantes aparecen en la tabla 12.

La velocidad a umbral anaeróbico láctico en las disciplinas de ciclismo y atletismo no correlacionó significativamente con ninguna variable.

Sin embargo, la velocidad de nado a umbral anaeróbico, VUNAT, correlacionó significativamente con el tiempo en natación a -0,92 y con la velocidad de nado a 0,88. Este resultado indica de nuevo que la natación se disputa a niveles de intensidad muy elevados y en el que el rendimiento viene determinado por el UAN del triatleta.

Se efectuó un análisis de regresión para hallar unas ecuaciones que predijeran el resultado en la natación en función de la VUNAT, obteniendo los siguientes resultados:

$$TNAT = 1,537 - 0,192 * VUNAT, P < 0,01$$

$$VNAT = -0,814 + 1,160 * VUNAT, P < 0,05$$

Por otro lado, la velocidad de carrera a umbral anaeróbico obtenida en la prueba de campo de transición, VUTR, correlacionó significativamente con el puesto en meta con un coeficiente muy elevado de -0,817. Aunque la correlación no fue significativa, también resaltamos el resultado obtenido con respecto al tiempo en meta, con un coeficiente de -0,77 (P=0,07). Muy interesantes resultan las correlaciones significativas obtenidas entre la VUTR y los parámetros de carrera a pie en el TEDO, con un coeficiente de -0,82 para el tiempo total en el tercer segmento, 0,82 para la velocidad de carrera en dicho segmento y de -0,83 para el puesto parcial en el mismo.

Tabla 12: Correlaciones entre las variable estudiadas

	PMETA	TMETA	TNAT	VNAT	PNAT	TCIC	VCIC	PCIC	TT2	PT2	TAT	VAT	PAT	
VUNAT			-0,92	0,875										C. Pearson
			0,009	0,022										Signif.
VUTR	-0,817	-0,7679									-0,82	0,822	-0,83	C. Pearson
	0,0473	0,0746									0,044	0,045	0,042	Signif.
PMETA		0,9951							0,809	0,81	0,85	-0,85	0,837	C. Pearson
		4E-05							0,051	0,051	0,032	0,032	0,038	Signif.
TMETA									0,828	0,83	0,845	-0,85	0,823	C. Pearson
									0,042	0,041	0,034	0,034	0,044	Signif.
TNAT				-0,95	0,921									C. Pearson
				0,004	0,009									Signif.
VNAT					-0,9									C. Pearson
					0,013									Signif.
TCIC							-1	0,929	0,914	0,915				C. Pearson
							2E-05	0,007	0,011	0,011				Signif.
VCIC								-0,91	-0,9	-0,9				C. Pearson
								0,012	0,013	0,013				Signif.
PCIC									0,865	0,872				C. Pearson
									0,026	0,023				Signif.
TT2										1				C. Pearson
										6E-08				Signif.
TAT												-1	0,99	C. Pearson
												3E-06	1E-04	Signif.
VAT													-0,98	C. Pearson
													5E-04	Signif.



Con objeto de hallar ecuaciones predictivas del rendimiento global y en el tercer segmento de la carrera a pie, se llevó a cabo un análisis de regresión que arrojó los siguientes resultados:

$$\text{PMETA} = 833,793 - 54,132 \cdot \text{VUTR}, P < 0,05$$

$$\text{TAT} = 4,352 - 0,197 \cdot \text{VUTR}, P < 0,05$$

$$\text{VAT} = -8,100 + 1,481 \cdot \text{VUTR}, P < 0,05$$

$$\text{PAT} = 1030,812 - 68,505 \cdot \text{VUTR}, P < 0,05$$

Respecto a las correlaciones entre las variables medidas en el TEDO, se observa que el tiempo en meta correlaciona significativa y negativamente con la posición en meta,  $r^2=0,995$ , siendo la ecuación de regresión correspondiente la siguiente:

$$\text{PMETA} = -770,667 + 166,667 \cdot \text{TMETA}, P < 0,001$$

Ni el tiempo ni la posición en meta correlacionaron significativamente con el tiempo, la velocidad o el puesto parcial en los segmentos de natación y de ciclismo. Sin embargo, si que se encuentra correlación significativa con el tiempo y puesto en la segunda transición y con el tiempo, la velocidad y el puesto en la carrera a pie, con coeficientes de correlación entre 0,81 y 0,85.

### 4.3. Comparativa con el Ironman de Roth, estudio de caso

#### 4.3.1. Caso 1

El primero de los participantes en el TEDO que compitió en el IMR fue el sujeto 1, de 31 años de edad, 70 Kg de peso, 1,82 m de estatura y 21,1 Kg/m<sup>2</sup> de IMC. Se trataba de un triatleta que se enfrentaba a su tercer Ironman (los precedentes fueron Zurich 2004 y Niza 2005) y que había planificado su temporada alrededor de esta prueba, participando además

en el triatlón doble olímpico de Las Palmas el 1 de abril de 2006 además de en las 2 pruebas de referencia.

Las tablas 13 y 14 muestran la comparativa entre los resultados obtenidos por el sujeto 1 en el TEDO y en el IMR.

Tabla 13: Comparativa de distancia, tiempo total y parcial entre el TEDO y el IMR.

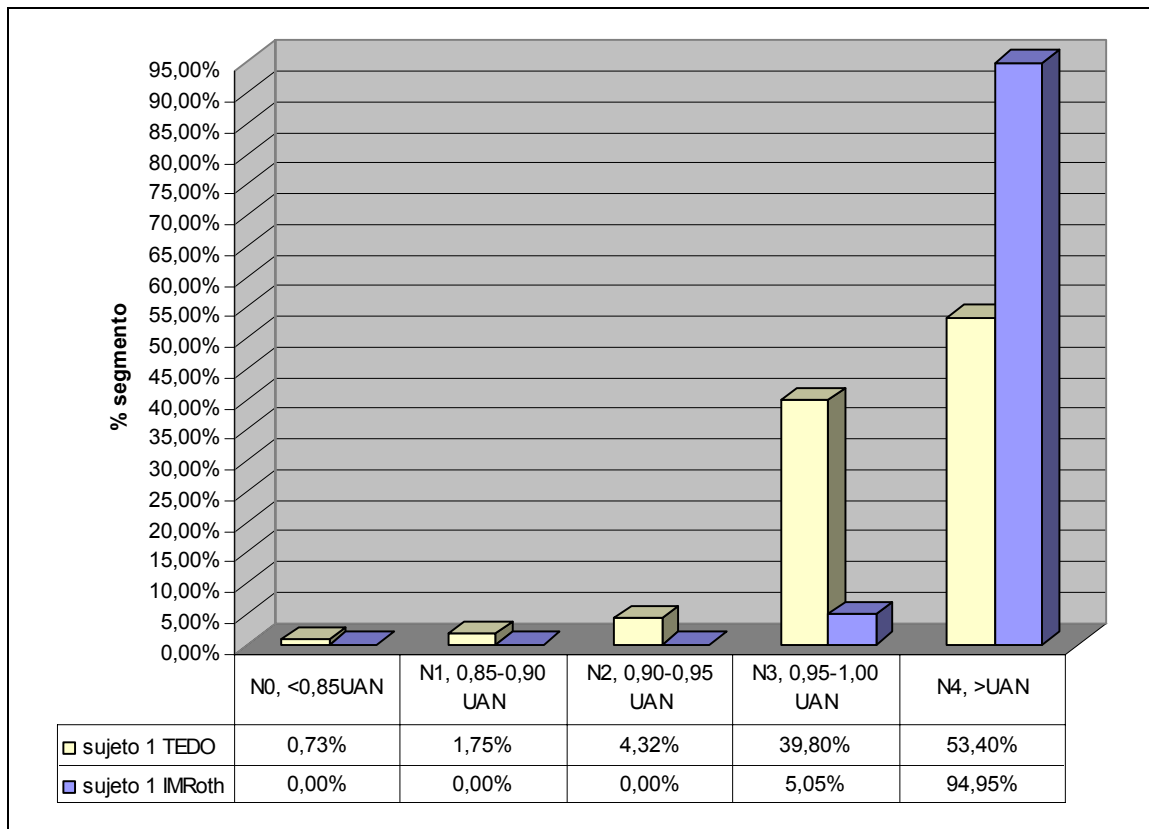
	DISTANCIAS (KM)			TIEMPO TOTAL			TIEMPO PARCIAL		
	IMR	TEDO	IMR/TEDO	IMR	TEDO	IMR/TEDO	IMR	TEDO	IMR/TEDO
NAT	3,8	2,9	131,03%	1:01:36	0:43:13	142,54%	1:01:36	0:43:13	142,54%
T1				1:05:08	0:45:31		0:03:33	0:02:18	
CIC	180	84	214,29%	7:08:15	3:21:35	212,45%	6:03:07	2:36:04	232,67%
T2				7:09:43	3:22:57		0:01:28	0:01:22	
AT	42,2	20	211,00%	11:12:50	4:51:32	230,80%	4:03:07	1:28:35	274,44%

Tabla 14: Comparativa de velocidad, %VUAN y ritmo entre el TEDO y el IMR.

	V (Km/h)						RITMO (min/100 o min/Km)			
	IMR	%UAN		TEDO	%UAN		IMR/TEDO	IMR	TEDO	IMR/TEDO
NAT	3,70	91,40%		4,03	99,43%		91,93%	0:01:37	0:01:29	108,78%
T1										
CIC	29,74	82,84%		32,22	89,74%		92,31%			
T2		AT	TR		AT	TR				
AT	10,41	69,43%	72,83%	13,55	90,31%	94,73%	76,88%	0:05:46	0:04:26	130,07%

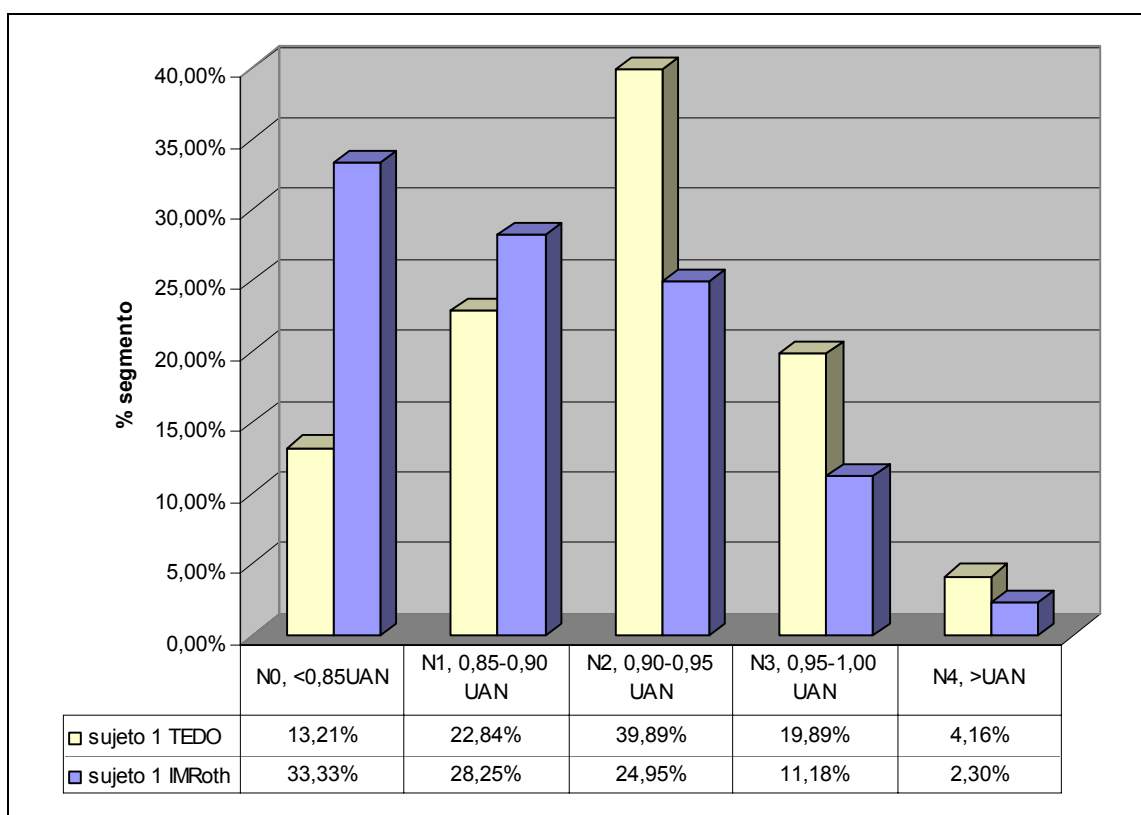
Las figuras 19 a 22 muestran los niveles de intensidad a los que compitió el triatleta en cuanto a frecuencia cardiaca se refiere, de acuerdo a los UAN determinados en las respectivas pruebas de campo.

Figura 19: Niveles de intensidad en el segmento de natación del TEDO vs IMR.



Se observa que en el IMR el triatleta nadó a ritmos incluso superiores a los del TEDO, realizando prácticamente todo el segmento por encima del UAN. Sin embargo, el resultado fue de un 8% más lento en el IMR que en el TEDO. Este hecho sólo puede explicarse por una pérdida de condición física en natación en las 8 semanas que separan ambas pruebas y que constituyen la fase específica de la preparación para un Ironman con especial énfasis en las disciplinas de ciclismo y atletismo. De hecho, el triatleta relata que en este último periodo no conseguía los mismos resultados en los entrenamientos de natación que en los periodos anteriores de la preparación.

Figura 20: Niveles de intensidad en el segmento ciclista del TEDO vs IMR.



En el ciclismo, el triatleta rodó a una velocidad de un 83 % de la VUAN determinada en la prueba de campo de ciclismo. En la figura 19 se observa un claro desplazamiento hacia la izquierda, pasando de ser N2 el nivel de intensidad más frecuentado en el TEDO a serlo N0 en el IMR. Estos niveles de intensidad se consideran bajos frente al objetivo de competir a N1-N0, aunque este hecho se puede explicar claramente por los problemas de calambres en el gemelo izquierdo que el sujeto sufrió a partir del Km 140 de este segmento.

Figura 21: Niveles de intensidad en la carrera del TEDO vs IMR en referencia al UANAT.

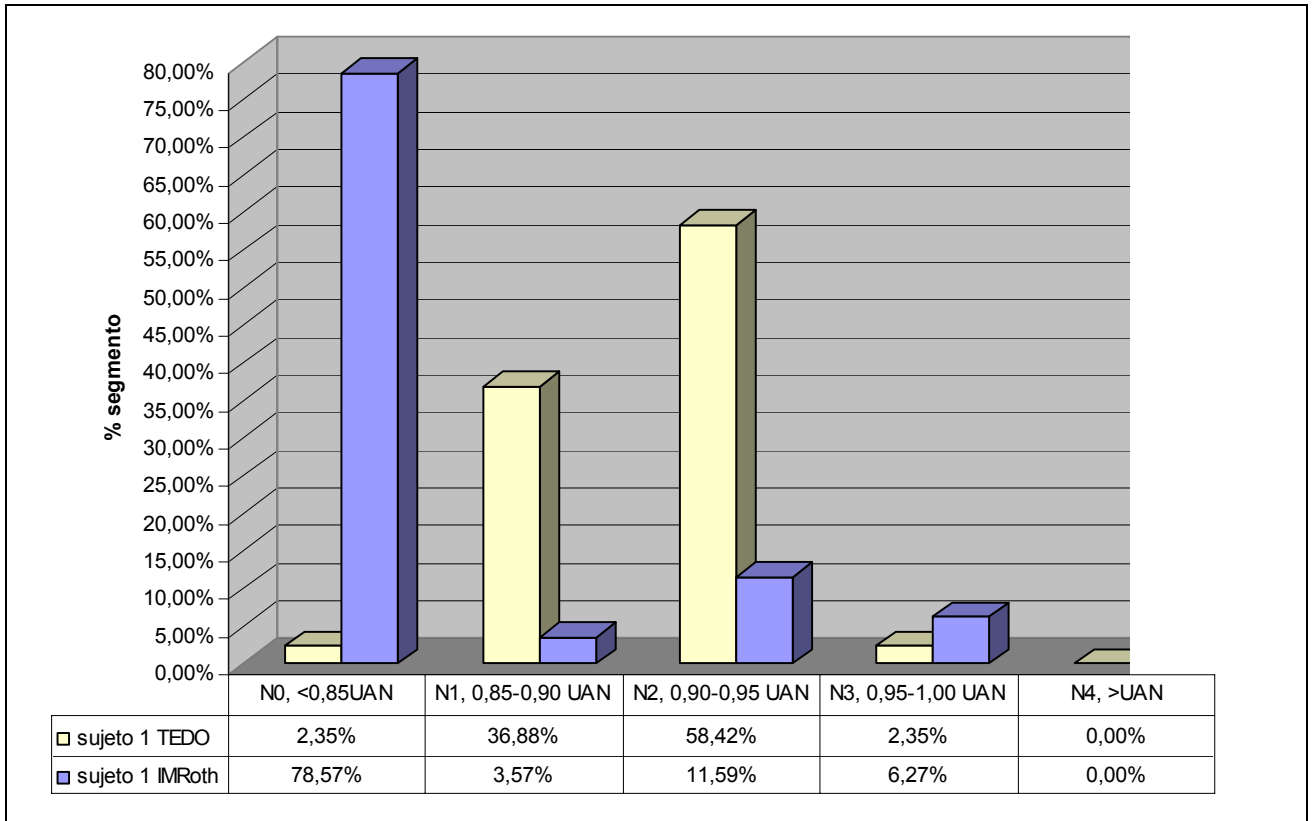
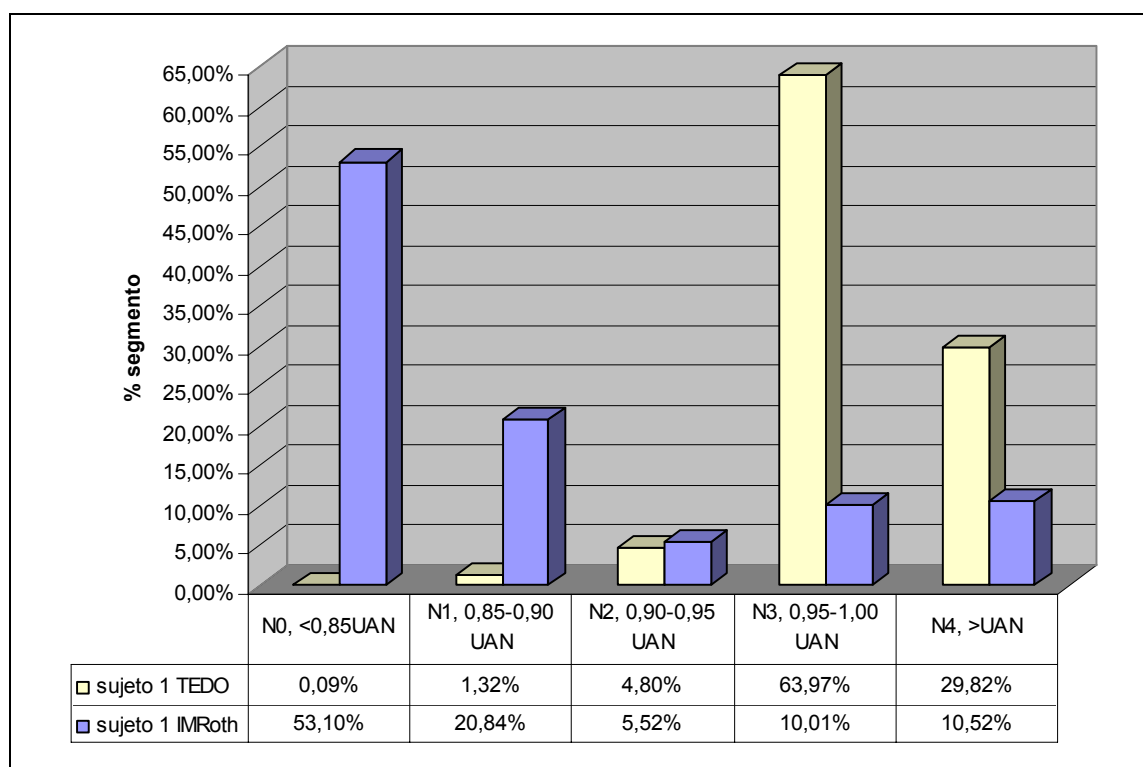


Figura 22: Niveles de intensidad en la carrera del TEDO vs IMR en referencia al UANTR.



En la maratón, el triatleta continuó con problemas musculares que le hicieron alternar la carrera con la marcha en bastantes momentos de la misma, lo que explica claramente los bajos niveles de intensidad media obtenidos (tomando en consideración la velocidad media).

#### 4.3.2. Caso 2

El segundo de los participantes en el TEDO que compitió en el IMR fue el sujeto 6, de 27 años de edad, 78 Kg de peso, 1,85 m de estatura y 22,8 Kg/m<sup>2</sup> de IMC. Se trataba de un triatleta novel en la distancia y que también había planificado su temporada alrededor de esta prueba, participando además en el maratón de Valencia el 20 de febrero de 2006 además de en las 2 pruebas de referencia.

Las tablas 15 y 16 muestran la comparativa entre los resultados obtenidos por el sujeto 1 en el TEDO y en el IMR.

Tabla 15: Comparativa de distancia, tiempo total y parcial entre el TEDO y el IMR.

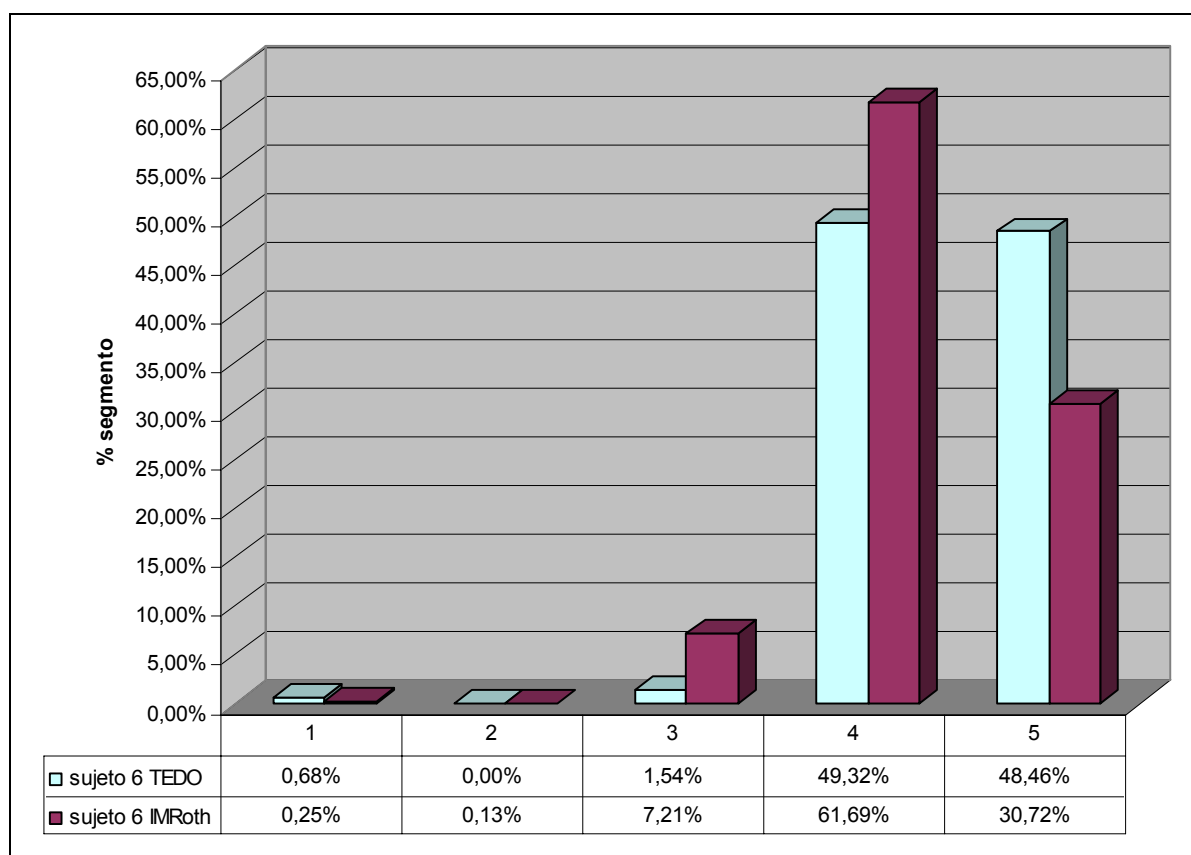
	DISTANCIAS (KM)			TIEMPO TOTAL			TIEMPO PARCIAL		
	IM ROTH	TEDO	IMR/TEDO	IM ROTH	TEDO	IMR/TEDO	IM ROTH	TEDO	IMR/TEDO
NAT	3,8	2,9	131,03%	1:05:52	0:48:49	134,94%	1:05:52	0:48:49	134,94%
T1				1:12:27	0:51:07		0:06:36	0:02:18	
CIC	180	84	214,29%	7:15:32	3:32:37	204,85%	6:03:05	2:41:30	224,81%
T2				7:18:48	3:33:59		0:03:16	0:01:22	
AT	42,2	20	211,00%	11:47:46	5:16:44	223,45%	4:28:57	1:42:45	261,74%

Tabla 16: Comparativa de velocidad, %VUAN y ritmo entre el TEDO y el IMR.

	V (Km/h)						RITMO (min/100 o min/Km)			
	IM ROTH	%UAN		TEDO	%UAN		IM ROTH	TEDO	IMR/TEDO	
NAT	3,46	78,68%		3,56	81,02%		97,11%	0:01:44	0:01:41	102,98%
T1										
CIC	29,74	84,99%		31,13	88,95%		95,55%			
T2		AT	TR		AT	TR				
AT	9,41	59,51%	71,97%	11,68	73,82%	89,28%	80,61%	0:06:22	0:05:08	124,05%

Las figuras 23 a 26 muestran los niveles de intensidad a los que compitió el triatleta en cuanto a frecuencia cardiaca se refiere, de acuerdo a los UAN determinados en las respectivas pruebas de campo.

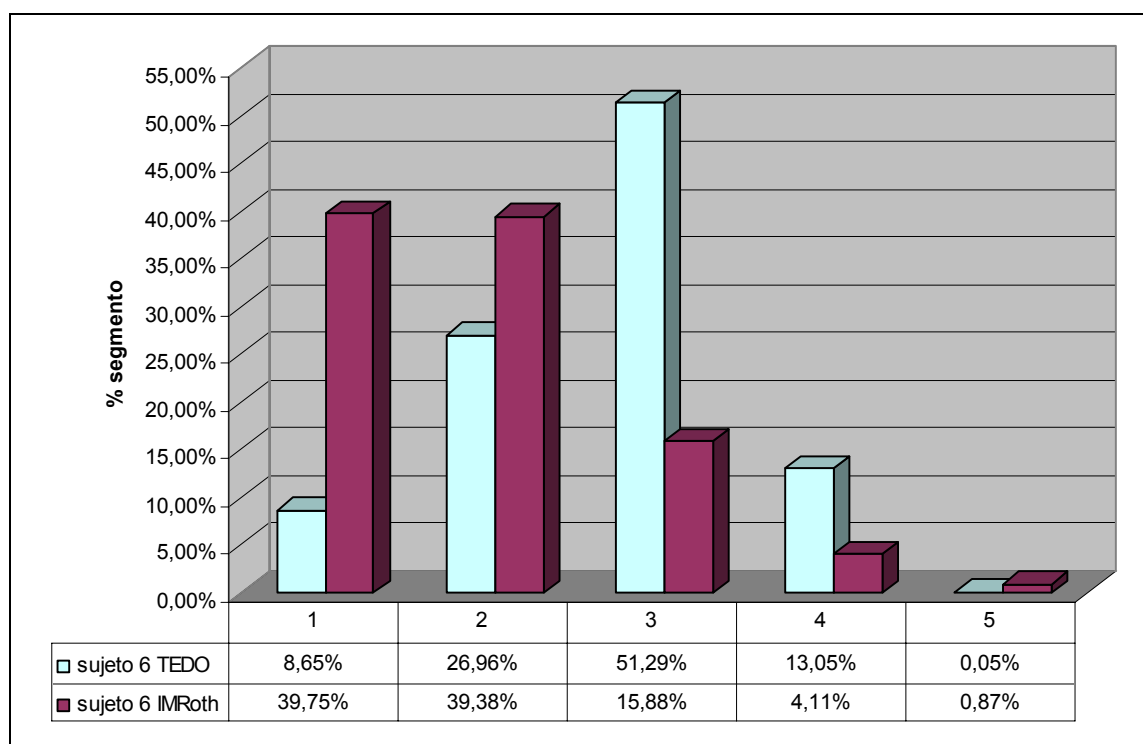
Figura 23: Niveles de intensidad en el segmento de natación del TEDO vs IMR.



En el caso del sujeto 6 se obtienen resultados más consecuentes que en el caso anterior, con velocidades de nado próximas (97% IMR/TEDO) y perfiles de intensidad ligeramente más bajos en el IMR. En todo caso, el sujeto relata la sensación de haber nadado más intensamente en el IMR que en el TEDO aunque seguramente sea ésta una apreciación errónea debido al hecho de haber realizado una salida excesivamente fuerte debido a un despiste de última hora.



Figura 24: Niveles de intensidad en el segmento ciclista del TEDO vs IMR.



El perfil en el segmento ciclista muestra unas características muy similares a las del caso anterior, con un excesivo desplazamiento hacia la izquierda del nivel de intensidad aunque no tan exagerado como en el caso anterior. Al igual que en la natación, las sensaciones subjetivas transmitidas por el triatleta son de haber rodado como en el TEDO, hecho no corroborado por los datos y consecuencia, seguramente, de la distancia.

Figura 25: Niveles de intensidad en la carrera del TEDO vs IMR en referencia al UANAT.

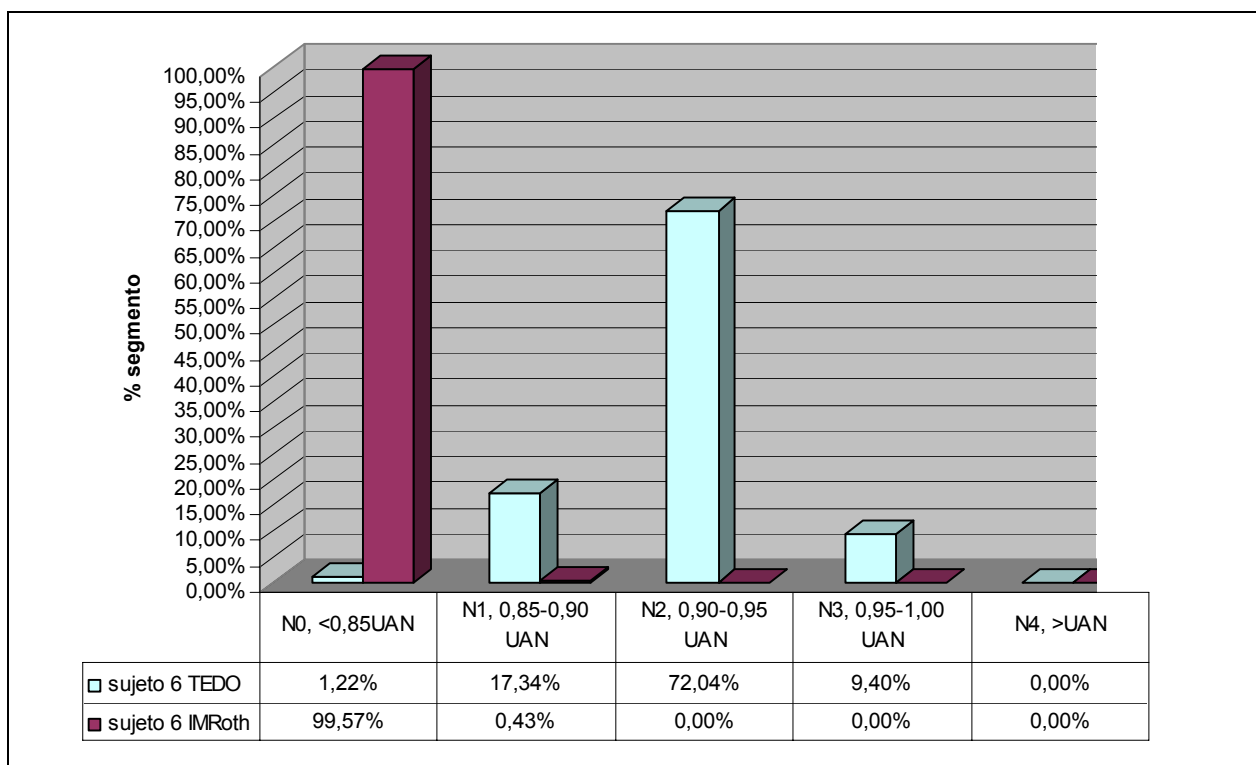
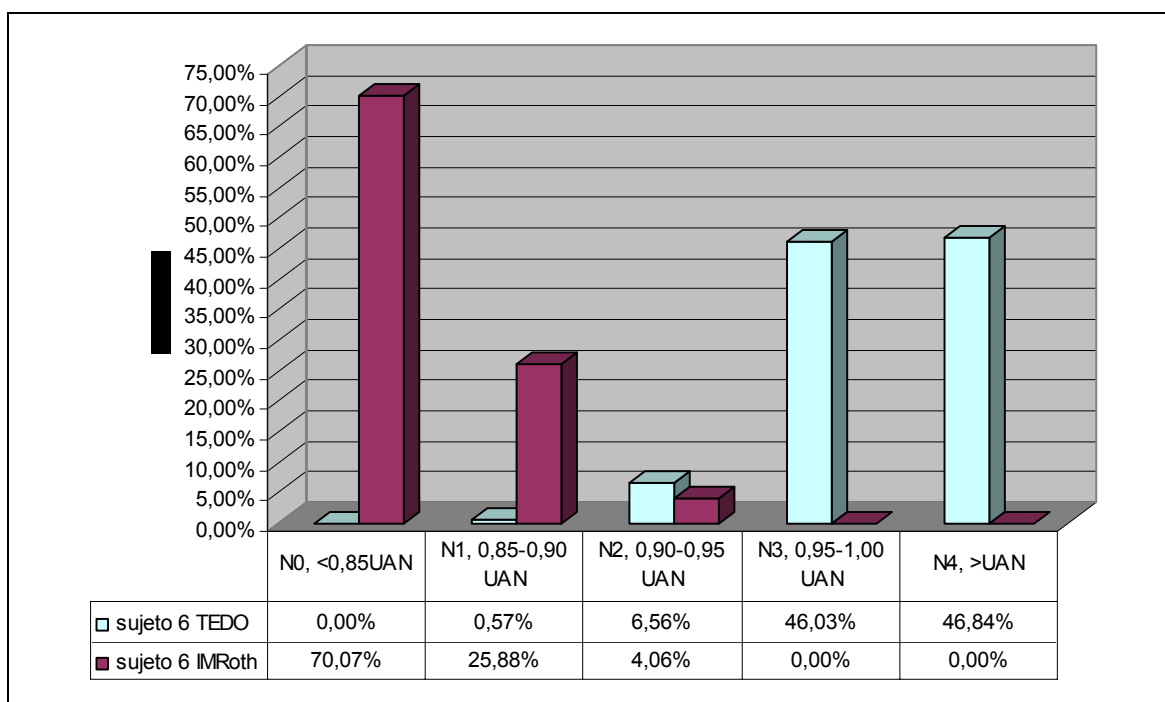


Figura 26: Niveles de intensidad en la carrera del TEDO vs IMR en referencia al UANTR.



Al igual que en el caso 1 pero de manera más tardía, el sujeto 6 padeció de problemas musculares, en los cuádriceps en esta ocasión. El sujeto relata que corrió según sus expectativas hasta el km 20, momento en el cual empezó a tener problemas. En el Km 24 empezaron los calambres esporádicos y a partir del Km 30 anduvo en torno a un 50% del recorrido. Este hecho explica, al igual que en el caso anterior, unos perfiles tan bajos en la maratón, tanto si se toma como referencia el UANAT como el UANTR.



## 5. Conclusiones

La prueba de campo de transición ciclismo – carrera específica para la media distancia diseñada y probada en el presente estudio ha resultado ser una buena herramienta para determinar el rendimiento de los triatletas en un Triatlón Doble Olímpico.

La intensidad a la que se disputa el segmento de natación en un Triatlón Doble Olímpico es muy elevada tratándose de una prueba de 3.000 m con 2 disciplinas subsecuentes, con un 35% del tiempo nadado por encima del Umbral Anaeróbico y valores de lactato finales superiores a dicho umbral.

El segmento ciclista también se disputa a una intensidad elevada, siendo el nivel de intensidad utilizado predominantemente el N2 o Aeróbico Medio, 36%, frente a un 32% a N3 y un 14% a N4, por encima del Umbral Anaeróbico, con valores de lactato en el puerto de montaña próximos a dicho umbral.

En la carrera a pie baja considerablemente el nivel de intensidad equiparándose el porcentaje de tiempo pasado a N1, N2 y N3 al 30% tomando como referencia el Umbral Anaeróbico determinado en la prueba de campo de transición, con valores de lactato muy próximos a dicho umbral, sobretodo en la fase final de la competición.

El rendimiento global y en el segmento de carrera a pie correlacionaron significativamente con la velocidad a Umbral Anaeróbico de Transición mientras que el rendimiento en la natación correlacionó con la velocidad a Umbral Anaeróbico de Natación.

El estudio de caso de 2 sujetos que participaron en un Ironman 8 semanas después del Triatlón Doble Olímpico de Elche reveló que la natación fue disputada a intensidades incluso superiores en el Ironman, el ciclismo a intensidades inferiores y la carrera a pie a intensidades muy inferiores aunque ambos sujetos relataron severos problemas musculares durante gran parte de la maratón.

## **Financiación**

El presente estudio ha sido financiado por Biolaster S.L. ([www.biolaster.com](http://www.biolaster.com)) y EKF-diagnostic GMBH.

## **Agradecimientos**

Este trabajo de investigación ha podido llevarse a cabo gracias a las siguientes colaboraciones:

- los 6 triatletas voluntarios que participaron en el estudio,
- Tamara, Sonia, Marta, Daniel, Juan Antonio, Julián, José Manuel y Salvador, alumnos de LCAFD de la UMH que llevaron a cabo la toma de muestras durante el TEDO, junto con Ana que los coordinó,
- la Federación de Triatlón de la Comunidad Valenciana y, en concreto, a los jueces que actuaron ese día en el TEDO,
- el Elche Triatlón Club como organizador del TEDO,
- Antxon, de Biolaster, por su receptividad y gestiones,
- Manolo Moya, de la UMH, por dirigir este estudio y coordinar el Master.

## **Referencias Bibliográficas**

- Abbiss, C.R., Quod, M.J., Martin, D.T., Netto, K.J., Nosaka, K., Lee, H., Surriano, R., Bishop, D., Laursen, P.B., 2006. Dynamic pacing strategies during the cycle phase of an Ironman triathlon. *Med Sci Sports Exerc*, 38 (4): 726-734.
- Bentley, D.J., McNaughton, L.R., Thompson, D., Vleck, V.E., Batterham, A.M., 2001. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (12): 2077-2081.
- Bonete, E., Moya, M., 2006. Control psicobiológico del ejercicio físico y el entrenamiento. En prensa.
- Boussana, A., Galy, O., Matecki, S., Hue, O., Ramonatxo, M., Varray, A., Le Gallais, D., 2003. Influence of a short distance triathlon on respiratory muscle performance *Sci Sports*, 18, 34-36.
- Costill, D.L., Maglischo, E.W., Richardson, A.B., 1992. Natación. Barcelona. Ed. Hispano Europea S.A.
- Davis, J.A., Vodak, P., 1976. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol*, 41, 18-23.
- Delextrat, A., Bernard, T., Vercauysen, F., Hausswirth, C., Brisswalter, J., 2003. Influence of swimming characteristics on performance during a swim-to-cycle transition. *Sci Sports*, 18, 188-195.
- Farber, H.W., Schaefer, E.J., Franey, R., Grimaldi, R., Hill, N.S., 1991. The endurance triathlon: metabolic changes after each event and during recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, 959-963.
- García-Verdugo, M., Leibar, X., 1997. Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo. Madrid. Ed. Gymnos.
- González Haro, C., González de Suso, J.M., Padullés, J.M., Drobnic, F., Fernando Escanero, J., 2005. Physiological adaptation during short distance triathlon swimming and cycling sectors simulation. *Physiol and Behavior*, 86 (4): 467-474.
- Hausswirth, C., Lehenaff, D., 2001. Physiological demands on running during long distance runs and triathlons. *Sports Med*, 31 (9): 679-689.

- Hauswirth, C., Vallier, J.M., Lehenaff, D., Brisswalter, J., Smith, D., Millet, G., Dreano, P., 2001. Effect of two drafting modalities in cycling on running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (3), 485-492.
- Hue, O., 2003. Prediction of drafted-triathlon race time from submaximal laboratory testing in elite triathletes. *Can J Appl Physiol*, 28 (4): 547-560.
- Laursen, P.B., Knez, W.L., Shing, C.M., Langill, R.H., Rhodes, E.C., Jenkins, D.G., 2005. Relationship between laboratory-measured variables and heart rate during an ultra-endurance triathlon. *J Sports Sci*, 23 (10): 1111-1120.
- Menéndez de Luarda, J., 2003. Frecuencia cardiaca en triatlón medio ironman. D.E.A., Universidad Europea de Madrid.
- Meyer, T., Gabriel, H.H.W., Auracher, M., Scharhag, J., Kindermann, W., 2002. Metabolic profile of 4 h cycling in the field with varying amounts of carbohydrate supply. *European J Appl Physiol*, 106: 245-255.
- Millet, G.P., Vleck, V.E., 2000. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review. *Br J Sports Med*, 34 (5): 384-390.
- Navarro, F., 1998. *La Resistencia*. Madrid. Ed. Gymnos.
- O'Toole, M.L., Douglas, P.S., 1995. Applied physiology of triathlon. *Sports Med*, 19 (4): 251-267.
- Padilla S., Mujika I., Cuesta G., Polo J., Chatard J., 1996. Validity of a velodrome test for competitive road cyclists. *Eur J Appl Physiol*, 73, 446-451.
- Peeling, P.D., Bishop, D.J., Landers, G.J., 2005. Effect of swimming intensity on subsequent cycling and overall triathlon performance. *Br J Sports Med*, 39 (12): 960-1004.
- Rubert-Alemán, X., 2006. Relación entre velocidad de nado, longitud y frecuencia de brazada en triatletas de categoría regional en la prueba de 100 m crol. Resultados no publicados.
- Torres, M., 2005. *Curso de Entrenador de Base de Triatlón*, Valencia, Federación de Triatlón de la Comunidad Valenciana.



- Trigo P.I., Castejón-Montijano F., Baxter M., 2000. Precisión de las tiras reactivas Lactate Scout para la medida del ácido láctico en la sangre equina. Resultados preliminares. [www.biolaster.com](http://www.biolaster.com).
- Whyte, G., Lumley, S., George, K., Gates, P., Sharma, S., Prasad, K., McKenna, W.J., 2000. Physiological profile and predictors of cycling performance in ultra-endurance triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 40 (2): 103-109.
- Zintl, F., 1991. Entrenamiento de la resistencia. Barcelona. Ed. Martínez Roca.