

## I Proyecto de Investigación de la FMTRI:

### “Comparación de ritmos de competición de carrera a pie en triatletas en función de la altitud”

#### 1. INTRODUCCIÓN.

Son conocidos los efectos de la altitud en el rendimiento deportivo de los deportistas sobre todo en los de especialidades que demandan elevados niveles de VO<sub>2</sub> para alcanzar su rendimiento máximo, así mismo, también se utilizan estos efectos para optimizar el rendimiento en competiciones que se realizan a nivel del mar por lo que cada vez el entrenamiento en altitud y los diferentes aparatos simuladores de las condiciones peculiares de la altitud son más utilizados con el objetivo de incrementar el nivel de rendimiento de los deportistas.

Concretamente los objetivos del entrenamiento en altura a nivel fisiológico:

1. Adaptación del organismo a la carencia de oxígeno producida por la disminución de la presión parcial del oxígeno y de las condiciones climatológicas concretas.
2. Activación y mejora de la economía de los principales parámetros fisiológicos.
  - Número y porcentaje de nuevos glóbulos rojos.
  - Sistema cardiocirculatorio:
    - Frecuencia cardíaca.
    - Volumen mínimo respiratorio.
    - Consumo de oxígeno a velocidades submáximas.
    - Relación célula – mitocondria.
    - Factor enzimático aeróbico y anaeróbico.
  - Aumento
    - De la adaptación (efecto retardado con el regreso a el llano).
    - De la capacidad aeróbica (VO<sub>2</sub> max).
    - De el Ph como consecuencia de las reservas alcalinas reducidas en parte por una menor tolerancia láctica.

- Multiplicación de los eritrocitos (como aumento de la cantidad de la hemoglobina, y de la viscosidad de la sangre).
- Dilatación vascular con reducción de las resistencias periféricas.
- Disminución de las gamas - globulina (reducción de las reacciones de protección).
- Reacciones de adaptaciones morfológicas y funciones a nivel de la musculatura como expresión de la mejoría de la utilización del oxígeno:
  - mejoría de la capilarización.
  - aumento del nivel de hemoglobina.
  - modificación de las actividades enzimáticas.

También es necesario conocer las desventajas que se dan a la hora de entrenar a altitud moderada:

- Dada la presión barométrica que se da en estas circunstancias, la presión que ejerce la molécula de O<sub>2</sub> para entrar en la sangre es menor por lo que existe una mayor dificultad que a nivel del mar para captar el O<sub>2</sub>. Esto influye de forma muy clara en la posibilidad de realizar unas sesiones de entrenamiento determinadas, ya que hay una mayor dificultad de realizar entrenamientos intensos.
- Del mismo modo la recuperación tanto dentro de la sesión, como entre sesiones, como entre días de entrenamiento es más lenta, y esto conlleva una serie de adaptaciones en el organismo (Ventilación. Gasto cardíaco, Ph, volumen plasmático, 2,3-DPG, VO<sub>2</sub>Max) que una vez concluida la adaptación y finalizada la estancia en altura provocan un diferencia en el rendimiento en comparación con el estado anterior al entrenamiento en esa altura.
- Se produce un incremento notable de pérdida de agua corporal, por este motivo las deshidrataciones pueden darse más fácilmente que a nivel del mar; esto es motivado por un descenso a esta altura de un 50% del vapor de agua que hay en la atmósfera.
- Otro aspecto que se dificultaría el entrenamiento es el incremento de las radiaciones, ya que las posibilidades de quemado son mayores, este aspecto es compensado en parte por el descenso de la temperatura, que hace que no sea frecuente el despojarse de ropa para entrenar.

En cuanto a la fatiga, con el entrenamiento en altura moderada se produce:

- Una depleción mayor de glucógeno a la misma intensidad que a nivel del mar.
- Si se tiene en cuenta el valor absoluto de las cargas de entrenamiento, se produce un incremento de la producción de ácido láctico, y una mejora en la capacidad tampón, pero a intensidades relativas, porque esta producción disminuye y se disminuye el rendimiento en la zona de capacidad y potencia anaeróbica.

- La mencionada anteriormente deshidratación por la menor humedad relativa, lo que dificulta entrenamientos prolongados y obliga a una mayor reposición de líquidos durante el entrenamiento y/o la competición.
- Dificultades en desarrollar sus funciones algunas de las enzimas por incompatibilidades entre diferentes tipos de entrenamiento y por la posibilidad de que la hipoxia inhiba la síntesis de proteínas.

Dada la orografía de México, se cuenta con una cierta facilidad para realizar investigaciones relacionadas con la altura en este país, así iniciamos las investigaciones en el marco de la FMTRI con el presente proyecto.

La duda de muchos entrenadores y deportistas a la hora de realizar los ritmos de competición o ritmos cercanos a diferentes alturas existe desde hace tiempo, y la pregunta “¿cuántos segundos por kilómetro se puede correr más rápido a nivel del mar en comparación con una altitud moderada o un gran altitud en un 10km de un triatlón?” con frecuencia se puede escuchar en el entorno del entrenamiento del triatlón.

Por tanto, el objetivo de este primer proyecto de investigación es:

“Ayudar a ajustar los ritmos de entrenamiento a las diferentes altitudes y conocer el porcentaje de diferencia de ritmos a las diferentes altitudes para poder estimar los ritmos a nivel del mar para deportistas que entrenan en altitud o en el caso contrario de conocer los ritmos de entrenamiento equivalentes a los realizados a nivel del mar en condiciones de altitud y una vez realizado el proceso inicial de adaptación”.

## **2. MÉTODO.**

Se intentará alcanzar el objetivo propuesto realizando el siguiente método:

### **2.1. SUJETOS:**

De 10 a 15 triatletas con 4 años como mínimo de entrenamiento y competición en esta disciplina

### **2.2. MATERIAL:**

Pulsómetros, cronómetro, lactómetro, cámara de video.

### **2.3. PROCEDIMIENTO:**

2.3.1 Altitudes seleccionadas:

- 1ª A 2667m (Toluca).
- 2ª A 2240m (CNAR EN México DF).
- 3ª A 1820m (Lago de Valle Bravo).
- 4ª A 0m (Itztapa u otra localidad costera).

2.3.2 Distancia:

Se realizarán 3km y la intensidad al 90% de la Fc Max (calculada con la fórmula de karvonen) que es la intensidad que se lleva aproximadamente en la carrera a pie del triatlón de distancia olímpica.

El calentamiento será el mismo en todas las situaciones: 20' c.c. al 60-70% de la FCMax + 4 progresiones de 100m rec caminando 100m.

2.3.4.- VARIABLES:

- Velocidad media en los 3km (con parciales de 1km).
- Frecuencia de paso en los 3km (media y media de cada 1km).
- LA inicial, final y rec en 3'.
- RPE (escala de Borg adaptada de 0-10).

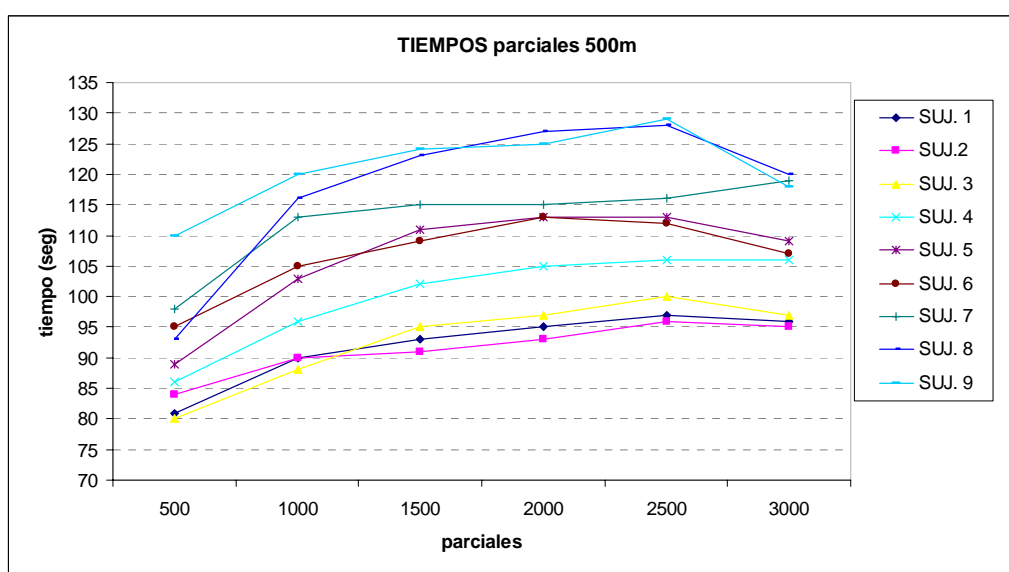
El esquema del protocolo es el siguiente:

Calentamiento	Activación	Test de 3km al 90% de la FcMax			
20' c.c. al 60-70% de la FCMax	4 x 100m prog. Rec 100m camin.	Inicio	Parciales 500m	Fin	Rec 3'
Registro de: • Fc inicio calent • Ritmo (min/km) • RPE • FcMed		Registro de: • Fc Inicio • LA Inicio	Registro de: • Tiempos parciales • FREC ciclo • RPE • Fc pase	Registro de: • Tiempo fin • Ritmo Medio • Fc fin • RPE • LA	Registro de: • LA • FC

### 3. RESULTADOS.

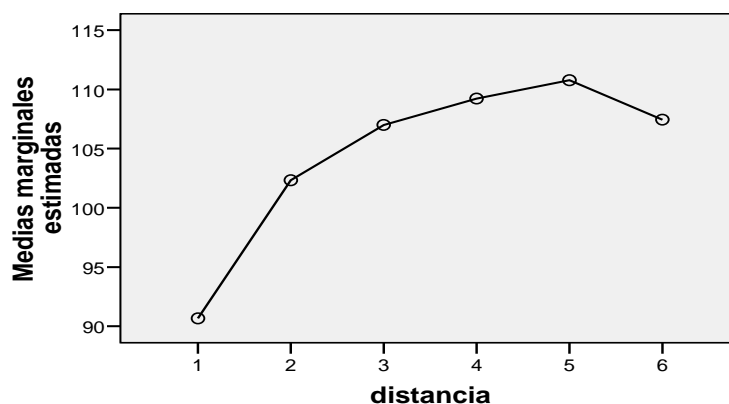
#### 3.1 RESULTADOS VALLE BRAVO: a 1900m de altitud

Los resultados que se presentan a continuación se realizaron el 2º día de la concentración de Valle Bravo, por la mañana, del protocolo señalado se realizó la siguiente modificación, que se mantendrá estable en las siguientes tomas de datos: en lugar de los 20' de calentamiento, se realizaron 30' de rodaje a intensidad muy baja en ciclismo + 10' de carrera a pie a la intensidad señalada, continuación se realizaron los 4 progresivos antes de iniciar el test de 3km.

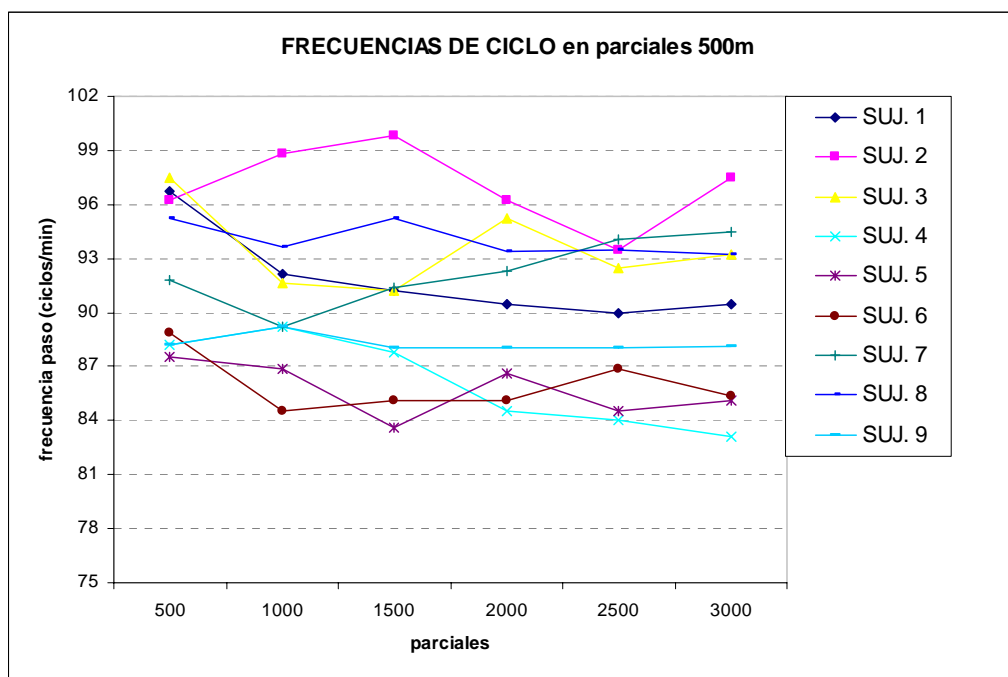


Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los tiempos parciales de 500m hasta la distancia de 2km, de forma que el planteamiento de la mayor parte de los triatletas testados fue el realizar un inicio de los 3km excesivamente rápido, aspecto que se debe trabajar al realizar las series en los entrenamientos controlando los metros iniciales, ya que de forma exagerada el primer parcial de 500m fue el más rápido, generando una concentración de LA que influye negativamente en el rendimiento en el resto de la distancia. En el transcurso de la carrera a pie del triatlón puede suceder lo mismo por lo que se debe mantener la cabeza fría para afrontar el primer tramo sabiendo que sin duda el tiempo final en el parcial de carrera a pie será siempre mejor si la velocidad durante todo el tramo es uniforme.

**Medias marginales estimadas de MEASURE\_1**



El gráfico muestra la media de los valores de los triatletas testados, en él se observa claramente la diferencia tan grande entre el primer parcial y el resto, y estos tiempos no se igualan hasta que no alcanzaron los 2km, a partir de dicha distancia las diferencias ya no fueron significativas entre los parciales de 500m.

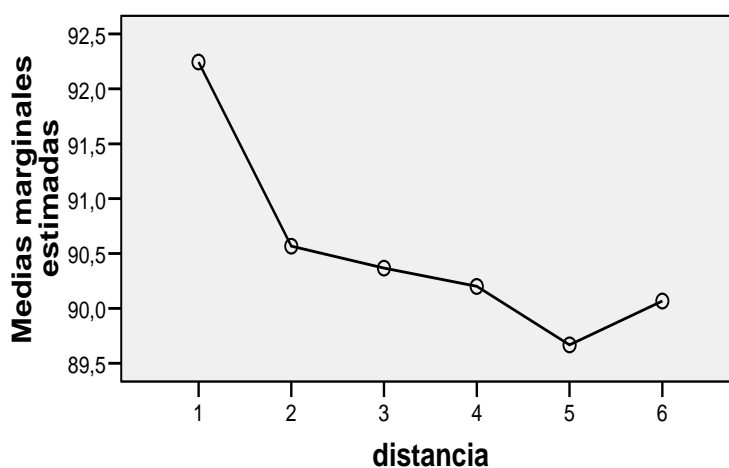


En cuanto a las frecuencias de ciclo en los 3km testados, aún variando la velocidad de forma significativa, la frecuencia de ciclo no se diferenció de forma significativa entre los diferentes parciales de 500m por lo que se demuestra una vez más la dificultad de cambiar el ritmo de paso por parte de los triatletas , factor que se debe trabajar desde las categorías inferiores ya que en los

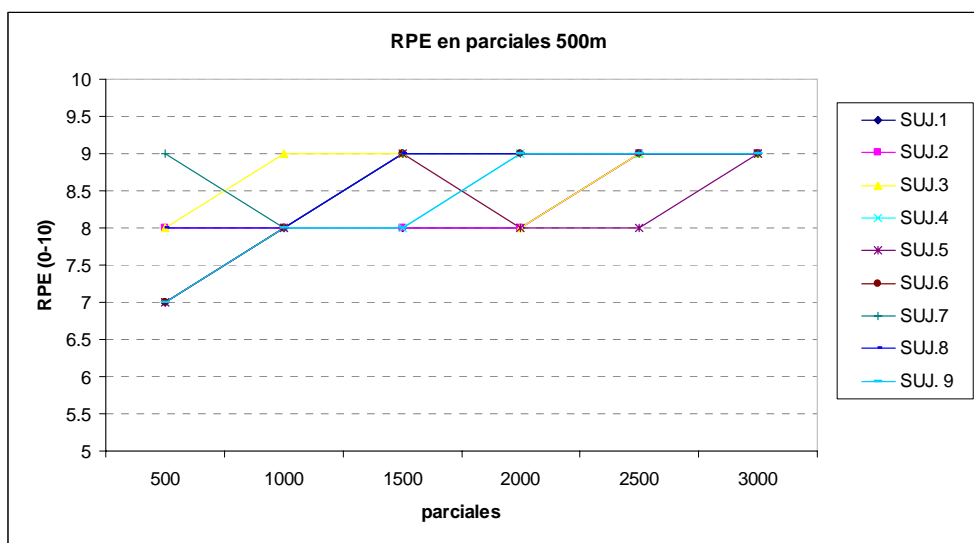
triatletas adultos es mucho más complicado, frecuencias excesivamente elevadas se corresponden con consumos de O<sub>2</sub> también excesivamente elevados, por lo que lo ideal es encontrar una frecuencia óptima para cada triatleta en función de su antropometría y su técnica de carrera, recomendándose como adecuada para una velocidad de 20km/h y una altura de 175-185cm frecuencias entre 90-100 ciclos/min, si la velocidad es de 18-19km/h la frecuencia disminuirá sensiblemente (85-95ciclos/min en función del triatleta) y así hasta descender a 15-16km/h, donde la frecuencia ya no disminuye sino que es la amplitud la que lo hace para los entrenamientos de carrera a pie más lentos, ya que un descenso excesivo de la frecuencia en los rodajes lentos repercutiría de forma negativa en el mantenimiento de un ritmo de paso a velocidades próximas a las de competición.

Entre la carrera a pie de los atletas y de los triatletas la mayor diferencia no se da en la frecuencia de carrera sino en los tiempos de contacto, factor que también se debe tener en cuenta en los entrenamientos de técnica de carrera de forma que se realicen ejercicios específicos para que la reactividad que se pierde tras el segmento ciclista a intensidad de competición no sea tan marcada y el rendimiento de la carrera a pie del triatlón se aproxime lo máximo posible al rendimiento en carrera a pie realizada de forma aislada o tras un ciclismo a baja intensidad.

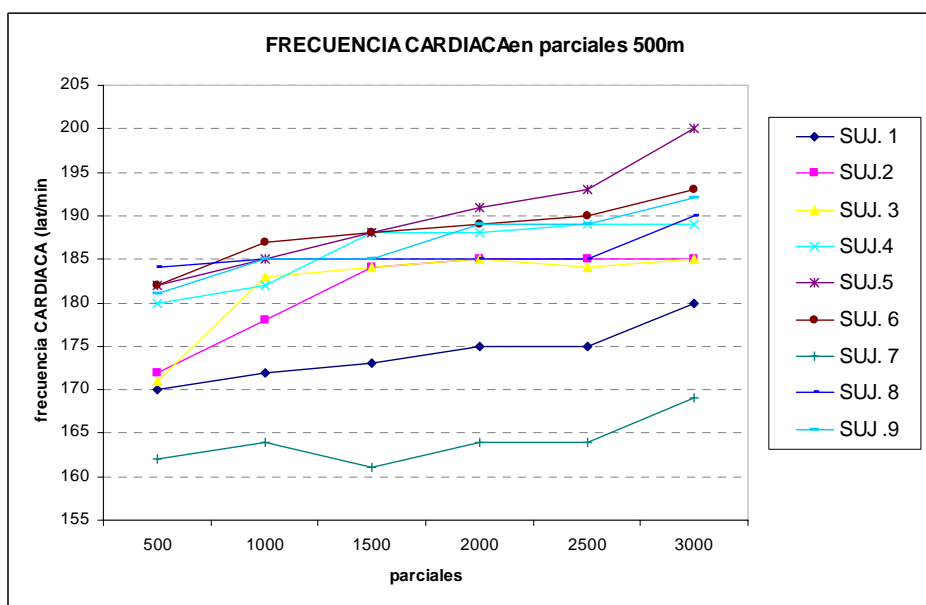
**Medias marginales estimadas de MEASURE\_1**



En el gráfico de las medias de los sujetos testados se observa que la frecuencia de ciclo con la que iniciaron el test de 3km al 90% de la FCMax es superior, pero no alcanzó al significación estadística ( $p=0.071$ ).

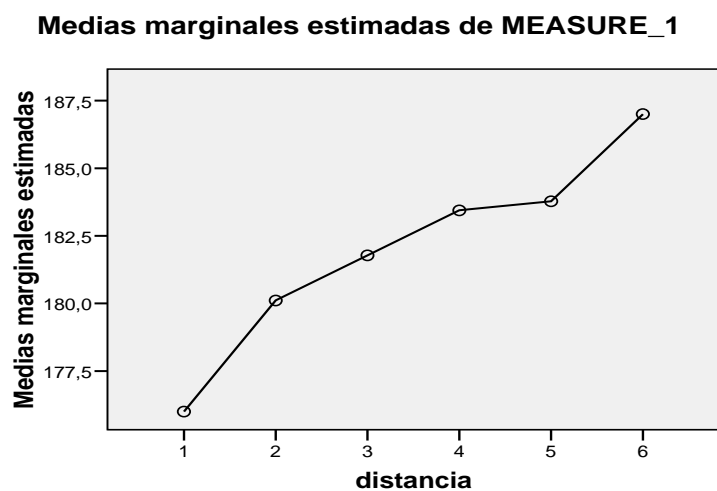


En cuanto al esfuerzo percibido, los valores señalados por los triatletas testados se encuentran dentro del rango usado en competición, no alcanzando nunca el valor máximo ya que se trataba de un esfuerzo submáximo a intensidad de la carrera a pie del triatlón (aprox 90% de la FCMax utilizando la fórmula de Karbonen)

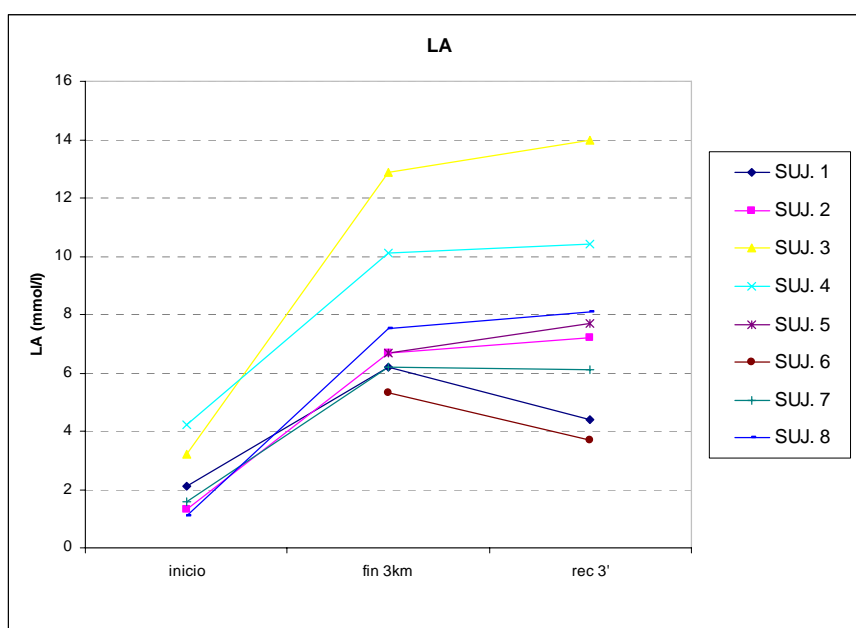


En el análisis de la frecuencia cardiaca, el factor que más destaca es la subida final de la FC del 2.5km al 3km (sólo 3 de los 9 triatletas testados mantuvieron la Fc invariable del 2.5km al 3km).

Destaca también como los dos triatletas con más experiencia y años de entrenamiento claramente se diferencian por sus valores más bajos de Fc, ya que se da una adaptación cardiovascular como consecuencia de las horas y los años de entrenamiento de resistencia.

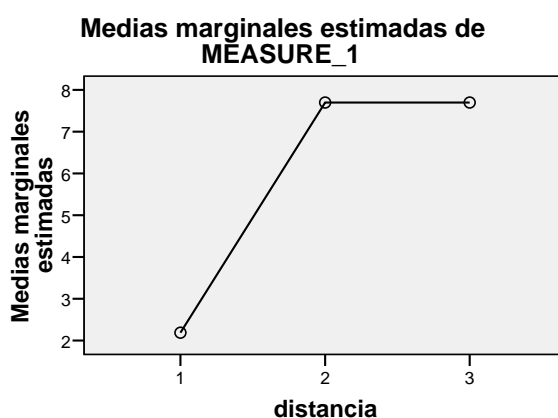


En la comparación de las distancias, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre el los pases iniciales y los pases finales, estabilizándose la fc a partir de la distancia de los 2km, al igual que la frecuencia de ciclo.



En la concentración de LA en sangre se observó como los dos triatletas que mayor concentración de LA mostraron al final de los 3km, también fueron los que partieron con un valor inicial más elevado, además ninguno de los dos disminuyó su concentración de LA tras 3' de recuperación.

Dada la media de edad de la mayoría de los sujetos y los años de entrenamiento de resistencia, en los 3min de recuperación, no disminuyó la concentración de LA de forma significativa excepto en el triatleta elite que actualmente está compitiendo a nivel internacional.



El gráfico muestra la evolución de los valores medios de LA, y en ellos se observa como la media del grupo obtuvo un valor medio final de LA de 7.7 mmol/l, valor similar al que se genera en la carrera a pie del triatlón de distancia Olímpica (susceptible de elevarse a valores próximos a los que se generan en la zona de VO2Max (8-12mmol/l en triatletas elite) en el caso de poder finalizar la competición a la máxima intensidad.

Estos resultados se completarán con las tomas que se realicen en las diferentes alturas propuestas y se realizarán otro análisis estadístico para intentar encontrar el % de diferencia tanto en ritmos por kilómetro como en concentración de LA en función de la altitud para su aplicación a los entrenamientos de carrera a pie de los triatletas en función de la altitud.