



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY – UCU  
CENTRO REGIONAL ROSARIO**

**LICENCIATURA DE EDUCACIÓN FÍSICA  
CON ORIENTACIÓN EN CIENCIAS DEL EJERCICIO.**

TESINA DE GRADO

PERFIL FISIOLÓGICO Y DE RENDIMIENTO EN CICLISTAS DE MONTAÑA  
ENTRENADOS DE ESPECIALIDAD CROSS COUNTRY OLÍMPICO

AUTOR:  
**PROF. MUÑOZ RODRIGO FERNANDO**

TUTOR:  
**LIC. AHUMADA FACUNDO**



ROSARIO, SANTA FE, ARGENTINA, 2018

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION DEL URUGUAY**  
**Centro Regional Rosario**

*Licenciatura de Educación Física con orientación en Ciencias  
del Ejercicio.*

## **TESINA DE GRADO**

TEMA

**Perfil Fisiológico y de Rendimiento en Ciclistas de  
Montaña Entrenados de Especialidad Cross  
Country Olímpico**

AUTOR

**Prof. Muñoz Rodrigo Fernando - DNI: 36119962**

TUTOR

**Lic. Ahumada Facundo - DNI: 27655857**

(Santa Fe, Rosario, Argentina 2018)

## **Dedicaciones Formales**

A todos los docentes que me han ayudado en mi formación profesional durante el cursado en la Universidad de Concepción del Uruguay, en especial al Dr. Juan Carlos Mazza y al Lic. Raúl Festa, por promover el constante crecimiento y jerarquización de nuestra profesión.  
Al MSc. Facundo Ahumada por todo su apoyo y dedicación como tutor de este trabajo, y por ultimo a la dirección de la Universidad de Concepción del Uruguay.

## Agradecimientos

A todos los colegas/amigos que colaboraron de una u otra manera en la recolección de datos y en el proceso de elaboración de este trabajo, al MSc. Facundo Ahumada; MSc. Leandro Muñoz; Prof. Ariel Marquez; Lic. Melisa Bertola; Prof. Jose Ortiz; Lic. Gerardo Mirizio; Prof. Gabriela Muñoz; Prof. Marcos Gallardo, que sin ellos, hubiese sido imposible llevar a cabo este trabajo.

Por ultimo a mi familia y amigos por el constante apoyo.



## Índice

- DEDICACIONES FORMALES.....	3
- AGRADECIMIENTOS.....	4
- INTRODUCCION.....	6
- MARCO TEORICO.....	9
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
- OBJETIVO GENERAL.....	20
- OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
- MATERIALES Y METODOS.....	22
o Población y muestra a ensayar.....	22
o Unidad, modelo y variables del estudio.....	22
o Análisis estadístico.....	29
- RESULTADOS.....	31
- DISCUSIÓN.....	44
- CONCLUSIONES.....	49
- LIMITACIONES.....	50
- PERSPECTIVAS FUTURAS.....	51
- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52

## **Introducción**

El Ciclismo de montaña incluye tres disciplinas principales; Downhill (DHI), Cross Country Olímpico (XCO) y Cross Country Maratón (XCM). La disciplina olímpica (XCO) tiene una duración aproximada de 90 minutos y se lleva a cabo en circuitos de 4-5 km aprox. Por otro lado, las pruebas de XCM que se realizan en recorridos por los que solo se pasa una vez y pueden durar de 3 a 10 horas, se han vuelto cada vez más populares en los últimos años como deporte recreativo y competitivo (Ahrend et al., 2015)

Las competencias de mountain bike en la modalidad XCO requieren que los ciclistas completen múltiples vueltas de un circuito compuesto por una gran variedad de terrenos y obstáculos. Estas pistas están expuestas a la lluvia, el viento y la erosión, lo que afecta la exposición de rocas, ramas, surcos y raíces de árboles. (Novak et al., 2017)

La modalidad XCO, es un evento de resistencia que requiere habilidades de manejo de la bicicleta, un alto grado de aptitud física, ritmo y toma de decisiones tácticas. Además, tal como se planteó, la duración de este tipo de pruebas es de aprox. 90 min y aunque es comparable el esfuerzo con carreras largas contrarreloj, los perfiles de potencia revelan un modelo de carga variable.

En los deportes de endurance, y específicamente en el ciclismo de montaña, se conocen en la actualidad diferentes factores que determinan y limitan el rendimiento.

A partir del gran número de investigaciones científicas sobre corredores, ciclistas, nadadores, esquiadores de fondo y triatletas, los requisitos fisiológicos mínimos para cualquiera que desee competir a alto nivel y en pruebas de resistencia de intensidad moderada a alta que duren más de 30 minutos son: 1) una elevada potencia aeróbica máxima, en particular relativa a la masa corporal, 2) un bajo nivel de grasa corporal, 3) una elevada utilización fraccional del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx.), 4) una elevada producción de potencia o velocidad en el umbral del lactato, 5) una elevada capacidad para mantener altas producciones de potencia o velocidad absolutas y para resistir el inicio de la fatiga muscular, 6) desarrollar una técnica eficaz y económica. (Hawley and Burke, 2000)

La integración de estas medidas proporcionan datos combinados que se relacionan con el desempeño, la adaptación al entrenamiento y el potencial de identificación de talentos en diferentes disciplinas del ciclismo (Lee et al., 2002; Lucia et al., 1998; Lucia et al., 2001).

En el nivel de élite, los ciclistas de mountain bike poseen rasgos fisiológicos similares a los ciclistas de carretera, sin embargo, la importancia de estos atributos en relación con la masa corporal parece ser mayor en el mountain bike (MTB), ya que poseen menor masa corporal y menor grasa corporal (Lee et al., 2002).

La determinación de variables fisiológicas como el umbral anaeróbico y el  $\text{VO}_2$  máx. a través de un test incremental, y la relevancia de estas variables para el rendimiento de endurance, es de importancia crítica en un proceso de entrenamiento de cualquier atleta de endurance.

“El consumo máximo de oxígeno ha sido usado como un indicador válido de rendimiento superior en corredores de distancia (Costill, 1967), pero otros estudios han sugerido que el  $\text{VO}_2$  máx. no es un buen predictor del rendimiento en pruebas contrarreloj de 40-km en ciclismo o 8-km de carrera en triatletas (Bentley et al., 1998, Zhou et al., 1997)” (Citado en Bentley et al., 2001). “Además, estudios recientes utilizando ciclistas de elite como sujetos han demostrado que el  $\text{VO}_2$  máx. no es un buen indicador de la capacidad de ciclismo (Chicharro et al., 2000, Lucia et al., 1998)” (Citado en Bentley et al., 2001). “Sin embargo, se ha demostrado que la potencia máxima ( $W_{\text{peak}}$ ), definida como la mayor carga de trabajo sostenida durante 2 o 3 minutos durante el ejercicio progresivo, incremental hasta el agotamiento, está altamente relacionada con el rendimiento de una prueba contrarreloj de entre 21 y 40 km (Balmer et al., 2000, Bentley et al., 1998, Hawley et al., 1992, Weston et al., 1997).” (Citado en Bentley et al., 2001).

Otros grupos de investigación han reportado que la carga de trabajo o el consumo de oxígeno correspondiente a las concentraciones de lactato (La) sanguíneo establecidas o los puntos de inflexión obtenidos durante las pruebas de esfuerzo incrementales, son mejores indicadores del rendimiento de endurance que el  $\text{VO}_2$  máx. (Bishop et al., 2000, Coyle., 1991, Coyle et al., 1988).

En investigaciones recientes se estableció que el umbral de lactato  $D_{\text{max}}$  y el umbral OBLA fueron las dos variables más relacionadas con el rendimiento (potencia media) alcanzado durante 60 minutos de ejercicio en bicicleta en ciclistas de sexo femenino (Bishop et al., 2000, Bishop et al., 1998)

Por ello, el objetivo principal de este estudio fue conocer el perfil fisiológico y de rendimiento en atletas juveniles de una de las disciplinas competitivas más importantes

del ciclismo de montaña, el XCO. Además otro objetivo del trabajo fue conocer cuáles de las variables analizadas, son las que más determinan el rendimiento. Fue evaluado un grupo de ciclistas de modalidad XCO (Selección Argentina Juvenil de Ciclismo de Montaña).

## **Marco teórico**

Con el propósito de enriquecer esta investigación, a continuación se expone un marco teórico de sustento, que permitirá comprender con claridad los diferentes conocimientos utilizados en el trabajo.

### **Lactato sanguíneo**

El lactato fue descubierto a partir de la leche agria por Carl Wilhel, Scheele (1742-1786). Aunque Scheele es recordado como el descubridor del Lactato, fue Jons Jacob Berzelius, otro sueco quien relaciono indeleblemente al La con el estudio del ejercicio, cuando informo presencia de La en los músculos de ciervos cazados en 1807 (Gladden, 2008)

Durante muchos años se pensó que el La era un producto terminal de la glucolisis, en ausencia de suficiente oxígeno tisular. El La es un metabolito intermedio de la degradación de la glucosa, que ha sido persistentemente condenada como una sustancia perniciosa que solo genera fatiga, dolor muscular y hasta agonía. (Mazza, 1997)

La concentración de La en la sangre es el resultado de aquellos procesos que producen La y contribuyen a su aparición en la sangre y aquellos procesos que catabolizan el La después de su eliminación de la sangre. Por lo tanto la concentración de La en la sangre proporciona información mínima sobre la tasa de producción de La en el músculo. (Brooks, 1985)

El primer sustrato a considerar en la producción de La, es la degradación de glucógeno y glucosa. Glucolisis como proceso de degradación glucolítica hasta piruvato y la reducción de este último a La, que tiene lugar en el citoplasma (11 reacciones bioquímicas) (Mazza, 1997)

Debemos considerar al La como un metabolito que vehiculiza la liberación de energía adicional, importante para deportes de diferentes prestaciones y que gran parte de los procesos de entrenamiento modernos están dirigidos a lograr su producción

racional y su utilización durante el esfuerzo, y/o durante procesos de recuperación, como una gran fuente de combustible para los procesos aeróbicos ( en situación de glucolisis) o como un potente metabolito neoglucogenogenico. (Mazza, 1997)

### **Umbral de lactato**

La acumulación de La sanguíneo durante las pruebas de ejercicio incremental se ha usado comúnmente para evaluar los efectos del entrenamiento, establecer intensidades de entrenamiento y predecir el rendimiento. Por lo general, esto se hace mediante la determinación de puntos o umbrales de inflexión en la curva de La sanguíneo versus intensidad del ejercicio. Aunque el concepto de UL en sangre se ha desarrollado durante más de 70 años, todavía existe mucha controversia sobre la explicación de estos fenómenos y sobre los métodos que se deben utilizar para identificarlos. De hecho, los puntos de disputa probablemente superan los puntos de acuerdo, lo que puede frustrar a aquellos que buscan aplicaciones prácticas de estos conceptos (Thoden, 1991)

“En el pasado, los estudios de entrenamiento y desentrenamiento de la resistencia, comúnmente utilizaban cambios  $VO_{2max}$  para indicar alteraciones en la capacidad para realizar ejercicios de resistencia (Coyle et al. 1986; Daniels et al. 1978)” (citado en Tanner et al, physiological test of elite athletes. 2013. 78). “Sin embargo investigaciones mas recientes han sugerido que la respuesta del La sanguíneo al entrenamiento se adapta en mayor grado que la del  $VO_{2max}$  (Denis et al. 1984; Hurley et al. 1984; Katch et al. 1978; Keith et al. 1992; Sjodin et al. 1982)” (citado en Tanner et al, physiological test of elite athletes. 2013. 78). “En particular los UL en sangre han demostrado ser indicadores mas sensibles de las adaptaciones de entrenamiento (Bishop et al. 1998; Carter et al. 1999b; Denis et al. 1982, 1984; Faude et al. 2009; Gaesser and Poole 1988; Gollnick et al. 1986; Hurley et al. 1984; Sjodin et al. 1982; Weltman et al. 1992; Yoshida et al. 1982a)” (citado en Tanner et al, physiological test of elite athletes. 2013. 78)



## Diferentes tipos de umbrales (LT1, LT2, Dmax, OBLA)

### *Umbral de lactato 1 (LT1)*

La intensidad mas baja a la cual hay un incremento sostenido en la concentración de lactato sanguíneo por encima de valores de reposo. (Tanner and Gore 2013) (figura 1)

### *Umbral de lactato 2 (LT2)*

La intensidad que causa un rápido incremento del lactato sanguíneo indicando el limite superior de equilibrio entre la producción de lactato y su remoción (Tanner and Gore 2013) (figura 1)

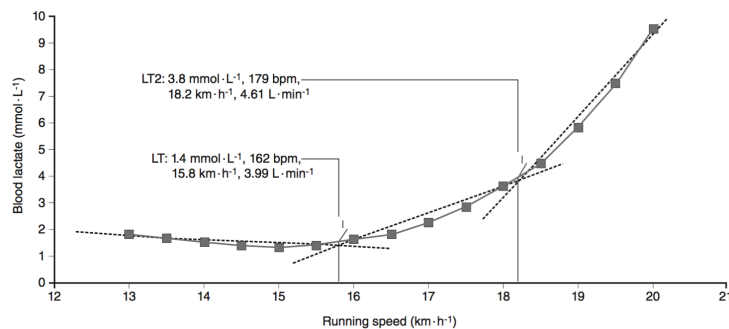


Figura 1

### *Umbral de lactato Dmax*

Consiste en establecer una regresión curvilínea de tercer orden con los valores obtenidos de la concentración de La durante una prueba incremental. Una vez establecida la curva, se traza una recta entre los dos puntos finales de esta ( principio y fin), y se calcula la distancia entre cada punto y la línea recta, y el punto mas lejano corresponde al umbral Dmax. (figura 2)

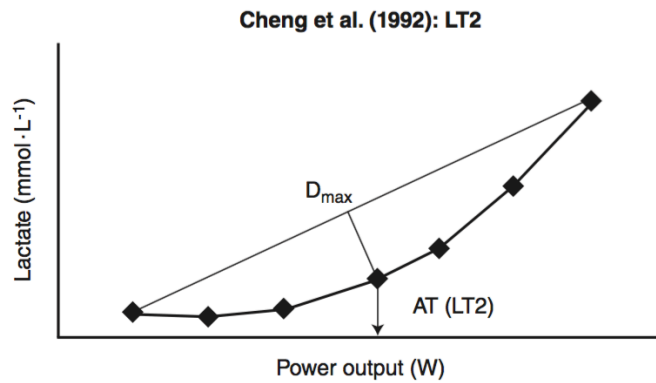


Figura 2

### *Umbral de lactato OBLA*

La intensidad de trabajo correspondiente a 4mmoles (Tanner and Gore 2013)

Los diferentes UL correspondientes a ciclistas entrenados, han sido descriptos en un sinnúmero de investigaciones, muchas de ellas, distinguiendo la especialidad del ciclista.

Características fisiológicas típicas de ciclistas profesionales en el umbral individual de lactato incluyen la potencia de 334W (76%  $W_{max}$ ), consumo de oxígeno de 4.0 L/min (77%  $VO_{2max}$ ) y frecuencia cardiaca de 163 lat/min (77%  $HR_{max}$ ). Valores típicos correspondientes al umbral OBLA (intensidad del ejercicio que provoca un nivel de lactato en sangre de 4mmol/L) son 386w (87%  $W_{max}$ ), 4.5 L/min (86%  $VO_{2max}$ ) y 178 lat/min respectivamente (Mujika and Padilla 2001). Sin embargo, un estudio reciente en el 5 veces ganador del Tour de France, se reporto una potencia en el OBLA de 505W, y un consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) de 5.65 L/min. (Padilla, et al. 2000)

Estudios recientes han reportado que el umbral anaeróbico individual y el segundo umbral ventilatorio de ciclistas profesionales de carretera ocurre entre el 87 y 90% de  $VO_{2max}$ . (Lucia, et al. 1999)

(Mujika and Padilla 2001) reportaron diferentes UL sanguíneo OBLA, dependiendo de la especialidad de los ciclistas. Terreno plano  $W_{OBLA}$  417±45 y 5,5± 0,4

(w/kg) ,contra reloj  $W_{OBLA}$   $409\pm 46$  y  $5,7\pm 0,2$  (w/kg), Todo Terreno  $W_{OBLA}$   $366\pm 38$  y  $5,4\pm 0,4$  (w/kg) Y Cronoescalada  $W_{OBLA}$   $356\pm 41$  y  $5,7\pm 0,5$  (w/kg).

(Tanner and Gore 2013) describieron las potencias correspondientes a LT1 y LT2 de ciclistas junior de ambos sexos de especialidad MTB:

Masculino: LT1  $229\pm 38.4$ , LT2  $277\pm 47.3$ . Femenino: LT1  $181\pm 20.8$  LT2  $240\pm 29.6$ .

### **Producción de Potencia en Ciclismo**

En física, potencia, es cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Si desglosamos la definición de una forma mas especifica, la potencia se puede traducir en fuerza por velocidad.

Dicha definición aplicada específicamente al ciclismo, no es mas que la fuerza que aplica el ciclista al pedal (torque) y que provoca una velocidad angular en la biela.

### ***Potencia Critica***

La potencia crítica es, en teoría, la máxima tasa de trabajo que puede ser sostenida por un muy prolongado período de tiempo (Hopker and Jobson 2013). Es de este modo una característica clave del sistema de producción de energía oxidativo.

Al parecer en 1960 H. Monod presentó la ecuación original que describe la relación entre potencia y tiempo (Allen and Coggan 2016)

$$\text{Potencia (t)} = \text{AWC}/t + \text{CP}$$

Donde, AWC es la anaerobic work capacity o capacidad de trabajo "anaeróbico", y CP es critical power. Esta función describe una curva, donde a medida que el tiempo se hace mayor, la potencia tiende hacia CP, es lo que en matemáticas se conoce como límite asintótico en una función.

### ***FTP (Functional Threshold Power)***

El FTP es la máxima potencia que un ciclista puede mantener a un ritmo casi constante, durante aproximadamente una hora, sin fatigarse. Cuando la potencia supere el FTP, la fatiga aparecerá mucho antes, mientras que una potencia inferior al FTP podrá mantenerse durante mucho más tiempo. (Allen and Coggan 2016)

### ***Relación entre la Potencia Crítica y otros Indicadores Fisiológicos y de Rendimiento***

Desde un punto de vista práctico, se ha demostrado que potencia crítica está relacionada de cerca con la potencia en el máximo estado estable de lactato (MLSS) (Allen y Coggan, 2010).

Por otro lado, potencia crítica se corresponde también muy bien con el FTP, por lo que determinar la potencia crítica constituye otro modo de estimar este indicador clave del rendimiento (Allen y Coggan, 2010).

### ***Pvo2Max (Potencia asociada al máximo consumo de oxígeno)***

La Pvo2Max, es la potencia asociada al máximo consumo de oxígeno, realizar un test con analizador de gases para determinar el máximo consumo de oxígeno, es algo complicado ya que no es fácil tener acceso a dicha tecnología y no es algo accesible desde lo económico. Es por eso que se estima la potencia asociada al máximo consumo de oxígeno en el caso del ciclismo y la velocidad asociada al máximo consumo de oxígeno para carrera. El protocolo es exactamente igual, la única diferencia es que no se realiza análisis de gases.

Fornasiero, et al. 2017, mostraron la Pvo2Max de la Selección Italiana juvenil, con una potencia asociada al máximo consumo de oxígeno de  $395 \pm 41 \text{ W} - 6,7 \pm 0,6 \text{ W/KG}$  para los varones y  $316 \pm 30 \text{ W} - 5,9 \pm 0,4 \text{ W/KG}$  para las mujeres.

## ***Perfil de potencia***

Durante una carrera, los períodos de alta y baja intensidad pueden subdividirse en esfuerzos de varias duraciones (5-600s) y la potencia producida para cada una de estas etapas puede ser identificada. Por lo tanto, una prueba de laboratorio que evalúa la capacidad máxima para producir energía en períodos similares puede proporcionar una base para la evaluación del rendimiento fisiológico durante una carrera. (Quod, et al. 2010)

En la última década el desarrollo de las evaluaciones de perfil de potencia (PP) ha permitido que las potencias aeróbicas y anaeróbicas de los ciclistas se cuantifiquen utilizando un solo protocolo de duración de menos de 50 minutos.

El PP, se desarrollo principalmente para ciclistas de carretera y triatletas y se ha empleado como un protocolo recomendado para evaluar el potencial de ciclismo. Sin embargo, el protocolo solo se ha adoptado recientemente para la población de XCO, donde se demostró que varios esfuerzos contribuyen significativamente a predecir modelos de rendimiento. (Novak, et al. 2017)

Esta prueba puede ser útil para cuantificar aspectos del rendimiento de la carrera, así como para la identificación de talentos y la prescripción del entrenamiento. (Tanner and Gore 2013)

El PP, es por lo tanto una evaluación de rendimiento, donde el atleta debe realizar carreras contra reloj, de 5'', 10'', 30'', 60'', 300''y 600'', con periodos de recuperación entre cada esfuerzo.

(Tanner and Gore 2013) Presentaron datos de referencia sobre ciclistas masculinos altamente entrenados:

$MMP_{5s}, W - 1,062 \pm 103.1$

$MMP_{15s}, W - 836 \pm 94.1$

$MMP_{30s}, W - 671 \pm 73.0$

$MMP_{60s}, W - 536 \pm 72.2$

$MMP_{4min}, W - 403 \pm 64.5$

$$\text{MMP}_{10\text{min}}, \text{ W} - 354 \pm 38.8$$

(Quod, et al. 2010) por su parte, también presentaron datos del perfil de potencia de ciclistas varones entrenados:

$$\text{MMP}_{5\text{s}}, \text{ W} - 986 \pm 125$$

$$\text{MMP}_{15\text{s}}, \text{ W} - 798 \pm 114$$

$$\text{MMP}_{30\text{s}}, \text{ W} - 642 \pm 74$$

$$\text{MMP}_{60\text{s}}, \text{ W} - 529 \pm 42$$

$$\text{MMP}_{4\text{min}}, \text{ W} - 393 \pm 26$$

$$\text{MMP}_{10\text{min}}, \text{ W} - 346 \pm 2$$

Fornasiero, et al 2017, mostraron datos de perfil de potencia para de la Selección Italiana de Ciclismo de montaña, en potencia sprint (5''), se registraron los siguiente datos:  $1105 \pm 78 \text{ W} - 16,1 \pm 0,6 \text{ W/KG}$  para los ciclistas varones y para las mujeres  $759 \pm 63 \text{ W} - 13,9 \pm 1,6 \text{ W/KG}$ .

Para potencia en 30 segundos, los ciclistas varones registraron  $593 \pm 62 \text{ W} - 10 \pm 0,3 \text{ W/KG}$ , para las mujeres  $473 \pm 30 \text{ W} - 8,8 \pm 0,4 \text{ W/KG}$ .



## *Composición Corporal – Antropometría*

La antropometría consiste en una serie de mediciones técnicas sistematizadas que expresan, cuantitativamente, las dimensiones del cuerpo humano. A menudo la antropometría es vista como la herramienta tradicional, y tal vez básica de la antropología biológica, pero tiene una larga tradición de uso en la Educación Física y en las Ciencias Deportivas, y ha encontrado un incremento en su uso en las Ciencias Biomédicas. (Malina 2006)

El tamaño del cuerpo y las proporciones, el físico y la composición corporal son factores importantes en la performance física y la aptitud física. Históricamente, la estatura y el peso, ambos indicadores del tamaño general del cuerpo, han sido usados extensivamente con la edad y el sexo para identificar algunas combinaciones óptimas de estas variables en grupos de niños, jóvenes y adultos jóvenes, en varios tipos de actividades físicas. El tamaño corporal, particularmente el peso, es el marco de referencia standard para expresar los parámetros fisiológicos (por ej., el  $VO_2$  máx. como  $ml.kg^{-1} min^{-1}$ ), mientras que el grosor de los pliegues cutáneos, a menudo es usado para estimar la composición corporal. Por lo tanto, la antropometría es fundamental en lo que se refiera a la actividad física y las Ciencias Deportivas. (Malina 2006)

Los sitios de medición incluidos son aquellos que rutinariamente se toman en deportistas con el fin de monitoreo y control, tanto en el laboratorio como en el campo. Una vez finalizada la medición de estos sitios antropométricos, el antropometrista puede utilizar distintas herramientas usando diversos métodos de cómputos para el análisis de los datos. Esto incluye el somatotipo; el fraccionamiento de la masa corporal en componentes óseos, muscular, grasa y residual; estimaciones de la proporcionalidad; predicción e la densidad corporal ( y consecuentemente el porcentaje de grasa corporal), utilizando diversas ecuaciones de regresión; y transformación de datos en percentiles específicos para la edad y el sexo, para sitios individuales; obesidad total y rankings o clasificaciones de masa proporcional; así como otros índices tales como el cociente cintura – cadera, sumatoria de pliegues cutáneos, perímetros corregidos por los pliegues cutáneos. (Norton and Olds 1996)

“Recientemente, (Padilla et al. 1999) y (Lucía et al. 2000) han revelado que los ciclistas de ruta escaladores son más livianos (típicamente 60-65 kg) y tienen VO<sub>2</sub>max mas alto en relación a la masa corporal (~80 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) que otros ciclistas de ruta. Además, se observó que estos escaladores alcanzaban algunas de las producciones de potencia relativas más altas documentadas durante ejercicio aeróbico máximo (promedios de 6,5 y 7,5 W kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Estos resultados no son sorprendentes, porque se sabe que una elevada relación potencia-peso contribuye con el rendimiento de ascenso (Swain, 1994)” (Citado en (Hamilton, et al. 2002)

(Hamilton, et al. 2002) mostraron que los ciclistas de montaña y de ruta no presentaron diferencias en la edad o talla, pero los primeros eran significativamente más livianos y magros (diferencias absolutas de 9,4 kg para la masa corporal, P=0,01; 10,6 mm para la suma de los siete pliegues cutáneos, P=0,04; y 1,8% para la grasa corporal estimada, P=0,04).

La masa corporal promedio de los primeros 10 ciclistas todo terreno en el ranking final de los Juegos Olímpicos de verano de Atenas 2004 fue de 67 kg ± 4 kg. (The oficial website of the ATHENS 2004 olympic games 2004).

### **Squat Jump o Salto desde Sentadilla**

El Squat Jump (SJ), es uno de los saltos mas comunes para evaluar fuerza explosiva de miembros inferiores, y compone junto con otros saltos, la famosa batería de Bosco.

El SJ permite, mediante la altura alcanzada por el individuo en este test, valorar la fuerza explosiva de los miembros inferiores. El valor de la altura está relacionado directamente con la velocidad vertical del individuo en el momento cumbre y dicha velocidad es fruto de la aceleración que los miembros inferiores imprimen al centro de gravedad. Debemos saber que el desplazamiento angular de las articulaciones de los miembros inferiores es de 90° (el ángulo de la rodilla es igual a 180° en el momento cumbre), valor standard en todos los individuos que efectúan SJ.

## **Planteamiento del Problema**

La realización del presente trabajo de investigación responde a diversas inquietudes e intereses.

Existe un sinnúmero de investigación sobre perfil fisiológico y de rendimiento en ciclistas, donde se observan diferentes resultados, dependiendo del nivel de los sujetos, sexo, edad, valoraciones seleccionadas, instrumentos de medición, etc, como así también, donde en muchas circunstancias se toman diferentes parámetros como indicadores de capacidad o rendimiento.

Desde hace muchos años, se ha venido investigando sobre parámetros relacionados al rendimiento en deportes de endurance como son el máximo consumo de oxígeno ( $Vo_{2max}$ ), el umbral de lactato, máximo estado estable de lactato, etc. Pero cuando nos referimos a indicadores relacionados con la producción de potencia, como son la potencia máxima, perfil de potencia, umbral de potencia funcional, potencia crítica, es ahí, donde quedan algunos aspectos sin resolver.

Por otra parte, numerosos trabajos sobre perfiles de ciclistas se encuentran disponibles, pero nos encontramos frente a investigaciones que fueron realizadas con deportistas de nivel medio – bajo, o una muestra demasiado pequeña, edades muy dispares, etc.

A partir de lo expuesto anteriormente surgió la necesidad de realizar este trabajo donde, además de contemplar indicadores de rendimiento generalmente utilizados, como los umbrales de lactato, agregamos las diferentes valoraciones relacionadas a la capacidad de producir potencia de dichos ciclistas, como también la composición corporal por medio de antropometría, que generalmente se encuentran en estudios separados, y de este modo agrupar todo en un solo estudio.

Como valor agregado a este trabajo, y creemos que unos de los puntos mas importantes del mismo, fue relacionar indicadores de rendimiento testeados en campo y laboratorio con el rendimiento propiamente en competencia (Fecha UCI ÑU PORA Internacional) y no simulación de competencia como se suele encontrar en la literatura.

## **Objetivo General**

El objetivo principal del trabajo, es realizar un análisis descriptivo sobre el perfil fisiológico y de rendimiento de ciclistas entrenados pertenecientes a la Selección Argentina Juvenil de Ciclismo de Montaña, especialidad competitiva Cross Country Olímpico (XCO)

## **Objetivos Específicos**

Se pretende estudiar el comportamiento de los ciclistas de montaña pertenecientes a la Selección Nacional Juvenil de XCO con el objeto de:

- Determinar umbrales de lactato sanguíneo. Primer umbral (LT1), Segundo umbral (LT2), umbral OBLA (4mmoles) y umbral Dmax
- Conocer la producción de potencia correspondiente al máximo consumo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2max}$ ), tanto a niveles absolutos como relativos.
- Determinar mediante las diferentes carreras contrarreloj, el perfil de potencia de los ciclistas.
- Conocer la composición corporal de los atletas.
- Relacionar variables de rendimiento medidos en laboratorio y campo con rendimiento propiamente en competencia, y determinar cual de ellos explica en mayor grado el rendimiento en competencia.
- Comparar el rendimiento de los atletas juveniles de la selección Argentina, con Atletas juveniles de la Selección Italiana de Ciclismo.

## **Materiales y Métodos**

### **a. Población y muestra a ensayar**

#### ***Universo:***

Ciclistas de montaña entrenados, integrantes de la Selección Argentina Juvenil de Ciclismo de Montaña modalidad XCO.

Grupo comprendido por 13 ciclistas (n:13) ( 10 masculinos, 3 femeninos) de entre 15 y 17 años, pertenecientes a diferentes provincias de la Republica Argentina, todos ellos integrantes activos de la Selección Nacional. Previo al comienzo de las evaluaciones, los deportistas fueron debidamente informados a cerca de los riesgos y beneficios que implica su participación en el estudio, dando su consentimiento escrito para ello.

### ***b. Unidad, Modelo y Variables del estudio***

#### **Protocolos experimentales**

Con el objetivo de determinar perfiles fisiológicos y de rendimiento de los deportistas, se les realizaran las siguientes valoraciones tanto en laboratorio como en campo, distribuidas en tres días diferentes. Los participantes fueron instruidos de no realizar actividades extenuantes en los días previos a las evaluaciones, como así también de abstenerse del consumo de bebidas con alcohol o cafeína durante las 24 horas previas a los test.

- Test incremental para determinar umbrales de lactato (LT1, LT2, OBLA y Dmax).
- Test incremental máximo hasta el agotamiento. (Pvo2max)
- Fuerza isométrica máxima en extensión de rodilla unilateral a 90° ( Kg pierna derecha, Kg pierna izquierda)
- Squat jump o salto desde sentadillas



- Composición corporal por medio de antropometría. (5 componentes) ( Kg adiposo, Kg muscular, Kg oseo, Kg residual, Kg piel, suma de 6 pliegues cutáneos)
- Perfil de potencia en campo (Australian Institute of Sports) (Psprint, P30'', P1', P5', P10', P critica)

### **Determinación de umbrales de lactato sanguíneo (LT1 - LT2 - OBLA )**

*Test incremental en ciclo ergometro para determinar umbrales de lactato sanguíneo.*

#### **Protocolo**

*Entrada en calor:* 10 minutos a 100 watts ( calibración del ergometro)

*Carga de trabajo con que comienza:* 150 watts (hombres) 100 watts (mujeres)

*Incremento por etapa:* 25 watts

*Rango de cadencia:* 80-105

*Duración de etapa:* 5 minutos

*Pausa entre etapas:* 1 minuto (recuperación y muestreo) (pasiva)

Utilizamos para el test el rodillo electrónico, (*CompuTrainer TM, RacerMate® Inc, Seattle, EE.UU.*), donde cada ciclista monta su propia bicicleta, además se utilizo un potenciómetro Powertap G3 (PowerTap ,CycleOps, Madison, USA) ubicado en la masa de la rueda trasera, para un mayor control y extracción de potencias medias.

Al finalizar cada etapa, se toma registro del lactato sanguíneo, sensor de lactato (Nova Biomedical. EE.UU) extrayendo sangre del lóbulo de la oreja, aplicando previamente crema arterializante e hiperemizante (Finalgon. Alemania), frecuencia cardiaca (monitor Garmin EDGE 520), cadencia y percepción del esfuerzo (escala 1-10).

El test finaliza cuando se observe un comportamiento exponencial creciente en el lactato sanguíneo, o bien, cuando sobrepase los 4Mmoles.

Los datos de lactato sanguíneo fueron analizados con el software Lactate-E con el fin de determinar los umbrales ( LT1, LT2, OBLA) ( Newell et al., 2007)

Los neumáticos en todos los protocolos se encontraron inflados a 100 psi.

## **Test Incremental Máximo hasta el agotamiento ( Determinar Pvo<sub>2</sub>Max)**

Seguido del test de umbrales de lactato, y luego de 10 minutos de recuperación activa a baja intensidad (100w), se comenzara con el siguiente test incremental máximo en ergometro para determinar PVo<sub>2</sub>max.

### **Protocolo**

- *Carga de trabajo con que comienza: 150 watts (hombres), 100 watts (mujeres)*
- *Incremento por etapa: 25 watts*
- *Rango de cadencia: Libre*
- *Duración de etapa: 1 minuto*
- *Pausa entre etapas: trabajo continuo*
- *En los últimos 5 segundos de cada etapa se realiza la toma de datos ( Frecuencia cardiaca, cadencia, escala de Borg (0-10)*

El test es continuo; los atletas solo pueden frenar cuando ellos no puedan mantener la potencia requerida. El fracaso se produce cuando la cadencia deseada no puede mantenerse o el ciclista opta por terminar el test.

La carga de trabajo final y la duración de la carga de trabajo final completada se registran para calcular la potencia aeróbica máxima (W)

Se toma registro de Frecuencia cardiaca, cadencia y percepción del esfuerzo al finalizar cada etapa de trabajo.

Al finalizar el protocolo se toma registro de la recuperación de la frecuencia cardiaca (30'',60'', 90'', 120'',150''y 180'')

Utilizaremos para el test el rodillo electrónico, (*CompuTrainer TM, RacerMate® Inc, Seattle, EE.UU.*), además se usara un potenciómetro Powertap G3 (*PowerTap ,CycleOps, Madison, USA*) en la masa de la rueda trasera, para un mayor control y extracción de potencias medias.

Para el control de la frecuencia cardiaca se utilizara monitor de frecuencia cardiaca Garmin EDGE 520

## **Fuerza isométrica máxima en extensión de rodilla unilateral a 90°**

El test de fuerza isométrica máxima unilateral con flexión de rodilla a 90° , fue el elegido para evaluar la fuerza de miembros inferiores, específicamente el cuádriceps.

Este método consiste en realizar una activación muscular voluntaria máxima contra una resistencia insalvable ( Gonzalez Badillo 2014).

En este test, el individuo se coloca sentado en un banco, con la espalda lo mas recta posible, y asegurándonos con un goniómetro, que el ángulo de la rodilla quede a 90° cuando se comienza a hacer fuerza.

El tiempo de contracción para asegurar que se alcanza la fuerza máxima debe ser de 3 a 5 seg., y se deben realizar de a 2 a 5 intentos (Gonzalez Badillo 2014).

Se utilizo una celda de carga, instrumento específico para dicha medición (Winlaborat, Buenos Aires).

Se realizaron 3 intentos con cada pierna, teniendo recuperación pasiva entre cada intento, y se tomo en cuenta el mejor.

## **Squat Jump o Salto desde sentadilla.**

El test de squat jump, es uno de los test que componen la batería propuesta por el Dr. Bosco en 1983.

El SJ consiste en hacer un salto partiendo de una flexión de rodillas de 90° sin contra movimiento previo. Las manos deben quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco debe estar vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas deben permanecer rectas durante el vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se pueden flexional hasta un ángulo aproximado de 90° ( González Badillo 2014).

Previo al Salto

1. Planta de los pies en contacto con la plataforma
2. Flexión en las rodillas a 90°
3. Manos en la cintura, tronco erguido

Durante el Salto

1. Las rodillas 180°
2. Pies hiperextendidos
3. No soltar las manos de la cintura

Se realizaron 3 intentos, tomando el mejor salto como valido. Los sujetos practicaron la técnica del test el día anterior para lograr una buena ejecución en el momento de la evaluación.

Para la determinación de la altura alcanzada, se utilizo la alfombra de contacto Winlaborat ( Winlaborat, Buenos Aires).

### **Composición Corporal por medio de Antropometría**

Se realizo composición corporal por métodos de 5 componentes (masa magra, masa adiposa, ósea, residual y piel)

Se medirá:

- **Peso**
- **Talla**
- **Talla sentado**
- **Pliegues cutáneos** (tricipital, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pantorrilla medial)
- **Perímetros** ( cabeza, brazo relajado, brazo en contracción máxima, antebrazo, tórax, cintura mínima, cadera, muslo máximo, pantorrilla máximo)
- **Diámetros** (biacromial, biliocrestidio, transverso del torax, antero posterior del tórax, biepicondilar del humero, bicondilar del fémur)

Para la evaluación antropométrica se utilizo kit de antropometría Rosscraft (Mercosur), Pilcometro Harpenden (Harpenden. Inglaterra), cinta métrica Lufkin Executive y balanza Systel urbe II (Córdoba, Argentina)

### *Test de perfil de potencia en campo (Australian Institute of Sport)*

La prueba de perfil de potencia tiene como objetivo determinar la máxima producción de potencia que un ciclista puede mantener en determinados periodos de tiempo.

Utilizamos el potenciómetro Powertap G3 (PowerTap ,CycleOps, Madison, USA) en la masa de la rueda trasera y computadora Garmin EDGE 520,820 para su monitoreo.

#### **Protocolo**

5 minutos de entrada en calor a 75 – 100 w se llevan a cabo, para familiarizar al ciclista con la configuración de la bicicleta, y debe incluir al menos dos sprint de 3 a 5 segundos para asegurarse que el engranaje seleccionado sea el correcto.

El ciclista debe producir tanta energía como sea posible durante la duración de cada esfuerzo. Para los esfuerzos mas cortos (6-30 seg) el ciclista suele emplear sprint all-out, sin embargo para los esfuerzos mas largos (1-10 min) se requiere ritmo constante.

Los datos de producción de potencia y cadencia se registran durante todo el ensayo utilizando una frecuencia de muestreo de 1 segundo o menos.

Se registro en la planilla correspondiente( FC media y máxima, Potencia media y máxima, Cadencia media y máxima, Velocidad media y máxima, Distancia de cada carrera contrarreloj)

<b>Tiempo</b>	<b>Esfuerzo</b>	<b>Producción de potencia</b>	<b>FC</b>	<b>Lactato</b>	<b>Notas</b>
<b>0:00 - 0:05</b>	<b>5 s, piñon pequeño</b>	*	*		Salida parado
0:05 - 1:00	Recuperación 54 seg	*	*		50 - 100 w
<b>1:00 - 1:05</b>	<b>5 s , piñon grande</b>	*	*		Salida parado
1:05 - 4:00	Recuperación 174s	*	*		50 - 100 w
<b>4:00 – 4:30</b>	<b>30s</b>	*	*		Salida lanzada (70-80 rpm)

4:30 – 8:00	Recuperación 330 s	*	*		50 - 100 w
<b>8:00-9:00</b>	<b>1 min</b>	*	*		Salida lanzada (70-80 rpm)
09:00- 17:00	Recuperación 480 s	*	*		50 - 100 w
<b>17:00 - 22:00</b>	<b>5 min</b>	*	*		Salida lanzada (70-80 rpm)
22:00 - 32:00	Recuperación 600 s	*	*		50 - 100 w
<b>32:00 - 42:00</b>	<b>10 min</b>	*	*		Salida lanzada (70-80 rpm)

\* Muestreo durante el esfuerzo

# Muestreo antes y después del esfuerzo



### *c. Análisis Estadístico*

Los datos recolectados de las distintas variables, sobre los ciclistas fueron volcados en una base de datos para su procesamiento estadístico. Se utilizó el programa SPSS en dicho procesamiento.

En una primera instancia se realizó un análisis estadístico descriptivo, a través del cálculo de las diferentes medidas resumen, medidas de posición central y no central, medidas de dispersión y de forma; todas ellas se presentaron en cuadros comparativos por género de los ciclistas.

Las distintas variables en estudio fueron agrupadas por: composición corporal; umbrales de lactato; perfil de potencia; fuerza y frecuencia cardíaca; buscando presentar el perfil fisiológico y de rendimiento de los sujetos en estudio.

Se realizó luego un Análisis de Correlación a fin de detectar la existencia de relaciones entre las variables cuantitativas de gran importancia en la producción de potencia en ciclismo, como lo son por un lado Pvo2max y P5min y, por otro lado, umbral de lactato OBLA (4Mmol) y Potencia Crítica. Se construyó en primer lugar los diagramas de dispersión y luego se calcularon de los coeficientes de correlación lineal.

También se efectuó un Análisis de Correlación con el objetivo de explicar la variable Tiempo total de Carrera (tiempo en carrera, Fecha UCI, Ñu Pora) a través de las variables de rendimiento de gran importancia en ciclismo como los son LT1, LT2, Pvo2max, Potencia crítica, Potencia en 10 min, Potencia en 5 min y Potencia en 1 min.

En una segunda etapa de análisis estadístico y con el objetivo de detectar relaciones significativas entre las variables cuantitativas cruzadas, se aplicó un análisis de Regresión Lineal Simple, a partir de aquellas variables en las que las correlaciones presentaron significancia estadística, buscando así encontrar la recta de ajuste que permita estimar los valores de la variable dependiente en función de los valores de la variable independiente.

También se hizo un Análisis de Regresión Múltiple a fin de analizar la relación entre la variable “Tiempo total en carrera”, con las variables LT2; Pvo2Max (w) y

Pvo2Max (w/kg) que fueron las variables que en el análisis de correlación presentaron un mayor grado de correlación con la variable explicada.

Además, en la etapa inferencial se calcularon Intervalos de Confianza para la media, al 95% para las variables de umbrales de lactato y perfil de potencia como así también para las variables más importantes respecto al rendimiento en ciclismo de montaña, intervalos que serán utilizados a posteriori para siguientes evaluaciones de Selección Nacional, futuras detecciones y selección de talento, etc.

Así también se aplicaron Pruebas de Hipótesis para diferencia de medias (para muestras pequeñas) comparando la media de distintas variables de perfil de potencia a partir de los datos de la presente investigación y la media de artículos de referencia publicados en revistas científicas.

Cabe señalar que en la etapa inferencial en las distintas pruebas estadísticas se trabajó con un nivel de significación del 5% ( $\alpha = 0,05$ ); la regla de decisión fue rechazar la hipótesis nula (de cada prueba) para valores de “p” menores al nivel de significación o bien para valores del estadístico observado que cayeran en la zona de rechazo de la hipótesis nula. En los diferentes test de hipótesis aplicados se verificaron previamente todos los supuestos necesarios (normalidad, homogeneidad de varianzas, etc.), dependiendo de cada prueba.

## Resultados

❖ A continuación se presentaran los resultados arrojados por el presente trabajo, en todos los casos los datos expuestos en las tablas fueron separados por sexo.

En la siguiente tabla (tabla 1) podemos observar los datos de edad, peso y talla de los sujetos experimentales divididos por sexo.

Sexo		Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)
<b>Masc.</b>	n	10	10	10
	Media	16,30	67,220	176,740
	Mediana	16,00	67,600	176,100
	Desviación estándar	,949	7,4943	4,2314
	Asimetría	,234	,832	,097
	Rango	3	28,6	11,1
	Mínimo	15	55,2	171,0
	Máximo	18	83,8	182,1
<b>Fem.</b>	n	3	3	3
	Media	16,33	56,567	164,300
	Mediana	16,00	56,900	161,300
	Desviación estándar	,577	2,0207	5,5462
	Asimetría	1,732	-,722	1,722
	Rango	1	4,0	9,8
	Mínimo	16	54,4	160,9
	Máximo	17	58,4	170,7

Tabla 1

En la siguiente tabla (tabla 2), podemos observar los datos de composición corporal divididos por sexo, datos arrojados por el estudio antropométrico de 5 componentes. Estos datos, junto al peso corporal total, poseen una gran importancia debido a que todos los valores de producción de potencia son presentados además de en su forma absoluta, en términos relativos al peso corporal.

Sexo		Músculo (kg)	Grasa (kg)	Óseo (kg)	Residual (kg)	Piel (kg)	Suma 6 pliegues (mm)
<b>Masc.</b>	n	9	9	9	9	9	9
	Media	31,89	15,26	9,11	7,30	3,75	47,71
	Mediana	32,32	15,90	9,47	6,99	3,73	50,40
	Desviación estándar	5,56	1,43	1,28	1,17	,26	8,24
	Asimetría	,47	-,68	-,04	1,02	-,13	-,57
	Rango	19,28	4,23	3,90	3,79	,76	22,95
	Mínimo	23,36	12,84	7,28	5,93	3,33	34,40
	Máximo	42,64	17,07	11,18	9,72	4,09	57,35
<b>Fem.</b>	n	3	3	3	3	3	3
	Media	25,58	15,26	6,89	5,44	3,38	62,35
	Mediana	26,65	14,45	6,94	5,88	3,39	60,75
	Desviación estándar	2,80	1,81	,14	,96	,05	6,11
	Asimetría	-1,47	1,61	-1,48	-1,63	-1,09	1,10
	Rango	5,28	3,33	,26	1,77	,10	11,90
	Mínimo	22,41	14,00	6,73	4,33	3,32	57,20
	Máximo	27,69	17,33	6,99	6,10	3,42	69,10

Tabla 2

En la siguiente tabla ( tabla 3) podemos observar los diferentes umbrales de lactato sanguíneo, datos obtenidos mediante test incremental en cicloergometro con medición de lactato sanguíneo al finalizar cada palier. Los datos arrojados, fueron analizados por el software Lactate-E con el fin de determinar los diferentes umbrales.

Sexo		LT1 (watts)	LT1 (w/kg)	LT2 (watts)	LT2 (w/kg)	4Mmoles (watts)	4Mmoles (w/kg)
<b>Masc.</b>	n	10	10	10	10	10	10
	Media	187,00	2,79	232,75	3,48	258,34	3,86
	Mediana	200,00	2,85	230,00	3,47	244,70	3,84
	Desviación estándar	28,79	,41	29,54	,41	32,40	,43
	Asimetría	-,31	-,31	,84	,01	,74	,13
	Rango	75,00	1,11	95,00	1,22	97,80	1,25
	Mínimo	150,00	2,21	197,50	2,90	221,40	3,26
	Máximo	225,00	3,32	292,50	4,13	319,20	4,50
<b>Fem.</b>	n	3	3	3	3	3	3
	Media	100,00	1,77	150,83	2,67	162,60	2,88
	Mediana	100,00	1,76	145,00	2,62	151,50	2,78
	Desviación estándar	,00	,06	12,33	,21	20,54	,36
	Asimetría		,81	1,65	,96	1,72	1,06
	Rango	,00	,13	22,50	,42	36,30	,71
	Mínimo	100,00	1,71	142,50	2,48	150,00	2,57
	Máximo	100,00	1,84	165,00	2,90	186,30	3,27

**Tabla 3:** LT1= Primer umbral de lactato; LT2= Segundo umbral de lactato; 4Mmoles= Umbral de lactato fijo a 4Mmoles.

En las siguientes tablas podemos observar los datos arrojados por el test de perfil de potencia realizado en campo, en el cual se llevaron a cabo diferentes carreras contra reloj. En la **tabla 4** se expresaran los valores en términos absolutos y en la **tabla 5** en términos relativos al peso corporal, en todos los casos se tomaron los valores medios de potencia desarrollada en cada carrera contrarreloj.

Sexo		P sprint (watts)	P 30 seg (watts)	P 1 min (watts)	P 5 min (watts)	P 10 min (watts)
<b>Masc.</b>	n	10	10	10	10	10
	Media	902	704	499	319	287
	Mediana	843	681	500	313	287
	Desviación estándar	178	117	50	50	51
	Asimetría	,657	,834	,910	,058	,857
	Rango	480	413	180	184	196
	Mínimo	716	538	427	227	204
	Máximo	1196	951	607	411	400
<b>Fem.</b>	n	3	3	3	3	3
	Media	594	356	300	207	194
	Mediana	609	368	300	207	197
	Desviación estándar	65	40	31	11	13
	Asimetría	-,960	-1,220	-,049	,000	-,999
	Rango	128	78	61	22	25
	Mínimo	523	311	269	196	180
	Máximo	651	389	330	218	205

**Tabla 4:** Psprint= Potencia en 5 segundos; P30seg= Potencia en 30 segundos; P1min= Potencia en 1 minuto; P5min= Potencia en 5 minutos; P10min= Potencia en 10 minutos.

Sexo		P sprint (w/kg)	P 30 seg (w/kg)	P 1 min (w/kg)	P 5 min (w/kg)	P 10 min (w/kg)
<b>Masc.</b>	n	10	10	10	10	10
	Media	13,523	10,446	7,440	4,744	4,265
	Mediana	13,172	10,583	7,346	4,708	4,215
	Desviación estándar	2,804	,943	,262	,506	,581
	Asimetría	,219	-,270	1,057	,891	1,495
	Rango	8,743	2,426	,902	1,685	1,978
	Mínimo	9,296	9,029	7,089	4,112	3,663
	Máximo	18,039	11,456	7,991	5,797	5,642
<b>Fem.</b>	n	3	3	3	3	3
	Media	10,488	6,297	5,289	3,660	3,428
	Mediana	10,703	6,661	5,272	3,603	3,373
	Desviación estándar	,789	,722	,353	,152	,155
	Asimetría	-1,135	-1,692	,215	1,447	1,399
	Rango	1,533	1,299	,706	,287	,294
	Mínimo	9,614	5,466	4,945	3,545	3,309
	Máximo	11,147	6,765	5,651	3,831	3,603

**Tabla 5:** Psprint= Potencia en 5 segundos; P30seg= Potencia en 30 segundos; P1min= Potencia en 1 minuto; P5min= Potencia en 5 minutos; P10min= Potencia en 10 minutos.

En la siguiente tabla (tabla 6) se exponen los indicadores de rendimiento mas importantes relacionados con la producción de potencia en ciclistas.

Por un lado Potencia Critica, establecido mediante los diferentes test realizados en campo y por otro lado la potencia correspondiente al Vo2Max (Pvo2Max), determinado en laboratorio mediante un test incremental máximo realizado en cicloergometro.

En ambos casos los valores están expresados tanto en términos absolutos como relativos al peso corporal.

Sexo		Pvo2Max (watts)	Pvo2Max (w/kg)	P Crítica (watts)	P Crítica (w/kg)
<b>Masc.</b>	n	10	10	10	10
	Media	355	5,29	263	3,91
	Mediana	350	5,29	263	3,87
	Desviación estándar	38	,38	54	,65
	Asimetría	-,22	,11	1,11	1,53
	Rango	100	1,03	208	2,22
	Mínimo	300	4,77	179	3,24
	Máximo	400	5,80	387	5,46
<b>Fem.</b>	n	3	3	3	3
	Media	262	4,62	182	3,22
	Mediana	250	4,60	182	3,13
	Desviación estándar	20	,24	12	,17
	Asimetría	1,73	,50	,00	1,73
	Rango	35	,49	24	,29
	Mínimo	250	4,39	170	3,12
	Máximo	285	4,88	194	3,41

**Tabla 6:** Pvo2Max= Potencia correspondiente al máximo consumo de oxígeno; Pcritica= Potencia Critica

En la siguiente tabla (tabla 7) podemos observar los valores de fuerza alcanzados en extensión de rodilla unilateral a 90° expresados en kilogramos, test realizado con celda de carga y los valores de fuerza explosiva medidos indirectamente con el test de Squat Jump mediante la utilización de manta de salto.

Sexo		Extensión de rodilla derecha (kg)	Extensión de rodilla izquierda (kg)	Squat Jump (cm)
<b>Masc.</b>	n	8	8	8
	Media	56,59	60,34	26,6
	Mediana	56,71	62,03	25,1
	Desviación estándar	8,39	7,74	3,7
	Asimetría	,47	-,62	1,2
	Rango	24,47	26,96	10,2
	Mínimo	46,40	45,56	23,3
	Máximo	70,87	72,52	33,5
<b>Fem.</b>	n	3	3	3
	Media	42,76	45,96	21,9
	Mediana	45,28	45,16	21,2
	Desviación estándar	8,00	2,08	2,0
	Asimetría	-1,28	1,48	1,3
	Rango	15,39	3,93	3,8
	Mínimo	33,80	44,40	20,3
	Máximo	49,19	48,33	24,1

Tabla 7

En la siguiente tabla (tabla 8) se puede observar los datos de FC obtenidos en el test incremental máximo hasta el agotamiento realizado en cicloergometro.

Se expone la FC máxima obtenida en el momento de agotamiento, es decir el máximo palier al cual el ciclista logro alcanzar, además se muestran datos de recuperación de FC.

Recae una importancia considerable en la recuperación de la FC por la especificidad del deporte.

Sexo		FC máx	FC 30 seg	FC 60 seg	Recuperación FC 60 seg
<b>Masc.</b>	n	10	9	10	10
	Media	198	182	172	26
	Mediana	195	180	169	27
	Desviación estándar	8	9	11	7
	Asimetría	,73	,95	1,23	,19
	Rango	22	29	36	23
	Mínimo	188	170	160	14
	Máximo	210	199	196	37
<b>Fem.</b>	n	3	3	3	3
	Media	200	195	184	16
	Mediana	200	196	185	15
	Desviación estándar	10	9	7	3
	Asimetría	-,16	-,33	-,67	,94
	Rango	19	18	13	6
	Mínimo	190	186	177	13
	Máximo	209	204	190	19

**Tabla 8:** FC max= Frecuencia cardiaca máxima; FC 30 seg= Frecuencia cardiaca a los 30 segundos; FC 60 seg= Frecuencia cardiaca a los 60 segundos; Recuperación de la FC 60seg= Recuperación de la frecuencia cardiaca luego de 60 segundos.

❖ En la siguiente tabla (tabla 9) se puede observar los datos correspondientes a un análisis de correlaciones realizado entre dos indicadores de rendimiento de gran importancia en ciclismo como son Pvo2Max y Potencia en 5 minutos.

Destacados trabajos dejan en claro que existe un fuerte vinculo entre estas dos variables de rendimiento (Hettinga, et al. 2008).

En nuestro caso realizamos un análisis de correlaciones tanto en valores absolutos, como valores relativos al peso corporal.

Variables	Masculino			Femenino		
	r	Valor p		r	Valor p	
<b>Pvo2Max (w) y P 5 min (w)</b>	0,875	0,001*	Correlación lineal alta, positiva y significativa.	0,000	1	
<b>Pvo2Max (w/kg) y P 5 min (w/kg)</b>	0,587	0,075		-0,910	0,272	Correlación lineal alta y negativa, aunque no significativa.

**Tabla 9:** Pvo2Max= Potencia correspondiente al máximo consumo de oxígeno; P5min= Potencia en 5 minutos



Se puede ver una correlación lineal alta, positiva y significativa entre las variables PvO2Max y Potencia en 5 min en valores absolutos para los varones, pero no así en valores relativos al peso corporal.

❖ En la siguiente tabla (tabla 10) se puede observar los datos correspondientes a un análisis de correlaciones realizado entre dos indicadores de rendimiento de gran importancia en ciclismo como son Potencia crítica y umbral de lactato OBLA (4Mmoles), se sabe la relación que existe entre estas dos variables. Se realizó un análisis de correlaciones tanto en valores absolutos, como valores relativos al peso corporal.

	<b>Masculino</b>			<b>Femenino</b>		
<b>Variables</b>	<b>r</b>	<b>Valor p</b>		<b>r</b>	<b>Valor p</b>	
<b>4Mmoles y P Crítica</b>	0,799	0,006 *	Correlación lineal alta, positiva y significativa.	0,847	0,357	Correlación lineal alta y positiva, aunque no significativa.
<b>4Mmoles (w/kg) y P Crítica (w/kg)</b>	0,585	0,076	Correlación lineal media y positiva.	0,962	0,177	Correlación lineal alta y positiva, aunque no significativa.

**Tabla 10:** 4Mmoles= umbral de lactato OBLA, correspondiente a 4mmoles; Pcritica= Potencia critica.

Solo se encontró una correlación lineal alta, positiva y significativa en valores absolutos y solo para el subgrupo de los varones.

❖ En la siguiente tabla (tabla 11) se pueden apreciar los valores de Coeficiente de Correlación Lineal (r), entre las variable tiempo total de carrera (tiempo total de carrera, Fecha UCI, circuito Ñu Pora, disputado el fin de semana siguiente a la recolección de datos) y cada una de las otras variables de rendimiento indicadas en la tabla. La significancia estadística se estableció para valores p menores al 5% ( $\alpha= 0,05$ ).

Creemos este punto como uno de los de mayor importancia en el trabajo, ya que en la literatura casi no se encuentran trabajos que relacionen perfiles fisiológicos y de rendimiento de atletas testeados en laboratorio y campo, relacionados directamente con rendimiento en competencia, teniendo en cuenta que además la competencia fue una fecha de nivel Internacional.

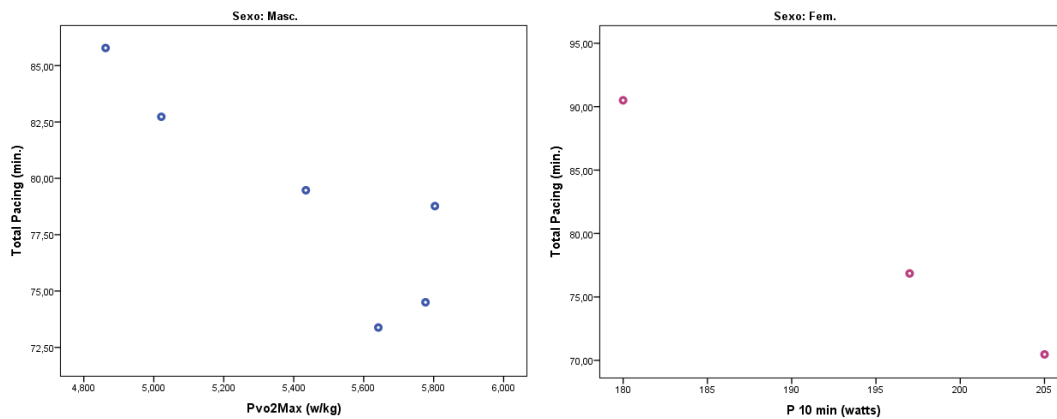
Variable	Masculino		Femenino	
	r	Valor p	r	Valor p
LT2 (w)	- 0,780	0,067	- 0,809	0,400
Pvo2Max (w)	- 0,756	0,082	- 0,205	0,868
Pvo2Max (w/kg)	- 0,870	0,024*	0,218	0,860
PCritica (w)	- 0,604	0,204	- 0,978	0,135
PCritica (w/kg)	- 0,644	0,168	- 0,732	0,477
P 5 min (w)	- 0,531	0,278	- 0,979	0,132
P 5 min (w/kg)	- 0,568	0,240	- 0,603	0,588
P 10 min (w)	- 0,589	0,219	- 1	0,001*
P 10 min (w/kg)	- 0,637	0,174	- 0,868	0,331
P 1 min (w)	- 0,233	0,657	- 0,674	0,523
P 1 min (w/kg)	0,267	0,608	- 0,636	0,562

Tabla 11: LT2= Segundo umbral de lactato; Pvo2Max= Potencia correspondiente al maximo consumo de oxigeno; Pcritica= Potencia critica; P5min= Potencia en 5 minutos; P10min= Potencia en 10 minutos; P1min= Potencia en 1 minuto.

Se puede concluir que solo para la variable Pvo2Max (w/kg) en el grupo de los varones y para la variable P10min (w) entre las mujeres se presento una correlación lineal significativa con la variable del tiempo total en carrera. En ambos grupos una relación lineal negativa, fuerte en el grupo de los varones y perfecta en el subgrupo de las mujeres.

A su vez se observa a nivel descriptivo que, en el subgrupo de los varones, para las variables LT2 (w) y Pvo2Max (w), relaciones negativas y fuertes, aunque no significativas a un nivel del 5%.

A continuación se presenta el gráfico de dispersión entre las variables correlacionadas que tuvieron un nivel significativo como es *Pvo2max (w/kg) - Tiempo total en carrera para los varones* y *P10min – Tiempo total en carrera para las mujeres*.



### Análisis de Regresión

A partir del análisis de correlación anterior y, presentándose una correlación significativa en el grupo de los varones entre la variable Tiempo total en Carrera y la variable Pvo2Max (w/kg), con un  $r=-0,870$ ; se continuó con el Análisis de Regresión Lineal Simple, buscando modelizar la relación.

Se verificaron los supuestos del modelo.

El Coeficiente de Determinación de ( $R^2$ ) asume un valor de 0,758 por lo tanto el modelo ajusta adecuadamente. El 76% de la variabilidad de la variable dependiente se ve explicada por la variable independiente.

La recta de estimación queda:

$$\hat{y} = 135,16 - 10,34x$$

### Regresión múltiple

Se realizó un análisis de Regresión Múltiple con el fin de analizar la relación entre la variable “Tiempo total en carrera”, con las variables LT2; Pvo2Max (w) y

Pvo2Max (w/kg) que fueron las variables que en análisis de correlación presentaron un mayor grado de correlación.

Se trabajó con los valores de la variable Tiempo total en carrera expresada en minutos, para el grupo de los varones.

Luego al realizar el Análisis de Regresión Múltiple previo verificación, de los supuestos del modelo, no resultó que el modelo explicara de manera significativa.

Por lo tanto, con la introducción de otras variables, como LT2 y Pvo2Max (w), el modelo no mejora.

Es de señalar que este mismo análisis de Regresión Múltiple se replicó trabajando por un lado solo con las variables en términos absolutos y luego solo con las variables en términos relativos y en ninguno de los casos el modelo logra explicar de manera significativa a la variable Tiempo Total en Carrera en función del resto de las variables.

❖ Tomando como parámetro y referencia el reciente trabajo de investigación, donde se describen características fisiológicas y antropométricas de jóvenes ciclistas de especialidad XCO, pertenecientes a la Selección Italiana de Ciclismo ( Fornasiero, et al. 2017). Se realizó un test de diferencia de medias, comparando las medias de cada variable entre los dos grupos (Tabla 12) ( el de la presente investigación y la del artículo de Fornasiero). Las pruebas de hipótesis se realizaron tanto para varones como para mujeres.

Para todos los test de Hipótesis:

- Se trabajó con el método tradicional de Pruebas de Hipótesis.
- Se usó un nivel de significación del 5% ( $\alpha = 0,05$ ).
- Se verificaron los supuestos de Normalidad y de Homogeneidad de las varianzas.
- La distribución del estadístico de prueba fue  $t$  de S'tudent.
- La regla de decisión fue Rechazar la Hipótesis Nula de igualdad de medias, para valores del estadístico de prueba ( $t$ ) que cayeran en la zona de Rechazo de la  $H_0$  establecida para cada prueba.

		Varones		Mujeres	
		n= 10 (investigación)	n= 12 (artículo)	n= 3 (investigación)	n= 7 (artículo)
Variable	Estadístico				
Pvo2 máx (w)	<i>Media Aritmética</i>	355	395	262	316
	<i>Desvío Estándar</i>	38	41	20	30
	<i>Coef.de Variación</i>	0,11	0,10	0,08	0,10
		Conclusión: hay evidencia muestral para concluir que existe diferencia significativa entre los promedios; siendo mayor el promedio de Pvo2 máx (w) en los ciclistas del artículo (tanto varones como mujeres).			
		El grupo de ciclistas mujeres de la investigación presenta valores (un poco) más homogéneos para la variable Pvo2 máx (w) en comparación con la muestra de ciclistas mujeres del artículo.			
Pvo2 máx (w/kg)	<i>Media Aritmética</i>	5,288	6,7	4,623	5,9
	<i>Desvío Estándar</i>	0,379	0,6	0,244	0,4
	<i>Coef.de Variación</i>	0,07	0,09	0,05	0,07
		Conclusión: hay evidencia muestral para concluir que existe diferencia significativa entre los promedios; siendo mayor el promedio de Pvo2 máx (w/kg) en los ciclistas del artículo (tanto varones como mujeres).			
		El grupo de ciclistas de la investigación (tanto varones como mujeres) presenta valores más homogéneos para la variable Pvo2 máx (w/kg) en comparación con la muestra de ciclistas del artículo.			
		Varones		Mujeres	
		n= 10 (investigación)	n= 12 (artículo)	n= 3 (investigación)	n= 7 (artículo)
Variable	Estadístico				
P Sprint (w)	<i>Media Aritmética</i>	902	1105	594	759
	<i>Desvío Estándar</i>	178	81	65	63
	<i>Coef.de Variación</i>	0,20	0,07	0,11	0,08
		Conclusión: hay evidencia muestral para concluir que existe diferencia significativa entre los promedios; siendo mayor el promedio de P sprint (w) en los ciclistas del artículo (tanto varones como mujeres).			
		El grupo de ciclistas (varones y mujeres) de la investigación presenta valores más heterogéneos para la variable P sprint (w) en comparación con la muestra de ciclistas (ambos sexos) del artículo.			
P sprint (w/kg)	<i>Media Aritmética</i>	13,523	16,1	10,488	13,9
	<i>Desvío Estándar</i>	2,804	0,6	0,789	1,6
	<i>Coef.de Variación</i>	0,21	0,04	0,08	0,12
		Conclusión: hay evidencia muestral para concluir que existe diferencia significativa entre los promedios; siendo mayor el promedio de P sprint (w/kg) en los ciclistas del artículo (tanto varones como mujeres).			
		El grupo de ciclistas mujeres de la investigación presenta			

	valores más homogéneos para la variable P sprint (w/kg) en comparación con la muestra de ciclistas mujeres del artículo. En tanto que, para los varones de la investigación, esta variable presenta mayor dispersión en comparación con el grupo de varones del artículo.
--	---

		Varones		Mujeres	
		n= 10 (investigación)	n= 12 (artículo)	n= 3 (investigación)	n= 7 (artículo)
Variable	Estadístico				
P 30'' (w)	<i>Media Aritmética</i>	704	593	356	473
	<i>Desvío Estándar</i>	117	62	40	30
	<i>Coef.de Variación</i>	0,17	0,11	0,11	0,06
		Conclusión: hay evidencia muestral para concluir que existe diferencia significativa entre los promedios; siendo mayor el promedio de P 30'' (w) en los ciclistas varones de la investigación. En tanto que, para las mujeres, el promedio de P sprint 30'' del grupo de la investigación es significativamente menor en comparación con las mujeres del artículo.			
		El grupo de ciclistas (ambos sexos) de la investigación presenta valores más heterogéneos para la variable P 30'' (w) en comparación con la muestra de ciclistas (ambos sexos) del artículo.			
P 30'' (w/kg)	<i>Media Aritmética</i>	10,446	10	6,297	8,8
	<i>Desvío Estándar</i>	0,943	0,3	0,722	0,4
	<i>Coef.de Variación</i>	0,09	0,03	0,12	0,05
		Conclusión: No hay evidencia muestral suficiente para concluir que existe diferencia significativa entre los promedios de P 30'' (w/kg) entre los varones de esta investigación y los del artículo. En tanto que entre las mujeres sí se presentan diferencias significativas para los promedios de esta variable; siendo menor el promedio de P 30'' (w/kg) para las mujeres de esta investigación.			
		El grupo de ciclistas tanto varones como mujeres de la investigación presenta valores más heterogéneos para la variable P 30'' (w/kg) en comparación con la muestra de ciclistas varones y mujeres del artículo.			

**Tabla 12:** Pvo2Max= Potencia correspondiente al maximo consumo de oxigeno; P sprint= Potencia en 5 segundos; P30''= Potencia en 30 segundos

❖ En la siguiente tabla (tabla 13) se muestran los intervalos de confianza para las variables ( P sprint, P1min, P5min, Pcritica, Pvo2Max, 4mmoles, LT1 y LT2).

Se genero esta tabla de intervalos de confianza con el fin de establecer parámetros de referencias sobre la elite juvenil de Ciclismo de Montaña Argentina, para próximas detecciones y selecciones de talentos a nivel nacional, referencia para próximas concentraciones de selección nacional, posicionamiento del ciclismo nacional a nivel mundial entre otras cosas.

	Sexo		Estadístico		
<b>P sprint (w/kg)</b>	<b>Masc.</b>	Media	13,52		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	11,52 15,53	
		<b>Fem.</b>	Media	10,49	
	<b>Fem.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	8,53 12,45	
		<b>Masc.</b>	Media	7,44	
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	7,25 7,63
<b>Fem.</b>	Media		5,29		
<b>P 1 min (w/kg)</b>	<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	4,41 6,17	
		<b>Fem.</b>	Media	4,74	
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	4,38 5,11
	<b>Masc.</b>		Media	3,66	
	<b>P 5 min (w/kg)</b>	<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	3,28 4,04
			<b>Fem.</b>	Media	3,91
95% de intervalo de confianza para la media				Límite inferior Límite superior	3,44 4,37
<b>Masc.</b>		Media		3,22	
<b>P Crítica (w/kg)</b>		<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,79 3,64
			<b>Fem.</b>	Media	5,29
	95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior Límite superior	5,02 5,56
	<b>Masc.</b>	Media		4,62	
	<b>Pvo2Max (w/kg)</b>	<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	4,02 5,23
			<b>Fem.</b>	Media	3,86
95% de intervalo de confianza para la media				Límite inferior Límite superior	3,55 4,17
<b>Masc.</b>		Media		2,88	
<b>4Mmoles (w/kg)</b>		<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,98 3,77
			<b>Fem.</b>	Media	2,79
	95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior Límite superior	2,50 3,09
	<b>Masc.</b>	Media		1,77	
	<b>LT1 (w/kg)</b>	<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,61 1,93
			<b>Fem.</b>	Media	3,48
95% de intervalo de confianza para la media				Límite inferior Límite superior	3,18 3,78
<b>Masc.</b>		Media		2,67	
<b>LT2 (w/kg)</b>		<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,14 3,20
			<b>Fem.</b>	Media	3,48
	95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior Límite superior	3,18 3,78
	<b>Masc.</b>	Media		2,67	
	<b>LT2 (w/kg)</b>	<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,14 3,20
			<b>Fem.</b>	Media	3,48
95% de intervalo de confianza para la media				Límite inferior Límite superior	3,18 3,78
<b>Masc.</b>		Media		2,67	
<b>LT2 (w/kg)</b>		<b>Masc.</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2,14 3,20
			<b>Fem.</b>	Media	3,48
	95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior Límite superior	3,18 3,78
	<b>Masc.</b>	Media		2,67	

**Tabla 13:** P sprint= Potencia en 5 minutos; P 1 min= Potencia en 1 minuto; P 5 min= Potencia en 5 minutos; P crítica= Potencia crítica; Pvo2Max= Potencia correspondiente al máximo consumo de oxígeno; 4Mmoles= Umbral de lactato fijo en 4 Mmoles; LT1= Primer umbral de lactato; LT2: Segundo umbral de lactato.

## **Discusión**

El objetivo principal de este trabajo, fue poder determinar el perfil fisiológico y de rendimiento en ciclistas de especialidad Cross Country Olímpico, pertenecientes a la Selección Argentina de Ciclismo de Montaña.

Como primer punto, se pudo observar mediante la estadística descriptiva realizada en la gran cantidad de variables analizadas, valores mínimos o de referencia que se deben poseer para pertenecer a la elite Nacional de ciclismo de montaña, siempre recordando que el trabajo fue realizando sobre ciclistas juveniles.

### **Características antropométricas**

El peso corporal, sumado con el análisis de composición corporal realizado mediante antropometría de 5 componentes, nos muestran un perfil antropométrico, de referencia para la elite en ciclismo de nuestro país, datos que son un tanto superiores a valores de referencia de ciclismo mundial de elite, siempre hablando de categorías juveniles.

En el ciclismo, se sabe que los valores bajos de peso corporal y grasa corporal optimizan el rendimiento de la escalada, mejorando los valores fisiológicos y de potencia relativos (Swain 1994). Es por eso la importancia que recae sobre el peso corporal del ciclista, ya que todos los valores expresados en watts, referidos a la producción de potencia, se relacionan directamente con el peso corporal.

En comparación al trabajo realizado con la Selección Juvenil Italiana (Fornasiero, et al. 2017), trabajo de referencia el cual fue utilizado para comprar con variables medidas en nuestro trabajo, nos muestra que nuestros ciclistas, poseen un mayor peso corporal y una mayor estatura, datos desfavorables, ya que, como explicamos anteriormente, en el Ciclismo de XCO, se busca tener un menor peso corporal y menor estatura.

A su vez, también se encontró un nivel de adiposidad expresado en la sumatoria de 6 pliegues cutáneos.



## Perfil de Potencia

Durante una carrera, los períodos de alta y baja intensidad pueden subdividirse en esfuerzos de varias duraciones (5-600s) y la potencia producida para cada una de estas etapas puede ser identificada. Por lo tanto, una prueba de laboratorio que evalúa la capacidad máxima para producir energía en períodos similares puede proporcionar una base para la evaluación del rendimiento fisiológico durante una carrera. (Quod, et al. 2010).

Trabajos de referencia como el ya citado reiteradas veces (Fornasiero, et al. 2017) muestra valores de algunas carreras contra reloj pertenecientes al perfil de potencia de ciclistas juveniles de la Selecccion Italiana; en el caso de potencia sprint, en el subgrupo de varones, nos encontramos con valores mas altos para la Selecccion Italiana,  $1105 \pm 81$  W vs  $902 \pm 178$  W en valores absolutos y  $16,1 \pm 0,6$  W/kg vs  $13,52 \pm 2,804$  W/KG en valores relativos al peso corporal para los atletas de nuestra selección, valores significativamente mas altos para los ciclistas Italianos. En el sub grupo de mujeres, los valores registrados también fueron mas altos para las atletas de la selección Italiana  $759 \pm 63$  W vs  $594 \pm 65$  W en valores absolutos y  $13,9 \pm 1,6$  W/K vs  $10,488 \pm 0,789$  W/KG en valores relativos al peso corporal. En ambos casos los valores de las atletas de la selección Italiana son significativamente mas altos que las atletas de nuestra selección.

En el caso de potencia en 30 segundos, en el sub grupo de varones, encontramos valores mas altos en los atletas de nuestro trabajo, aunque no significativos,  $704 \pm 117$  W vs  $593 \pm 62$  W en valores absolutos y  $10,446 \pm 0,943$  W/KG vs  $10 \pm 0,3$  W/KG en valores relativos al peso corporal. En el sub grupo de mujeres, los valores de las atletas de la selección Italiana fueron superiores a los valores de las atletas de nuestra selección nacional;  $473 \pm 30$  W vs  $356 \pm 40$  W en valores absolutos y  $8,8 \pm 0,4$  W/KG vs  $6,29 \pm 0,722$  W/KG en valores relativos al peso corporal.

Para la potencia en 1 minuto (Quod, et al. 2010), mostro valores de referencia en ciclistas entrenados, ligeramente superiores pero no significativos con respecto a nuestro trabajo  $529 \pm 42$  W vs  $499 \pm 50$  W, valores en términos absolutos.

En potencia en 10 minutos se expresaron valores significativamente menores para nuestra investigación;  $346 \pm 25$  W vs  $287 \pm 51$  W, valores en términos absolutos.

Se puede decir que el perfil de potencia de nuestros ciclistas juveniles pertenecientes a la Selección Argentina, es significativamente mas bajo que los trabajos de referencia citados.

### Pvo2Max

La potencia asociada al máximo consumo de oxígeno, fue estimada a través de un test incremental máximo hasta el agotamiento. Retomando el trabajo de referencia (Fornasiero, et al. 2017) y luego de realizar una prueba de diferencia de medias, se concluyo que los ciclistas de la Selección Italiana, poseen una PVo2max, significativamente mayor en valores absolutos y relativos, tanto en varones como en mujeres, respecto a los ciclistas de nuestra Selección Nacional;  $395 \pm 41$  W -  $6,7 \pm 0,6$  W/KG para la selección Italiana vs  $355 \pm 38$  W -  $5,288 \pm 0,379$  W/KG para los varones de nuestra selección y  $316 \pm 30$  W -  $5,9 \pm 0,4$  W/KG para la selección Italiana vs  $262 \pm 20$  W -  $4,623$  W/KG para las mujeres de nuestra selección.

Por otro lado, se realizo un análisis de correlaciones entre las variables PVo2max y Potencia en 5 minutos, se sabe que en cualquier deporte de endurance, si se quiere estimar la potencia o la velocidad asociada al consumo máximo de oxígeno, un test continuo máximo de 5 minutos es lo mas acertado (Hettinga, et al. 2008; Berthon, et al. 1997).

En varones, se encontró una relación lineal fuerte, positiva y significativa para dichas variables en términos absolutos ( $r = 0,875$ ;  $P = 0,001$ ), pero no así en termino relativos al peso corporal ( $r = 0,587$ ;  $P = 0,075$ ), y en las mujeres, se encontró ( $r = 0$ ;  $P = 1$ ) en términos absolutos y en términos relativos al peso corporal se observa una correlación lineal alta, negativa, aunque no significativa ( $r = -0,910$ ;  $P = 0,272$ ).

### Umbrales de lactato

Estudios previos han mostrado que la carga de trabajo o el consumo de oxígeno correspondiente a las concentraciones de lactato (La) sanguíneo establecidas o los puntos de inflexión obtenidos durante las pruebas de esfuerzo incrementales, son mejores indicadores del rendimiento de endurance que el Vo2max (Bishop et al., 2000, Coyle., 1991, Coyle et al., 1988).

En nuestro trabajo se mostraron tres diferentes umbrales de lactato sanguíneo, LT1, LT2 y OBLA, todos fueron expresados en términos absolutos y relativos al peso corporal, recordando la importancia de los valores relativos en esta disciplina.

**LT1**  $187 \pm 28,79 \text{ W} - 2,79 \pm 0,41 \text{ W/KG}$  para los ciclistas masculinos y  $100 \pm 0 \text{ W} - 1,77 \pm 0,06 \text{ W/KG}$  para las ciclistas femeninas.

**LT2**  $232,75 \pm 29,54 - 3,48 \pm 0,41 \text{ W/KG}$  para los ciclistas masculinos y  $150,83 \pm 12,33 \text{ W} - 2,67 \pm 0,21 \text{ W/KG}$  para las ciclistas femeninas.

**OBLA**  $258,34 \pm 32,40 \text{ W} - 3,86 \pm 0,43 \text{ W/KG}$  para los ciclistas masculinos y  $162 \pm 20,54 \text{ W} - 2,88 \pm 0,36 \text{ W/KG}$  para las ciclistas femeninas.

En investigaciones recientes se estableció que el umbral de lactato Dmax y el umbral OBLA fueron las dos variables mas relacionadas con el rendimiento de potencia promedio, alcanzado durante 60 minutos de ejercicio en bicicleta sobre mujeres ciclistas (Bishop et al., 2000, Bishop et al., 1998), esto a su vez se relaciona con la potencia critica, recordemos a la potencia critica como la tasa de trabajo que puede ser sostenida por un prolongado periodo de tiempo, entonces se puede decir que el umbral OBLA se relaciona directamente con la potencia critica.

En nuestro trabajo, se realizo un análisis de correlación entre dichas variables tanto en términos absolutos como relativos al peso corporal. En varones se encontró una correlación lineal alta, positiva y significativa para los valores en términos absolutos ( $r = 0,799$ ;  $P = 0,006$ ), pero no así en términos relativos al peso corporal ( $r = 0,585$ ;  $P = 0,076$ ). En las mujeres, en términos absolutos, se encontró una correlación lineal alta, positiva, aunque no significativa ( $r = 0,847$ ;  $P = 0,357$ ), en valores relativos, correlación lineal alta, positiva para tampoco significativa ( $r = 0,962$ ;  $P = 0,177$ ).

### Predicción del rendimiento

Se realizo un análisis de correlación con el fin de ver cual de las variables medidas presenta un nivel de relación con la variable tiempo total en carrera, ( Fecha UCI, circuito ÑU PORA, carrera de nivel internacional).

Se puede concluir que para la variable Pvo2Max (w/kg) en el grupo de los varones, se presento una correlación lineal significativa con la variable del tiempo total en carrera, una relación lineal negativa y fuerte.

A partir del análisis de correlación anterior y, presentándose una correlación significativa, con un  $r=-0,870$ ; se continuó con el Análisis de Regresión Lineal Simple, buscando modelizar la relación.

El Coeficiente de Determinación de ( $R^2$ ) asume un valor de 0,758 por lo tanto el modelo ajusta adecuadamente. El 76% de la variabilidad de la variable dependiente se ve explicada por la variable independiente.

Con todo lo expresado líneas mas arriba, se logro realizar una ecuación para la estimación del rendimiento ( tiempo total en carrera), si bien sabemos que la disciplina del ciclismo de montaña, esta sujeta a constantes modificaciones, ya sea por el clima, adversarios, factores externos, etc., con esta ecuación, se podrá conocer a grandes rasgos el tiempo que se realizara en una carrera de dicha especialidad. En el caso de que se quiera conocer el tiempo de carrera en este mismo circuito (ÑU PORA) teniendo en cuenta que es uno de los mas importantes del país, la estimación será mucho mas precisa.

Se presento una tabla de baremos, con el objetivo de establecer valores mínimos y máximos de los indicadores de potencia que creemos mas importantes, dichas variables serán de gran utilidad con el fin de contar con tablas de referencias para siguientes valoraciones de rendimiento en ciclistas mas jóvenes y que estén por alcanzar la categoría de juvenil, se utilizara para detecciones y selecciones de talentos, de potenciales ciclistas a integrar la Selección Nacional, como así también para establecer estándares de nuestros ciclistas.

Las variables que componen dicha tabla de baremos son potencia en 5 segundos, potencia en 1 minuto, potencia en 5 minutos, potencia critica,  $pVo_2Max$ , Umbral de lactato 4mmoles, LT1 y LT2.

## **Conclusiones**

- Los ciclistas juveniles evaluados en el presente trabajo, y que constituyen los mejores atletas de la especialidad XCO de nuestro país, presentan niveles elevados de potencia en el  $VO_2$  máx., en particular cuando los mismos son expresados en términos relativos, un elevado nivel de potencia en el umbral del lactato, una composición corporal caracterizada por buenos niveles de masa muscular, y relativamente altos niveles de adiposidad.

- La  $pVo_2Max$  es la única variable que explica de manera directa, con una alta correlación, el rendimiento deportivo en competencia.

- El nivel de rendimiento deportivo medio de nuestra Selección Nacional juvenil, esta por debajo de los atletas juveniles de la Selección Italiana

## **Limitaciones**

Sin duda, estamos seguros que una de las grandes limitaciones de este trabajo, y motivo por el cual el alcance del mismo puede ser acotada, es por la cantidad reducida de sujetos que participaron de la investigación, sobre todo el caso de las mujeres. Igualmente cabe recordar que se trabajó con universo, es decir, con la totalidad de los atletas integrantes de la Selección Nacional de Ciclismo de Montaña, de especialidad XCO.

Otra de las limitaciones es haber determinado el perfil del potencia utilizando el protocolo planteado por el AIS (Australian Institute of Sport), el cual en una sola valoración de aproximadamente 50 minutos implica realizar todas las pruebas. Hemos determinado en bases a datos recolectados previamente que realizar 5 segundos, 1 minuto, 30 segundos, 5 minutos, 10 minutos, disminuye notablemente las potencias medias obtenidas en las pruebas de 5 y 10 minutos, en comparación a cuando se realizan con el atleta “fresco”.

Otra de las limitaciones es que no se pudo valorar el  $\text{VO}_2$  máx. de los atletas de manera directa, ya que no contábamos con un analizador de gases. No obstante, la evidencia indica que la potencia en el  $\text{VO}_2$  máx. constituye un predictor más fuerte del rendimiento que el propio  $\text{VO}_2$  máx.

## **Perspectivas Futuras**

El análisis de los resultados de este trabajo, nos permitió conocer y comprender el perfil fisiológico y de rendimiento de los atletas que actualmente conforman la selección Nacional de Ciclismo de montaña, de especialidad XCO. Sin embargo, creemos que estos resultados deberían ser acompañados de algunos mas de crucial importancia.

Por ello, consideramos necesaria mas investigación con el objetivo de agregar variables claves como son el máximo consumo de oxígeno, medido con analizador de gases en forma directa, test de fuerza en sentadilla con encoder para extraer curvas de fuerza – velocidad y otras variables de importancia.

Adicionalmente, resultaría interesante conocer como es la producción de potencia del ciclista con competencia y poder comprar con la producción de potencia en laboratorio.

## Referencias Bibliográficas

- ❖ **AHREND, M., P, SCHNEEWEISS., U, THEOBALD., A, M, NIESS and I, KRAUSS. (2016) ).** Comparison of laboratory parameters of a mountain bike specific performance test and a simulated race performance in the field. *J. Sci. Cycl.* 5, 3–9.
- ❖ **ALLEN, H., & COGGAN, A. (2016).** Entrenar y Correr con Potenciometro. Colorado: Paidotribo.
- ❖ **BENETLEY, D. J., L. R . MCNAUGHTON., D . THOMPSON., V.E. VLECK and A. M. BATTERHAM. (2001).** Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclist. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Dec; 33 (12): 2077–81
- ❖ **BERTHON, P., FELLMANN, N., BEDU, M., BEAUNE, B., DABONNEVILLE, M., COUDERT, J & CHAMOUX, A (1997).** A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity.
- ❖ **BISHOP, D., D. G. JENKINS, and L. T. MACKINNON. (1998).** The relationship between plasma lactate parameters,  $W_{peak}$  and 1-h cycling performance in women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1270–1275.
- ❖ **BISHOP, D., D. G. JENKINS, M. MCENERY, and M. F. CAREY. (2000).** Relationship between plasma lactate parameters and muscle characteristics in female cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1088– 1093, 2000.
- ❖ **BROOKS, G. A. (1985).** Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine and science in sport and exercise* , 17 (1), 22- 31.
- ❖ **CHENG, B., KUIPERS, H., SNYDER, A., KEIZER, H., JEUKENDRUP, A., & HESSELINK, M. (1992).** A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine* , 13, 518-522.
- ❖ **CHICHARRO, J. L., J. HOYOS, and A. LUCIA. (2000)** Effects of endurance



training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *Br. J. Sports Med.* 34:450– 455.

- ❖ **COYLE, E. F., A. R. COGGAN, M. K. HOPPER, and T. J. WALTERS.** (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 64:2622–2630.
- ❖ **COYLE, E. F., M. E. FELTNER, S. A. KAUTZ, et al.** (1991) Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:93–107.
- ❖ **FORNASIERO, A., SAVOLDELLI, A., MODENA, R., BOCCIA, G., PELLEGRINI, B & SCHENA, F.** (2017). Physiological and anthropometric characteristics of top-level youth cross-country cyclist.
- ❖ **GLADDEN, L.** (2008). 200th anniversary of lactate research in muscle. *Exercise sport and science* , 36 (3), 109-115.
- ❖ **GONZALEZ BADILLO, J., AYESTERAN, E.** (2014). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza.* España: Editorial INDE
- ❖ **HAMILTON, L., MARTIN, D., ANSON, J., GRUNDY, D., & HAHN, A.** (2002). Características fisiológicas de ciclistas profesionales de mountain bike y de ruta exitosos. *Journal of Sports Sciences* .
- ❖ **HAWLEY, J.; BURKE, L.** (2000). ‘‘Rendimiento Deportivo Máximo’’. Barcelona. Editorial Paidotribo.
- ❖ **HETTINGA, F.J., KONING, J.J & FOSTER, C.** (2008). Vo2 response in supramaximal cycling time trial exercise of 750 to 4000m. *Medicine and science in sport & exercise.*
- ❖ **HOPKER, J., & JOBSON, S.** (2013). *Performance Cycling - The science of Success.* Boomsbury.
- ❖ **IMPELIZZERRI, F., & MARCORA, S.** (2007). The physiology of mountain biking. *Sports Medicine* , 39 (10), 59-71.
- ❖ **LEE H, MARTIN DT, ANSON JM, GRUNDY D, HAHN AG.** ( 2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Science.* 20(12):1001-1008.
- ❖ **LUCIA A, HOYOS J, CHICHARRO JL.** (2001). Physiology of professional

- road cycling. *Sports Medicine*. 31(5):325-337.
- ❖ **LUCIA A, PARDO J, DURANTEZ A, HOYOS J, CHICHARRO JL.** (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *International Journal of Sports Medicine*. 19(05):342-348.
  - ❖ **LUCIA, A., HOYOS, J., CARAVAJAL , A., & CHICHARRO, J.** (1999). Heart rate response to professional road cycling: The Tour de France. *International Journal of sports medicine* , 20, 167-172.
  - ❖ **LUCIA, A., J. PARDO, A. DURANTEZ, J. HOYOS, and J. L. CHICHARRO.** (1998) Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int. J. Sports Med*. 19:342–348.
  - ❖ **MALINA, R. M. (2006).** Antropometria. PubliCE Standard .
  - ❖ **MAZZA, J. C.** (1997). Acido Lactico y Ejercicio . *Actualizaciones en Ciencias del Deporte* , 4 (14).
  - ❖ **MUJIKA, I., & PADILLA, S.** (2001). Physiological and Performance Characteristics of Male Professional Road Cyclist. *Sport Medicine* , 31 (7), 479-487.
  - ❖ **NEWEL, J .; HIGGINS, D .; MADDEN,N .; CRUICKSHANK , J.; EINBECK J., MCMILLAN, K & MCDONALD, R** (2007): Software for calculating blood lactate endurance markers, *Journal of Sports Sciences*, 25:12, 1403-1409
  - ❖ **NORTON, K., & OLDS, T.** Antropometrica. (J. C. Mazza, Trad.) BYOSISTEM servicio educativo.
  - ❖ **NOVAK, A., BENNETT, K., PLUSS, M., FRANSEN, J., WATSFORD, M., & DASCOMBE, B.** (2017). Power profile of competitive and non-competitive mountain bikers. *Journal of Strength and Conditioning Research* .
  - ❖ **PADILLA, S., MUJIKA, I., & CUESTA, G.** (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Medicine Science Sports Exercise* , 31 (6), 878-85.
  - ❖ **PADILLA, S., MUJIKA, I., ORGANANOS, J., & ANGULO, F.** (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine & science in sports & exercise* , 32 (4), 850-855.

- ❖ **QUOD, M., MARTIN, D., MARTIN, J., & LAURSEN, P.** (2010). The Power Profile Predicts Road Cycling MMP. *International Journal of Sports Medicine* .
- ❖ **SWAIN, D.P** (1994). The influence of body mass in endurance bicycling. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(1), 58-63.
- ❖ **TANNER, R. K., & GORE, C. J.** (2013). *Physiological test of elite athletes*. (A. I. Sport, Ed.) United State of America: Human Kinetics.
- ❖ The oficial website of the ATHENS 2004 olympic games. (2004). Obtenido de athens2004: <http://www.athens2004.com>
- ❖ **THODEN, J.S.** 1991. Testing aerobic power. In: J.D. Mac- Dougall, H.A. Wenger, and H.J. Green (eds). *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. Champaign, IL: Human Kinetics, pp 107-174.