



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CAMBIOS EN EL UMBRAL ANAERÓBICO EN CICLISTAS DE MONTAÑA
AMATEUR, DESPUÉS DE OCHO SEMANAS DE ENTRENAMIENTO DE
FUERZA DE MIEMBROS INFERIORES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Licenciado en Fisioterapia.

Profesor guía

Dr. Diego Jirón.

Autor

Cristian Raúl Armas Uscátegui.

Año

2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Dr. Diego Jirón

c.c 1716810773

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Cristian Raúl Armas Uscátegui

c.c 1716536782

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su sacrificio y fuerza.

A mis abuelos por su apoyo incondicional.

A Fernanda por su amor y comprensión para la participación en las carreras de ciclismo de montaña.

A mi bicicleta por enseñarme a ser libre.

DEDICATORIA

Al área de Fisioterapia por enseñarme a amar la extraordinaria máquina del cuerpo humano.

A todo ciclista de montaña.

A los miembros del Club de Aventura por su amistad y permitirme vivir un mundo lleno de adrenalina.

RESUMEN

El ciclismo de montaña se caracteriza en que el ciclista a más de depender de su resistencia física, necesita fuerza y potencia muscular en sus miembros inferiores para llevar a cabo las exigencias de este deporte. En este trabajo se analizará los efectos de un entrenamiento de fuerza para miembros inferiores sobre el umbral anaeróbico de los ciclistas amateur de montaña.

Doce ciclistas repartidos en dos grupos de seis participaron en esta investigación. El primer grupo (control) realizó un entrenamiento dirigido a mejorar la resistencia y el segundo grupo (estudio), además del entrenamiento para mejorar la resistencia, se sometió a un entrenamiento para mejorar la fuerza de los miembros inferiores utilizando tres ejercicios: Sentadillas, Zancadas y el Press de Piernas. Los entrenamientos fueron realizados en dieciséis sesiones divididas en ocho semanas.

El umbral anaeróbico de cada ciclista fue medido utilizando la prueba de esfuerzo máximo conocida como el Test de Conconi. Esta prueba relaciona el aumento de la intensidad del trabajo con la frecuencia cardíaca buscando un punto de inflexión, el cual nos indica el umbral anaeróbico. El test se lo realizó antes y después de los entrenamientos

Los resultados mostraron que el grupo estudio aumentó la fuerza de sus miembros inferiores en un 30% después de las ocho semanas de entrenamiento. Este grupo tuvo una mejor adaptación fisiológica con un aumento promedio de 8.83 pulsaciones en su umbral anaeróbico, siendo este cambio un 98.8% mayor al del grupo control.

En conclusión un programa de entrenamiento de fuerza para miembros inferiores aumenta el umbral anaeróbico, siendo este un referente del rendimiento de los ciclistas amateur de montaña. Por esta razón se recomienda añadir un programa de entrenamiento de fuerza a los ciclistas amateur.

Palabras clave: ciclista amateur, umbral anaeróbico, entrenamiento de fuerza, Test de Conconi.

ABSTRACT

Mountain biking is known not only by the resistance but by the muscular strength and potency that cyclists need. This project analyses what a lower limb strength training does to the anaerobic threshold in amateur mountain cyclists.

Twelve amateur cyclists participated in this study. They were divided in two groups of six persons each. The first group (control group) trained towards improving their resistance and the second group (study group) trained their resistance and also participated in a lower limb strength training program using three exercises: Squats, Lunges and Leg Press. These trainings were organized in sixteen sessions during a period of eight weeks.

The anaerobic threshold was measured by using the Conconi's Test. This maximal endurance test finds a relationship between the heart rate and the intensity of the workout. The cyclists will undergo this endurance test once before starting the training and once again after finishing it.

The results show that the study group gained 30% more strength in their lower limbs after the eight weeks of training. This group had a better physiological adaptation raising their anaerobic threshold in 8.83 beats per minute in their heart rate; this result doubles the outcome of the control group.

In conclusion, lower limb strength training improves the anaerobic threshold in amateur mountain cyclists. Being the anaerobic threshold a reference point of the cyclist's performance, it is recommended to add a strength training program to the normal training.

Key words: amateur mountain biker, anaerobic threshold, lower limb strength training, Conconi's Test.

ÍNDICE

1. CAPITULO I. EL PROBLEMA.....	2
1.1 Formulación del problema.....	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Fundamentación Teórica	5
2.2.1 El ciclismo.....	5
2.2.2 Biomecánica del ciclismo.....	9
2.2.3 Fisiología del ciclismo.....	15
2.2.4 Bases del acondicionamiento físico en el ciclismo	22
2.2.5 Umbral anaeróbico.....	26
2.2.6 Test de Conconi.....	29
2.2.7 Entrenamiento para ciclistas.....	32
2.3 Hipótesis.....	39
3. CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	41
3.1 Métodos y materiales.....	41
3.1.1 Tipo de estudio	41
3.1.2 Sujetos.....	41
3.1.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	42
3.1.4 Materiales y métodos.....	42
3.2 Procedimiento experimental.....	44
3.3 Análisis de datos.....	44
4. CAPITULO IV. RESULTADOS	45

4.1 Resultados del Test antropométrico.....	45
4.2 Resultados Test de Conconi y umbral anaeróbico	47
Discusión.....	49
Conclusiones.....	51
Recomendaciones	52
Referencias	53
Anexos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de la bicicleta de montaña	8
Figura 2. Fuerzas que afectan al ciclista	9
Figura 3. Medida del tubo vertical de la bicicleta.....	11
Figura 4. Posición del ciclista	12
Figura 5. Goniometría para elegir la altura del sillín de la bicicleta	13
Figura 6. Altura del sillín.....	14
Figura 7. Posición del sillín.....	14
Figura 8. Fases y fuerza del pedaleo	16
Figura 9. Fases del pedaleo.....	16
Figura 10. Músculos utilizados en el ciclismo.....	20
Figura 11. Características de los diferentes tipos de fibras musculares.....	21
Figura 12. Tipos de metabolismo en ciclismo de montaña.....	25
Figura 13. Umbral anaeróbico según la medición de lactato en sangre.....	28
Figura 14. Cambios en el perímetro muscular.....	46
Figura 15. Resultados de los cambios en el umbral anaeróbico por grupo en pre-entrenamiento y post-entrenamiento.....	48
Figura 16. Sistema Tacx Fortius.....	60
Figura 17. Asistencia al entrenamiento de resistencia	63
Figura 18. Progreso del entrenamiento de fuerza	65
Figura 19. Aumento de fuerza Grupo estudio.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Articulaciones que participan en las fases del pedaleo	17
Tabla 2. Músculos utilizados en las fases del pedaleo	19
Tabla 3. Porcentajes de fibras según la actividad	21
Tabla 4. Ventajas y desventajas del Test de Conconi.....	31
Tabla 5. Instrumentos requeridos para el Test de Conconi.....	31
Tabla 6. Resultados del test antropométrico pre-entrenamiento y post- entrenamiento.....	45
Tabla 7. Entrenamiento de resistencia	62
Tabla 8. Plan de entrenamiento de fuerza por semanas.....	68
Tabla 9. Resultados de los cambios en el perímetro muscular de muslo en ciclistas del grupo estudio.....	80

INTRODUCCION:

El presente trabajo se enfocó en el ciclismo de montaña, un deporte que crece a gran escala en el Ecuador, pues es el país ideal para la práctica de este deporte gracias a sus condiciones geográficas.

En esta tesis se revisa los aspectos: anatómicos, fisiológicos y biomecánicos del ciclismo de montaña, analizando cómo éstos pueden influir en el entrenamiento y éste a su vez promover cambios sustanciales para mejorar el rendimiento.

Se hace relación con estudios internacionales semejantes que buscan mejorar el rendimiento de ciclistas mediante el entrenamiento de fuerza, midiendo diferentes variables en pruebas de esfuerzo.

En este trabajo se busca medir el umbral anaeróbico de doce ciclistas amateur utilizando la prueba de esfuerzo máxima e indirecta denominada Test de Conconi y analizar, si esta variable se modifica de diferente manera en seis ciclistas que a más de entrenar su resistencia, realizaron ocho semanas de entrenamiento de fuerza de los miembros inferiores.

Al finalizar se demuestra el aumento de la fuerza de miembros inferiores del grupo estudio y los cambios en el umbral anaeróbico de cada ciclista tanto del grupo control como del grupo estudio, mostrando y comparando la diferencia de resultados entre grupos. Demostrando así qué grupo muestra mayor cambio en su umbral anaeróbico.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

El ciclismo de montaña, ciclismo a campo traviesa o Cross Country se diferencia de otros tipos de ciclismo por su desempeño en terrenos irregulares en donde el ciclista utiliza a más de su resistencia su fuerza y potencia muscular.

Uno de los mayores problemas en la práctica deportiva amateur del ciclismo de montaña, es que el ciclista entrena exclusivamente su resistencia. Este tipo de entrenamiento limita el desarrollo de otras capacidades como la fuerza y la potencia, lo que impide que el ciclista alcance su máximo potencial, afectando así su rendimiento.

El ciclismo de montaña fue aprobado como deporte olímpico en el año 1996 por el Comité Olímpico Internacional (COI) en los juegos olímpicos de Atlanta, esto lo vuelve un deporte prácticamente nuevo y poco estudiado. Por esta razón la mayoría de estudios utilizan al ciclismo de ruta como referencia. Así las características que diferencian al ciclismo de montaña no han sido suficientemente estudiadas.

En esta tesis nos enfocaremos en el estudio del ciclismo de montaña, específicamente en estudiar si *¿el entrenamiento de fuerza de los miembros inferiores durante ocho semanas produce cambios en el umbral anaeróbico en ciclistas de montaña amateur?*

En el Ecuador, en la Provincia de Pichincha, la práctica del ciclismo de montaña aumenta notablemente. Cientos de ciclistas participan en más de treinta carreras organizadas durante el año, específicamente en la ciudad de Quito y sus alrededores. Esto ha dado lugar a que ciclistas novatos o amateur puedan competir y ser parte de este deporte.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Verificar si el entrenamiento de fuerza de los miembros inferiores genera cambios en el umbral anaeróbico, mediante la evaluación del Test de Conconi, en ciclistas de montaña amateur.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el perímetro muscular del muslo de los ciclistas por antropometría antes y después del entrenamiento de fuerza de ocho semanas.
- Medir el Umbral anaeróbico de cada ciclista utilizando el Test de Conconi, antes y después de los entrenamientos.
- Desarrollar un programa de entrenamiento de fuerza para miembros inferiores adaptado al ciclista de montaña.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

El Ministerio del Deporte del Ecuador tiene como uno de sus objetivos: *"Impulsar la investigación científica y de las ciencias aplicadas al deporte"*, sin embargo lamentablemente no existen estudios nacionales para la mejora del rendimiento de ciclistas del país.

Se puede aprovechar investigaciones realizadas en otros países que apoyen y fundamenten esta investigación, tomando en cuenta que la mayoría de estudios utilizan sujetos y artículos de ciclismo de ruta.

En el 2005, en la ciudad de Queensland, Australia, el estudio de Lovelees y Weber demuestra que, en ciclistas no entrenados o amateur, un entrenamiento de fuerza de ocho semanas mejora notablemente el rendimiento de los sujetos midiendo su VO₂max (otro indicador del rendimiento). Un estudio similar pero realizado con ciclistas experimentados, demuestra que doce semanas de entrenamiento de fuerza mejora significativamente el rendimiento de los ciclistas medido en el tiempo de carrera (Ronnestad, 2011, pp.2-3).

Edmund Burke (1983, pp.6), ciclista, deportólogo y autor de varios libros de ciclismo refiere que: "un entrenamiento de fuerza, es obligatorio para ciclistas que quieren alcanzar su máximo potencial".

Con el fin de verificar si un entrenamiento de fuerza repercute en el umbral anaeróbico de los ciclistas amateur, se desarrollará un programa de entrenamiento para mejorar la fuerza de los miembros inferiores y se utilizará al umbral anaeróbico como referente del rendimiento. El umbral anaeróbico será medido a través de la aplicación del Test de Conconi.

Los resultados de este estudio ayudarán a gran cantidad de ciclistas de montaña amateur y a ampliar el campo de la investigación en lo que concierne al ciclismo de montaña específicamente.

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 El ciclismo

El ciclismo es una actividad física donde se utiliza una bicicleta para recorrer una distancia; siendo también una de las actividades recreativas y el deporte más practicado en el mundo.

Este deporte integra diferentes especialidades tales como: ciclismo en ruta, ciclismo en sala, Cross Country, Bmx y Trial, todos estos se diferencian por el tipo de bicicleta, las distancias, terrenos y reglas a seguir. En este trabajo se analizará el ciclismo a campo traviesa o Cross Country.

El Cross Country es una división del ciclismo de montaña que a su vez se divide en dos grupos: el Cross Country Maratón donde se compite en recorridos mayores a 40 kilómetros y el Cross Country Olímpico donde se compite en circuitos de entre cinco a nueve kilómetros (UCI, 2013). La competencia se desarrolla al aire libre en todo tipo de terreno con ascensos, descensos y obstáculos naturales.

El Cross Country se diferencia de otros estilos de ciclismo, en especial del de ruta, por el tipo de bicicleta que se utiliza, los circuitos en que se compite y los terrenos en que se desarrollan las competencias.

Para entender a profundidad el ámbito en el que se desarrolla este deporte y sus características, se estudiará el origen de este deporte.

2.2.1.1 Historia del ciclismo de montaña

El Cross Country, nace por la necesidad de la gente de transportarse en terrenos sinuosos, usando uno de los medios de transporte más utilizados: la bicicleta. Las raíces de este deporte aparecen desde el año 1895 donde Ignaz Schiwmm busca construir un modelo de bicicleta lo suficientemente resistente, para soportar la irregularidad y obstáculos de terrenos naturales como el bosque o la montaña. Para los años ochenta en California, Estados Unidos, se

empieza a estudiar la geometría de la bicicleta de montaña y se inicia la construcción de bicicletas, con materiales livianos y resistentes. Materiales como el aluminio y el carbón son los principalmente utilizados en la construcción de bicicletas para ciclismo de montaña en la actualidad (Gonzales, 2008).

El primer mundial de ciclismo de montaña se realizó en 1990 y es solamente en 1996 en las olimpiadas de Atlanta, Georgia, donde el ciclismo de montaña fue es tomado como deporte olímpico por el Comité Olímpico Internacional (COI). Desde los años noventa el Cross Country, es la disciplina que recibe la mayor participación mundial, tanto recreativa como competitiva.

Impellizzeri (2007) en su artículo de fisiología del ciclismo, señala que *“Cuando se comparan las competencias de Cross Country con las competencias de otro tipo de ciclismo, queda claro que la intensidad del ejercicio es mayor en el Cross country”*, es por esto que, esta disciplina debe ser estudiada de manera específica y el entrenamiento para desarrollarla será diferente a otros tipos de ciclismo.

2.2.1.2 Ciclismo de montaña en el Ecuador

El Ecuador gracias a su ubicación geográfica e infinitas variedades de fauna, montañas, bosques, valles, ríos, nevados, es el lugar perfecto para la práctica del ciclismo de montaña.

La Federación Ecuatoriana de Ciclismo y su Comisión de Ciclismo de Montaña son las encargadas de fomentar y regular este deporte bajo los reglamentos de la Unión Ciclística Internacional (UCI) y de La Unión Sudamericana de Ciclismo (USC).

En el país la práctica de ese deporte crece rápidamente, organizándose más de veinte carreras al año donde se reúnen a más de dos mil ciclistas de diferentes categorías. Desde el año 2003, el número de ciclistas ha aumentado

aproximadamente en un 20% por año (Proyecto Aventura, 2013). Esto da paso a que cientos de ciclistas novatos o amateurs participen en competencias, abriéndose de esta manera vías al mundo del ciclismo de montaña.

2.2.1.3 La bicicleta de montaña

Existen dos tipos de bicicleta de montaña: el primer tipo son las “rígidas”, bicicletas que poseen un marco sólido con sistema de suspensión delantero únicamente. El segundo tipo son las “dobles”, en las cuales el cuadro posee un sistema de suspensión extra en la parte posterior.

Para este estudio utilizaremos una bicicleta de tipo rígido por ser el más utilizado en el Cross Country. A continuación detallaremos las partes de una bicicleta rígida.

La bicicleta consta de: (Roberts, 2003, pp.14)

- Cuadro: armazón de la bicicleta
- Ruedas: ruedas labradas para generar tracción en cualquier terreno.
- Tren delantero o tenedor: suspensión hidráulica o de aire delantera.
- Pedalier: también llamadas bielas, serán las palancas con los pedales.
- Cadena: unión de eslabones que encajan en los dientes de los piñones
- Piñones: platos de diferentes tamaños con diferente número de dientes, que con la tracción de la cadena moverán la rueda posterior

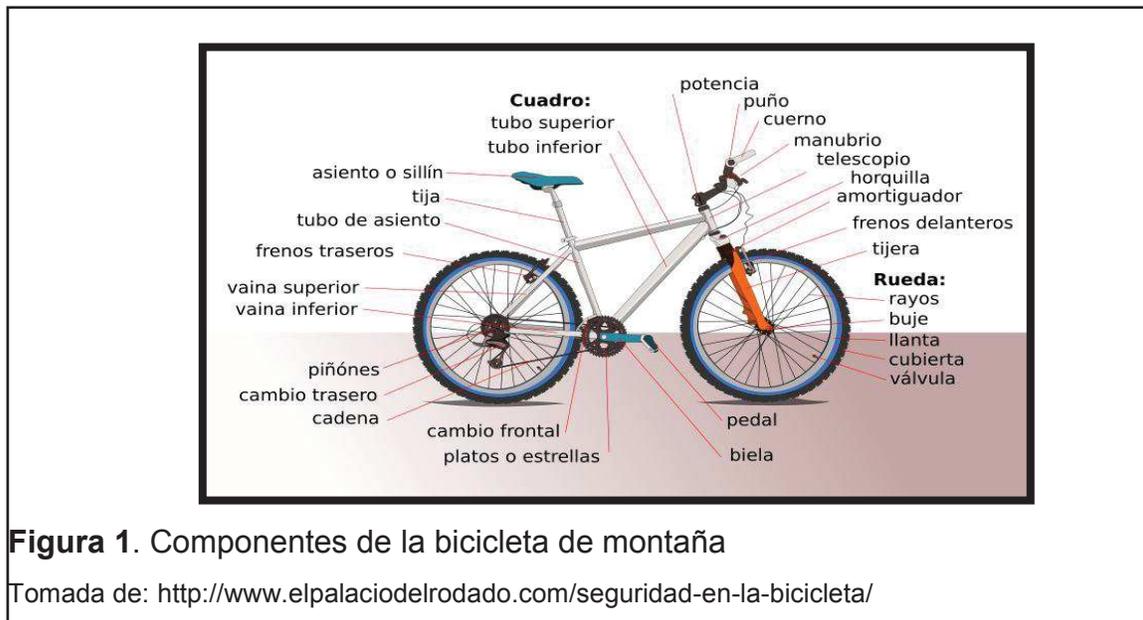


Figura 1. Componentes de la bicicleta de montaña

Tomada de: <http://www.elpalaciodelrodado.com/seguridad-en-la-bicicleta/>

Equipo: El equipo necesario para el ciclismo de montaña ha evolucionado últimamente, pues se han diseñado y creado ropas y accesorios que ayudan al ciclista en su desempeño, siendo su uso obligatorio en las competencias.

- Casco: equipo obligatorio que protege a la cabeza de posibles traumas en caso de caídas.
- Guantes: para protección de las manos.
- Clips o trabas: zapato especial adaptado para encajar en el pedal tipo clip.

Conociendo las partes de una bicicleta y el equipo necesario para utilizarla, a continuación se desarrolla el estudio de cómo funciona el ciclismo:

Castellote (2009) en su archivo de biomecánica de la extremidad inferior en el ciclista, refiere que *“La posición del ciclista sobre la bicicleta y la actuación de los grupos musculares en cada fase del pedaleo determinarán el rendimiento deportivo”*. Por esta razón se toma en cuenta diferentes factores que intervienen en el ciclismo.

2.2.2 Biomecánica del ciclismo

La biomecánica es el estudio de las fuerzas y sus efectos en los cuerpos (Suarez, 2011 pp.16).

En el ciclismo existen cinco fuerzas en contra que el ciclista tiene que vencer para generar movimiento: la fuerza de la gravedad, el peso sumado de la bicicleta y el ciclista, la fricción del suelo, la tracción de las llantas y la resistencia que genera el viento (Izquierdo, 2008 pp.227).



Teniendo el ciclista todas estas fuerzas en contra de su movimiento para avanzar, se encuentra en la necesidad de una fuerza que venza a las mismas para generar y mantener el movimiento en su bicicleta. Esta fuerza estará dada por la contracción de la musculatura de los miembros inferiores del ciclista que pondrán presión sobre una palanca ubicada en los pedales y las bielas de la bicicleta lo que generará la fuerza que inicia y mantiene el movimiento. Esta acción es conocida como “el pedaleo”.

Para entender el ciclismo de montaña se debe estudiar una serie de factores que intervienen en el desarrollo de esta actividad y cómo estos favorecen al ciclista en el desempeño de su actividad:

- **Tamaño de la bicicleta:** el correcto tamaño de la bicicleta favorece la aplicación de fuerza del ciclista sobre la misma y mejora la posición del ciclista.
- **Posición del ciclista:** una correcta posición favorece el ahorro de energía para el ciclista y disminuye la posibilidad de lesiones.
- **Altura del sillín de la bicicleta:** la correcta altura del sillín favorece la producción de fuerza de los miembros inferiores del ciclista sobre los pedales.
- **Posición del sillín:** colocación del sillín acercará o alejará al ciclista del manubrio, alterando la posición del tronco y miembros superiores

Cada uno de estos factores se estudia a continuación.

2.2.2.1 Posición del ciclista y tamaño de la bicicleta

De la posición del ciclista sobre la bicicleta depende en gran manera su desenvolvimiento en este deporte; la posición dependerá del tamaño del tronco, miembros inferiores y superiores del ciclista; en relación con el tamaño de la bicicleta. Considerando lo señalado, se aprovecha el siguiente pronunciamiento:

“Es muy difícil dar datos fijos que sean válidos para todas las personas, debido a que las medidas corporales varían de unos a otros individuos. Una persona puede ser de idéntica estatura a otra, pero sus medidas de piernas, brazos, tronco, etc. ser muy diferentes, por lo que dar unas pautas absolutas para aplicar al cálculo de la talla no es posible, ni tampoco recomendable” (Sánchez, 2013). Por la cantidad de factores que pueden variar en la selección de un tamaño apropiado de la bicicleta se recomienda adquirir un cuadro para

la altura del ciclista y adaptarla con la distancia del manubrio y la posición del sillín, temas que se considerarán en el escrito.

Es por esto que el tamaño de la bicicleta depende de la marca del fabricante y de la clasificación de las medidas; algunas marcas clasifican las tallas de sus marcos según la longitud en pulgadas del tubo vertical, variando entre 15 hasta 19 pulgadas. Otras marcas presentan tallas de cuadros small, medium y large.

Una forma muy subjetiva de elegir una talla de marco apropiada es que exista entre tres a seis centímetros de distancia entre el tubo horizontal y la entrepierna del ciclista, cuando éste está parado sobre la bicicleta. Esta es una referencia más de protección para el ciclista, puesto que si éste tiene que parar forzosamente, existe menos probabilidad de sufrir un trauma en la zona del pubis.

En la actualidad, los estudios biomecánicos han mostrado que existe una medida especial del tubo vertical para elegir la medida del marco. Siendo éste el 50% de la medida que se obtiene desde el suelo hasta la sínfisis de pubis del ciclista estando de pie, entonces esta medida multiplicada por 0.5 deberá aproximarse al tamaño del tubo vertical de la bicicleta, como señala la figura 3: este valor debe ser igual a la medida del segmento "A".

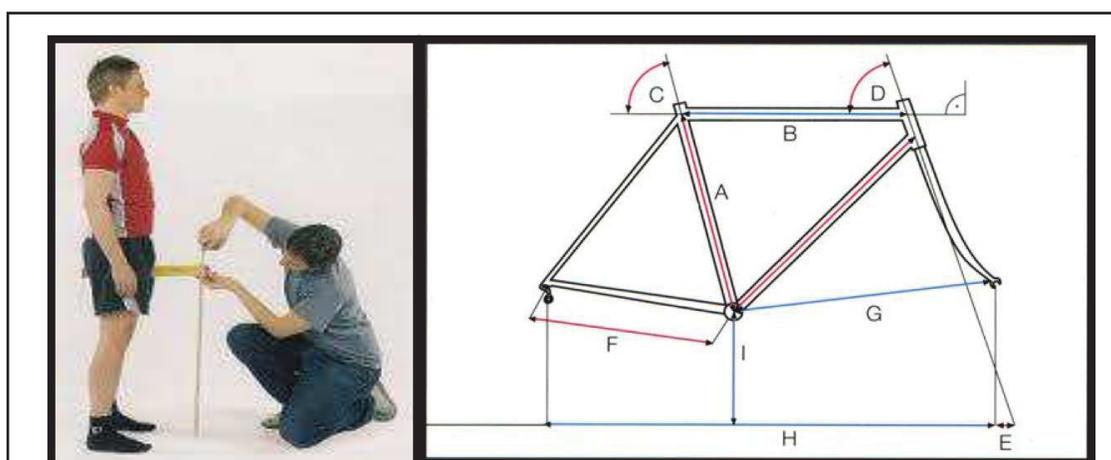


Figura 3. Medida del tubo vertical de la bicicleta

Tomada de: <http://paguansport.blogspot.com/2011/11/mtb-altura-del-sillin.html>.

Conociendo el tamaño correcto de la bicicleta, se debe buscar una posición cómoda para el tronco y columna del ciclista, esta posición, se acomoda según la altura del manubrio y la posición del sillín. La mejor posición para el ciclista es cuando el eje del tronco y el del suelo forman un ángulo de cuarenta y cinco grados aproximadamente, dando así una posición cómoda para el tronco y los miembros superiores.



Esta posición puede variar según diferentes aspectos a tomar en cuenta a continuación.

2.2.2.2 Altura del sillín

La altura del sillín es un factor indispensable que debe tomarse en cuenta en el ciclismo. Estudios biomecánicos han demostrado que la altura incorrecta a más de alterar el rendimiento del ciclista puede producir lesiones físicas, especialmente en la articulación de la rodilla.

Este factor tiene un gran impacto en la producción de fuerza por parte de las piernas el ciclista. Mientras menos sea la altura mayor será la flexión de rodilla obligando a la musculatura a gastar mayor cantidad de energía.

Una pauta para elegir la altura del sillón es según la medida goniométrica de la articulación de la rodilla, donde en el punto inferior del pedaleo se busca que la rodilla tenga entre 25 a 35 grados de flexión (Baker, 2002, pp.141-144).



Figura 5. Goniometría para elegir la altura del sillón de la bicicleta

Tomada de: <http://comunidadciclismo.com/la-postura-sobre-la-bicicleta/>

Una forma más objetiva para la elección de la altura correcta del sillón es tomar la medida de la entropierna como vimos en el subcapítulo anterior, para lo cual se aplica la siguiente formula:

$$\text{Altura del sillón} = \text{altura de la entropierna (cm)} \times 0.885$$

(Ecuación 1: Altura del sillón de la bicicleta)

Esta medida será la utilizada para elevar el sillón dependiendo a la medida de cada ciclista.



Figura 6. Altura del sillín.

Tomada de: Tomada de: <http://paguansport.blogspot.com/2011/11/mtb-altura-del-sillin.html>.

2.2.2.3 Posición del sillín

Otro factor que altera la posición del ciclista sobre la bicicleta es la posición del sillín en el plano horizontal, cambiando la distancia del ciclista respecto al manubrio de la bicicleta. La posición del sillín es un factor muy importante en el desempeño del ciclista. Para un mejor pedaleo y un mejor uso de la musculatura se posiciona el sillín buscando una posición cómoda para las rodillas, basándose en un eje vertical donde la rodilla no pase el nivel del pedal cuando este se halle en el punto más frontal en un plano sagital (Castellote, 2009, pp 2). Como se indica en la figura 7.



Figura 7. Posición del sillín

Tomada de: <http://purobike.wordpress.com/tips-y-entrenamiento/postura-en-la-bici/>

Conociendo y tomando en cuenta estos factores que pueden afectar el rendimiento del ciclista, estudiaremos a continuación la fisiología del ciclismo.

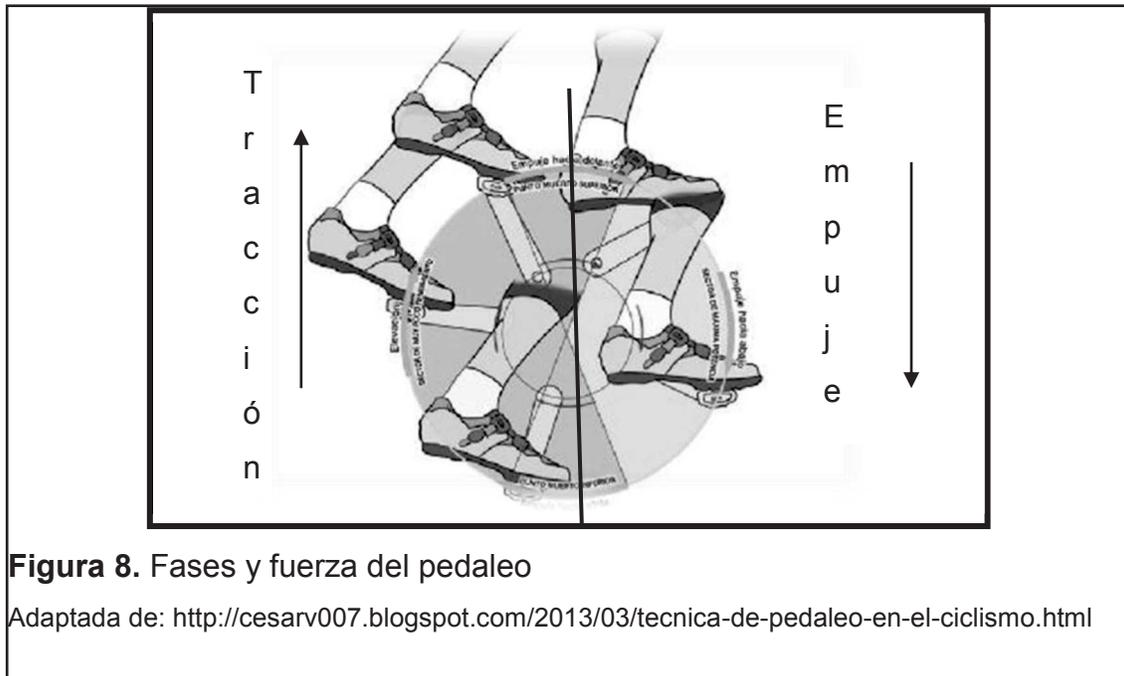
2.2.3 Fisiología del ciclismo

Otro aspecto importante a señalar es la fisiología, siendo esta la ciencia que estudia las funciones del organismo y su relación con las actividades puesto que aquí se da la relación entre la función que realiza el ser humano y la bicicleta.

Al estar la pelvis asentada y prácticamente fija sobre el asiento de la bicicleta, deja a cargo a los miembros inferiores para producir la energía mecánica que empuja a los pedales generando un movimiento a los piñones y a la rueda posterior que produce el movimiento de la bicicleta.

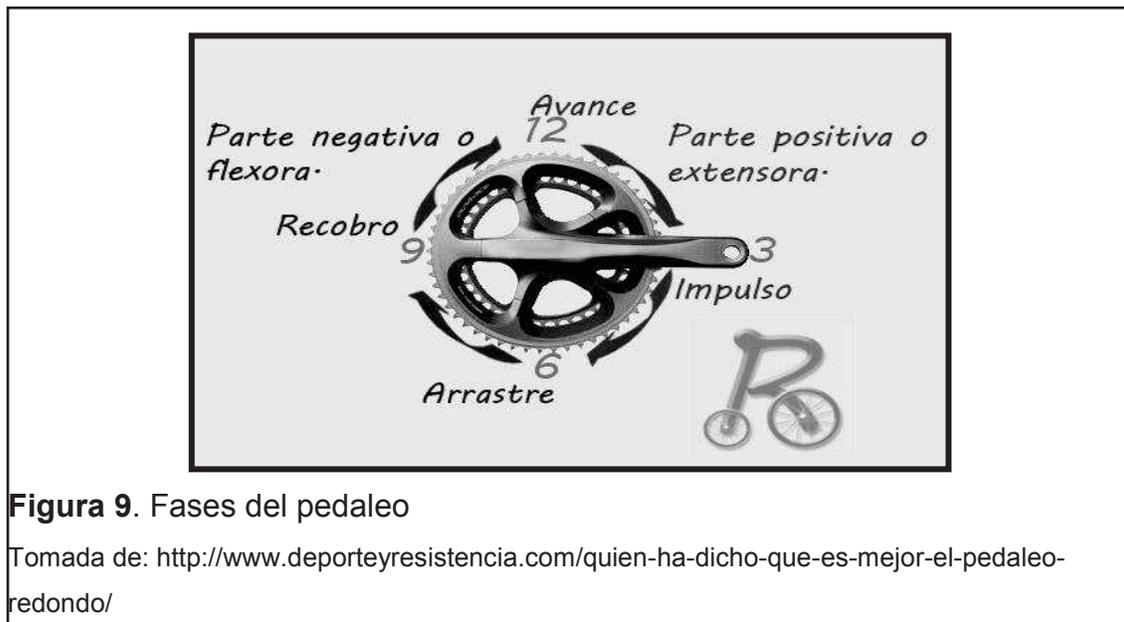
2.2.3.1 El pedaleo

El pedaleo es el movimiento que realizan los miembros inferiores sobre los pedales, cabe recalcar que la mecánica del pedaleo no cambia en ningún tipo de ciclismo. El pedal y la biela forman un movimiento circular uniforme con un radio del tamaño de la biela. Si dividimos a este círculo por la mitad, marcaremos dos fases del pedaleo; como se muestra en la siguiente figura.



Dentro de estas fases actuarán dos fuerzas que moverán los pedales.

Como se observa en la figura 9, del punto 12 al 6 en dirección horaria se da la fase de impulso y del punto 6 al 12 pasando por el punto 9 se da la fase de recobro o tracción.



Para completar cada una de estas fases, se generarán dos fuerzas:

- Fuerza de impulso: se presenta en la fase de empuje o impulso donde el miembro inferior se extiende generando una fuerza que empuja el pedal y la biela hasta su punto más bajo.
- Fuerza de recobro o tracción: es una fuerza menor, casi pasiva puesto que el empuje del pedal contra lateral recibe la fuerza de empuje al mismo tiempo.

La musculatura de los miembros inferiores actúa en estas dos fases del pedaleo (Pons, 2007), ciertos músculos en la fase de extensión de la pierna o de empuje, fase muy natural y fácil de aprovechar y otros músculos trabajarán en la segunda fase de tracción o flexión, la cual es plenamente pasiva y aporta con poca fuerza al pedaleo.

Como indican las flechas en la figura 8, en el empuje la pierna impulsará el pedal hacia abajo, en la tracción con sistema de clip entre el zapato y el pedal la pierna tracciona el pedal hacia arriba.

Con estas dos fases se estudia qué articulaciones y que músculos trabajan durante la acción del pedaleo para generar la fuerza que iniciará el movimiento.

Tabla 1. Articulaciones que participan en las fases del pedaleo

Articulación:	Empuje	Tracción
Cadera : Puesto que la posición del tronco varía, se mide desde un plano horizontal.	De 15 a 60 grados	De 60 a 15 gados
Rodilla : Ángulo entre el fémur y la tibia	Hasta 149 grados de extensión	Hasta 82 grados de flexión (Comunidadciclismo, sf)
Tobillo : De la posición neutra de 90 grados	Hasta 25 grados de planti-flexión	Hasta 20 grados de planti-flexión

Nota: Estos valores son aproximados y varían según el ciclista, la altura del asiento y el tamaño de las bielas.

2.2.3.2 Musculatura utilizada en el ciclismo

Al ser responsable de generar el movimiento, es necesario estudiar al músculo. El músculo es un órgano que posee la propiedad de contraerse. Existen tres variedades de músculos: el cardíaco, el liso y el esquelético (Moore, 2007, pp.30). Este estudio se centra en el músculo esquelético ya que es el utilizado por el ciclista.

Los músculos esqueléticos están comandados por el Sistema Nervioso Central, constituyen un 40% del peso corporal. Su función primaria es generar movimiento mediante su capacidad para contraerse y relajarse de forma controlada gracias a la posibilidad de transformar energía química en energía mecánica (López, 2008, pp. 81).

Estos son los principales músculos utilizados en el ciclismo para el movimiento del miembro inferior en el plano sagital.

Tabla 2. Músculos utilizados en las fases del pedaleo.

Músculo	Fase de empuje	Fase de tracción
<p>Psoas: Origen: cuerpos de t12 y L1 a L5, cresta iliaca Inserción: trocante menor del fémur.</p>	<p>Antagonista</p>	<p>Flexiona la cadera Agonista Realiza el 60 % de la tracción.</p>
<p>Cuádriceps: -Músculo recto femoral. Se origina en la espina ilíaca antero inferior y ceja cotiloidea -Músculo vasto medial: va desde la parte distal (extremo medial inferior) de la línea intertrocantérea hasta el labio medial de la línea áspera -Músculo vasto lateral: Se origina en la parte superior de la línea intertrocantérea, en el trocánter mayor -Músculo vasto intermedio: Se origina en los dos tercios superiores de las caras anterior y lateral del fémur. Inserción: los cuatro músculos se conectan en la rótula se insertan en la espina tibial.</p>	<p>Extiende la rodilla Agonista Realiza el 75 % del empuje</p>	<p>Antagonista</p>
<p>Glúteo mayor: Origen: cresta ilíaca Inserción: en el tracto iliotibial</p>	<p>Extiende la cadera Agonista, Realiza el 25% del empuje</p>	<p>Antagonista</p>
<p>Isquiotibiales: Origen: isquion de la pelvis Inserción: mesetas tibiales</p>	<p>Antagonista</p>	<p>Flexionan la rodilla Agonista. Realiza el 40% de la tracción.</p>
<p>Gemelos y soleo: Origen: cóndilos femorales y tibia Inserción: hueso calcáneo</p>	<p>Mantienen el tobillo estable</p>	<p>Mantienen el tobillo</p>
<p>Tibial anterior: Origen: parte lateral o externa de la tibia Inserción: hueso cuneiforme</p>	<p>Mantienen el tobillo estable</p>	<p>Mantienen el tobillo estable</p>

Como se observa en la figura 10, estos son los principales músculos utilizados por el ciclista y actúan dependiendo la fase del pedaleo.

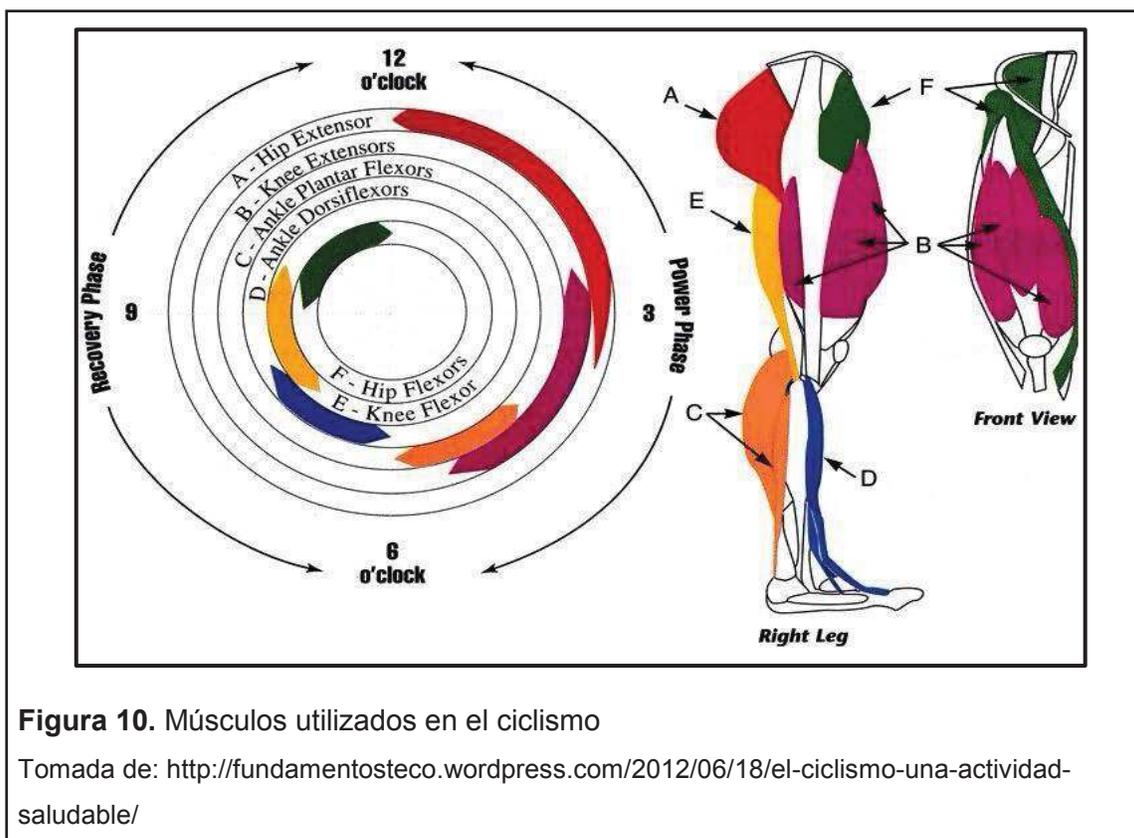


Figura 10. Músculos utilizados en el ciclismo

Tomada de: <http://fundamentosteco.wordpress.com/2012/06/18/el-ciclismo-una-actividad-saludable/>

2.2.3.3 Tipos de fibras musculares

Como señala López (2008, pp. 96) "Aunque en el músculo predomine un tipo de fibra, todos los músculos del ser humano están formados por una mezcla de varios tipos de fibras". El músculo esquelético está formado por diferentes tipos de fibras musculares, caracterizados por su forma, velocidad de reacción y fuente energética: López nos explica claramente las características de cada tipo en el siguiente cuadro

Tabla 1 Principales características diferenciadoras de los distintos tipos metabólicos de fibras musculares			
	Lentas (tipo I)	Intermedias (tipo IIA)	Rápidas (tipo IIX)
Diámetro	Intermedio	Grande	Pequeño
Grosor de línea Z	Ancho	Intermedio	Estrecho
Contenido de glucógeno	Bajo	Intermedio	Alto
Resistencia a la fatiga	Alta	Intermedia	Baja
Capilares	Muchos	Muchos	Pocos
Contenido de mioglobina	Alto	Alto	Baja
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Actividad ATPasa	Baja	Alta	Alta
Sistema energético predominante	Aeróbico	Combinado	Anaeróbico
Motoneurona	Pequeña	Grande	Grande
Descarga	Baja	Alta	Alta

Figura 11. Características de los diferentes tipos de fibras musculares
Tomada de: (López. 2008, pp. 92)

El número de fibras musculares esta dado desde el nacimiento, aún se habla del cambio de tipo de fibras que se puede dar por el entrenamiento, pero esta teoría aún no está confirmada.

Dependiendo de la actividad y el entrenamiento la musculatura presenta diferente porcentaje de los tipos de fibras musculares, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3. Porcentajes de fibras según la actividad

DEPORTE	% FIBRA TIPO I	% FIBRA TIPO II
FONDO	50-90	10-40
VELOCIDAD	25-45	55-75
LEVANTAMIENTO DE PESAS	45-55	45-55
SEDENTARIOS	47-53	47-53

Tomada de: (López 2009, pp. 96)

Esto conlleva a estudiar un grupo de fibras llamadas híbridas, las cuales poseen características mixtas, según el entrenamiento y la adaptación muscular pueden ayudar a las fibras tipo I o II. Entonces si queremos músculos más fuertes, potentes y resistentes para realizar ciclismo de montaña, necesitamos entrenar la fuerza, potencia y resistencia de los mismos.

Se estudia el diferente entrenamiento para los distintos tipos de fibras musculares en el capítulo de cualidades físicas.

2.2.4 Bases del acondicionamiento físico en el ciclismo

Para estudiar al ciclismo como actividad física y cómo se debe acondicionar una persona físicamente para este deporte, es necesario analizar las adaptaciones fisiológicas que genera el ciclismo y cómo el músculo responde ante este deporte con los diferentes tipos de fibras musculares que existen y las vías de energía que el cuerpo utiliza.

El ciclismo genera adaptaciones sistémicas importantes, una de ellas es en el ámbito cardíaco y circulatorio. La principal alteración del ciclismo como actividad aeróbica se produce sobre el Volumen Minuto Cardíaco que corresponde a la cantidad de sangre que el corazón bombea a toda su red arterial por minuto. Con la demanda brusca de oxígeno que requieren los músculos al iniciar la actividad, el corazón trabaja hasta cinco veces más para satisfacer esta demanda (Movellan, 2010).

Otro punto importante es que el ciclismo de montaña se desarrolla en la montaña: esto quiere decir que existen cambios de altura notables donde el ciclista se adapta para compensar los cambios de presión y la dificultad de aceptar el oxígeno ya que su musculatura respiratoria tiene que aumentar la intensidad de trabajo. El entrenamiento o competencia en altura incluye adaptaciones fisiológicas que conllevan a un aumento en los niveles de eritropoyetina (EPO), este aumento de los niveles de glóbulos rojos mejora la capacidad para transportar oxígeno por parte de la sangre a los músculos.

2.2.4.1 Vías de energía

La energía es obtenida de proteínas, carbohidratos, o grasas, derivada de los alimentos y es almacenada de diferentes formas en el organismo para facilitar

la formación de ATP, que es la molécula a partir de la cual podemos obtener energía para las diversas funciones metabólicas, y para la contracción muscular. Las contracciones musculares en el ciclismo son repetitivas y constantes; entonces, el cuerpo necesita de continua y gran energía para realizarlas.

El ciclismo depende de la contracción y relajación sincronizada de la musculatura de los miembros inferiores. Las fibras musculares se contraen para generar movimiento utilizando moléculas de ATP como fuente de energía, pero la cantidad de estas en las fibras musculares es muy limitada, lo suficiente para unas pocas contracciones. (Mirella, 2011 pág. 11-14).

En el caso del ciclismo de montaña donde se realiza aproximadamente una contracción de cualquier músculo por segundo, se necesita más energía y esto nos lleva a otra vía energética como se estudia a continuación:

- La vía anaeróbica, nombre griego que significa "sin aire", es una vía que re fosforiliza el ATP utilizando la fosfocreatina (CP), aunque la potencia de esta re fosforilización es elevada, la capacidad es muy baja y no abastece para contener unas contracciones máximas durante pocos segundos. Actividades que requieren fuerza y velocidad como saltos, sprints, levantamiento de cargas, utilizan esta vía. (Mirella, 2011 pág. 13)
- La vía anaeróbica láctica es la que el cuerpo utiliza después de la anaeróbica. El glucógeno muscular se transforma en ácido láctico, la potencia de esta vía es menor a la de la fosfocreatina pero su capacidad es mayor. Las actividades físicas que utilizan este sistema son de mayor intensidad, con una duración aproximada entre quince segundos a dos minutos por ejemplo: carrera de doscientos a ochocientos metros. (Mirella, 2011 pp. 13-14)

El ciclismo es un deporte mayormente aeróbico de resistencia, lo que significa que, es una actividad que incrementa el ritmo cardíaco durante largos períodos

de tiempo. "Está relacionada con las condiciones o aptitudes del corazón, pulmones y vasos sanguíneos para entregar oxígeno a los músculos." (Dougherty, 1985, p.9)

- La vía aeróbica, ante la existencia de oxígeno lleva varios sustratos, lípidos, lactato y piruvatos al Ciclo de Krebs que se desarrolla en el interior de la mitocondria celular. Esto da lugar a la formación de CO₂ y H₂O con liberación de energía que se utiliza para la resíntesis de ATP. A este proceso se lo conoce como fosforilización oxidativa, que es un proceso de potencia baja pero de capacidad prolongada, deportes de fondo o de larga duración como las maratones, ciclismo, natación, utilizan esta vía de energía.

Conociendo las diferentes vías de energía que el cuerpo utiliza, entendemos cómo reacciona el mismo en el ciclismo, utilizando todas estas vías energéticas hasta mantenerse en la vía aeróbica por el mayor tiempo posible. Cuando la energía de esta vía se acaba; se da un punto conocido como umbral anaeróbico, que se estudia a continuación:

2.2.4.2 Tipos de metabolismo energético en ciclismo de montaña

Aunque el ciclismo en general tiende a ser una actividad aeróbica, el ciclismo de montaña se caracteriza por que el ciclista pasara por un proceso de metabolismo energético combinado.

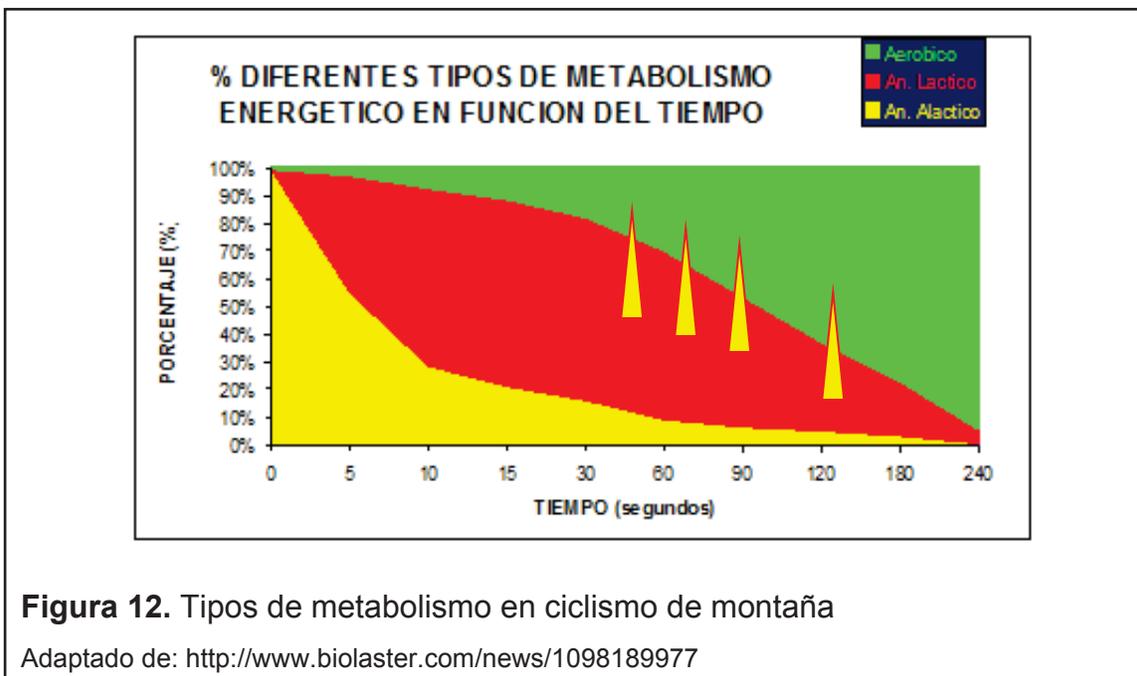
El ciclista inicia la práctica de su deporte usando la vía anaeróbica, sin producción de ácido láctico, utilizando su fosfocreatina y glucógeno muscular; seguido por la utilización del metabolismo anaeróbico láctico con el consumo del glucógeno restante. Es aquí donde se da el primer umbral denominado: umbral aeróbico. Desde aquí el ciclista depende del oxígeno y utilizara glucógeno y grasa como energía. Puesto que el ciclismo de montaña demanda un sobre esfuerzo tanto físico como mental, el cuerpo del ciclista sobrepasa este nivel o barrera donde el oxígeno deja de ser suficiente fuente de energía;

entonces el cuerpo llega al siguiente umbral energético denominado: umbral anaeróbico, donde el cuerpo utilizará las reservas de grasa como ultima fuente de energía. Impellizzeri (2007) reveló que la intensidad del ejercicio durante las competencias de Cross country es alta, con un 82% del tiempo total de la carrera transcurrido por encima de Umbral aeróbico.

Siendo el ciclismo de montaña un deporte combinado, este es una actividad cíclica por la acción del pedaleo y acíclica por la demanda brusca de fuerza, potencia, cambios de velocidad y cambios de posición gracias a los diferentes obstáculos que el ciclista tiene que vencer.

En la práctica deportiva y en la competición se darán procesos anaeróbicos intermitentes mientras que el ciclista se encuentre utilizando el metabolismo aeróbico (Thomson, 2011).

En la figura 12 se observa el tipo de metabolismo utilizado según el transcurso del tiempo y cómo por las características combinadas del ciclismo de montaña se depende de la vía anaeróbica estando aun en la vía aeróbica.



2.2.5 Umbral anaeróbico

Conocido por ser la zona de intensidad del ejercicio donde hay una demanda brusca de energía que proviene principalmente de los hidratos de carbono por ruta anaeróbica, es decir, sin oxidación.

Dieguez (2007, pp.66-67) da una definición más clara: “es la frontera imaginaria, el límite o el momento en el que el organismo deja de trabajar por la vía aeróbica y activa en modo principal de la vía anaeróbica láctica. Sucede que la intensidad es tan alta que el ácido pirúvico no entra en el ciclo de Krebs y por tanto se degrada en forma de ácido láctico”. En otras palabras es el punto donde el cuerpo funciona con oxígeno antes de agotarse o simplemente el punto donde inicia la fatiga del ciclista.

Portilla (2012) señala que mientras más cerca esté el umbral anaeróbico de la frecuencia cardíaca máxima, mayor va a ser el rendimiento del deportista.

Podemos definir que el umbral anaeróbico es el punto donde inicia la presencia de agotamiento en el deportista, mientras más se acerque este punto a la frecuencia cardíaca máxima, mayor será el rendimiento del deportista presentando un agotamiento tardío.

2.2.5.1 Medición de umbral anaeróbico

Existen varias formas de medir el umbral anaeróbico del deportista, para esto se requiere que el deportista realice un esfuerzo máximo donde se pueda recolectar datos que sirvan de referencia como: su frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, cantidad de ácido láctico en sangre y así buscar y definir su umbral anaeróbico.

Según Subiela (2007, pp.8), existen varios factores que inciden en la aparición más temprana o más tardía del umbral anaeróbico, entre ellos podemos mencionar:

1. Masa muscular activa.
2. Tipo de fibra muscular predominante.
3. Estado de entrenamiento del sujeto.
4. Ergómetro utilizado.
5. Familiaridad del sujeto con el tipo de actividad seleccionada.
6. Protocolo incremental utilizado.
7. Estatus metabólico (concentración de glucógeno, reserva alcalina, otros)
8. Factores ambientales (temperatura, humedad relativa, viento)

Estos factores se deberán tomar en cuenta al momento de elegir la forma de medir el umbral anaeróbico.

Se estudia las formas más utilizadas a continuación:

2.2.5.1.1 VO2 MAX (Volumen de oxígeno máximo)

La prueba de oxígeno máximo o VO₂MAX es una de las más utilizadas en el mundo. Es la cantidad máxima de oxígeno que nuestro organismo puede transportar en un tiempo definido, se mide en litros por minuto; nos indica la capacidad aeróbica del ciclista. En un deporte como el ciclismo donde el peso corporal tiene su importancia, es más preciso expresar el consumo de oxígeno en términos relativos al peso del ciclista, es decir, dividiendo los litros absolutos entre el peso del ciclista. En este caso se expresa en mililitro/kilogramo de peso/minuto (ml/kg/min). Por lo tanto, si dos ciclistas tienen el mismo consumo de oxígeno absoluto, el que menos pese tendrá un mejor consumo relativo.

Para calcular el VO₂ MAX. , se realiza una prueba de esfuerzo con análisis de gases, es decir, se utiliza un sistema que mide el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂) que se inspira y se expira. El VO₂ MAX, es una capacidad poco moldeable, puesto que está muy condicionada por la genética, se estima que sólo se puede mejorar entre un 15% y un 20%, llega un momento en el que no se puede seguir mejorando. Se ha encontrado que un 98% de la

población no entrenada tiene un VO₂ MAX entre 31 y 58 ml/kg/min, un 0,13% de la misma población maneja valores entre 61 y 67 ml/kg/min. Por lo tanto, para llegar a ser un gran ciclista la genética tiene que ser favorable en estos términos.

2.2.5.1.2 Medición del Lactato:

El ácido láctico es un producto de la glucólisis anaeróbica, La acumulación de lactato o ácido láctico en la sangre ocurre cuando la producción es superior a la eliminación.

Según López y Chicharro (2006, pp. 26-32) en su libro de Fisiología Clínica del ejercicio, indica que: "Existen dos zonas de intensidad de esfuerzo relacionadas con la concentración de lactato sanguíneo; una primera zona, marcada por el inicio de la producción de lactato, y una segunda zona, relacionada con una máxima concentración de lactato estable". Podemos decir que el umbral anaeróbico se relacionará con el lactato en sangre cuando éste aumenta aproximadamente 1.5 mili moles por encima del Umbral del lactato que es el punto donde se inicia el aumento de la concentración del mismo. Dieguez (2007, pp.67) los describe fácilmente en la siguiente figura donde se observa la relación entre la acumulación de lactato y el tiempo de ejercicio.

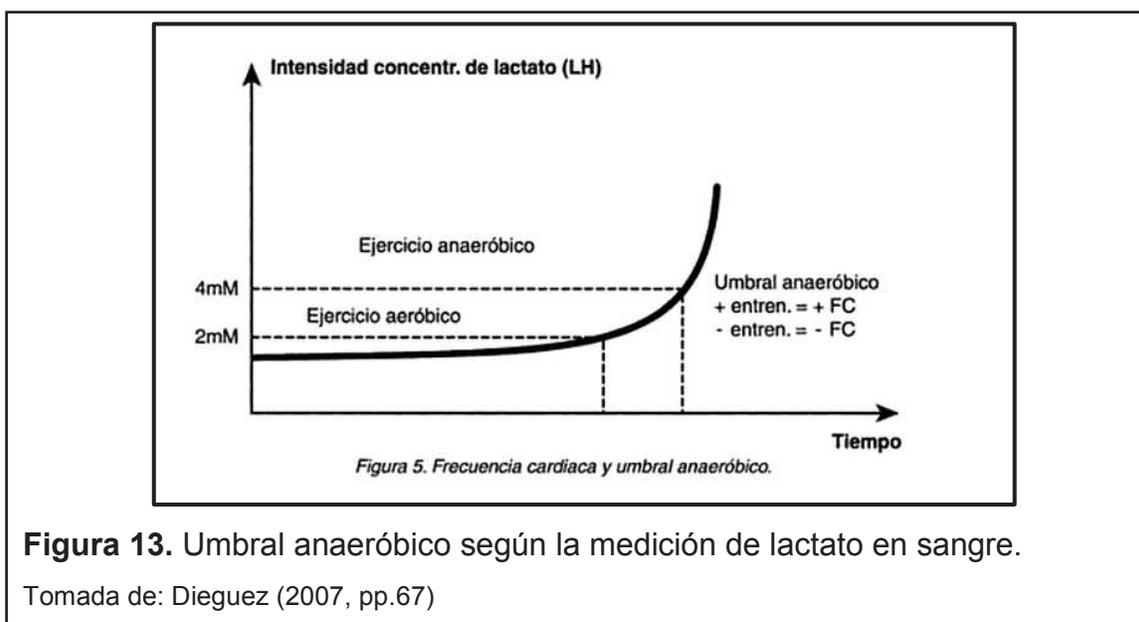


Figura 13. Umbral anaeróbico según la medición de lactato en sangre.

Tomada de: Dieguez (2007, pp.67)

Los niveles normales de lactato en sangre en reposo están entre 1.0 y 2.0 mili moles/ litro, los niveles en deportistas después de competencias han llegado has valores de 20 mili moles/litro (Sánchez, 2014, pp.22).

2.2.5.1.3 Frecuencia cardíaca

Una variable fundamental en toda prueba de esfuerzo es la frecuencia cardíaca, la cual nos indica la cantidad de latidos que realiza el corazón en un minuto. Según Lara (2011) en su revista de estudios deportivos refiere que saber a qué pulsaciones se encuentra nuestro Umbral anaeróbico no es fácil, puesto que la frecuencia cardíaca varía según el tipo de ejercicio y el tiempo de ejecución.

Estudios han demostrado que hay una relación entre el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima y el consumo de oxígeno que pueden marcar el umbral anaeróbico.

Es así como utilizaremos una prueba de esfuerzo diseñada para encontrar el Umbral anaeróbico de los ciclistas por medio de los cambios en la frecuencia cardíaca. Recordando que:

“Cuanto más alto esté nuestro umbral anaeróbico mejor, ya que podremos hacer ejercicio de alta intensidad sin que conlleve una fatiga prematura” (Lara, 2011)

2.2.6 Test de Conconi

Fue Francesco Conconi, médico italiano especializado en medicina deportiva, quien en 1982 encontró en sus estudios una relación lineal entre la frecuencia cardíaca y la carga de trabajo (López, 2008).

Conconi nota que la frecuencia cardíaca aumenta linealmente con la intensidad del ejercicio mostrando una relación directamente proporcional

hasta llegar a un punto donde la frecuencia cardíaca deja de aumentar, mientras que la intensidad del ejercicio sigue aumentando. Este punto de inflexión entre estas dos variables marca el Umbral anaeróbico del ciclista. (Conconi, 1982, pp.869-873).

El Test de Conconi es una prueba de esfuerzo máxima puesto que lleva al individuo a realizar una actividad física exhaustiva buscando su punto máximo de esfuerzo y agotamiento. En el test de Conconi tiene lugar un aumento gradual de la carga, y al final de cada etapa se toma nota de la frecuencia cardíaca. Se observa en un primer momento que la frecuencia cardíaca aumenta de forma lineal junto con el trabajo. En esta fase de la carga, el aumento de las necesidades energéticas se cubre fundamentalmente con los procesos de transformación del oxígeno y la satisfacción de esta mayor necesidad de oxígeno se garantiza con el aumento del volumen cardiaco minuto, producido por un incremento de la frecuencia cardíaca (Dietrich, 2001, pp.225-227). Conforme continua el test se da un punto de inflexión donde la frecuencia cardíaca deja de aumentar, esta inflexión aparece cuando ni el transporte de oxígeno a través del sistema cardiocirculatorio ni la transformación de este oxígeno en la célula muscular pueden aumentar en la misma medida en que lo hace la intensidad del trabajo. Es ahí donde se produce una compensación del suministro energético mediante una multiplicación de la síntesis del lactato lo que reduce el trabajo del corazón y su frecuencia no necesita aumentar más.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del Test de Conconi

VENTAJAS	DESVENTAJAS
NO INVASIVO: no necesita tomar muestras, ni herir al individuo.	DEPENDIENTE: <ul style="list-style-type: none"> • Del estado energético como anímico del individuo el día del test. • Del observador y su perspectiva • Fiabilidad del medidor de la frecuencia cardíaca • La experiencia previa del individuo
ACCESIBLE: gracias a que no necesita mayor instrumentaría es accesible al público en general	ESPECIFICIDAD: pueden darse errores en la obtención de datos, en la forma de leerlos y utilizarlos
UTIL: puesto que la frecuencia cardíaca es la principal variable, el individuo puede entrenar utilizando estos valores.	INDIRECTO: utiliza la frecuencia cardíaca para referir el Umbral Anaeróbico.

Este test se lo puede realizar con el atleta trotando o pedaleando en una bicicleta estática (ver anexo 1 para protocolo).

Tabla 5. Instrumentos requeridos para el Test de Conconi.

Instrumento requerido
• Medidor de la frecuencia cardíaca
• Rodillo de entrenamiento para ciclismo
• Bicicleta
• Cronómetro
• Medidor de la velocidad de la bicicleta

2.2.6.1 Validez y fiabilidad del test

Aun siendo el Test de Conconi un test simple, económico y rápido, éste no pierde validez ni fiabilidad. Dietrich y Klaus (2001, pp. 229) demuestran que los resultados del test de Conconi para marcar el umbral anaeróbico muestran resultados exactos a un test de lactato y amoníaco. Ortiz y Renteria (2000, pp.1) en su estudio sobre métodos no invasivos de evaluación, señalan que el test puede sustituir a cualquier método invasivo para medir el rendimiento físico. Carey (2002) demuestra que el umbral anaeróbico referido por el Test de Conconi comparado con el dado por una prueba de Vo2MAX muestra una diferencia mínima de cuatro latidos en la frecuencia cardíaca, manifestando así que el Test de Conconi es una herramienta precisa y útil para definir el umbral anaeróbico.

Como varios autores concuerdan, el umbral anaeróbico es una variable clave para definir el rendimiento o el estado físico del atleta.

Diedrich (2001, pp. 227) refiere que el aumento del umbral referido por la frecuencia cardíaca debe ser valorado positivamente, en el sentido de una mejora en el rendimiento, ya que debido al entrenamiento el corazón late a igual rendimiento con una frecuencia menor. De igual manera una disminución del umbral señala una disminución en el rendimiento.

El test es válido para llevar un control del progreso del entrenamiento, es recomendable realizarlo cada 4 a 6 semanas de entrenamiento para observar cambios.

2.2.7 Entrenamiento para ciclistas

Minuchin (2005, pp. 14), señala que el entrenamiento es el proceso construido por estímulos, cuyo objetivo es generar una respuesta determinada en corto, mediano o largo plazo. En otras palabras refiere que se puede definir entrenamiento a los estímulos óptimos que producen el acondicionamiento que deseamos adquirir.”

Según Carbajal (2009), el entrenamiento debe ser planificado con objetivos y metas, dividiéndose este en macrociclos constituidos de periodos de preparación, competitivo y de transición, este a su vez se concibe como un sistema de mesociclos que están integrados por varios microciclos que determinan el número de objetivos a lograr.

2.2.7.1 Variables del entrenamiento:

Un plan de entrenamiento debe estar planificado tomando en cuenta estas variables:

Intensidad: se refiere al nivel de esfuerzo al que realizamos el ejercicio o a que porcentaje de nuestro nivel máximo estamos trabajando.

Volumen: cantidad de ejercicio o repeticiones en un tiempo determinado.

Recuperación: tiempo de descanso entre series de ejercicio.

Frecuencia: es el número de veces que realizamos el ejercicio en un tiempo determinado.

El entrenamiento deportivo tiene como principal objetivo el mejorar el rendimiento deportivo, que depende de las capacidades físicas (López, 2008 pp. 802). Esto conlleva a estudiar las cualidades físicas que podemos entrenar:

2.2.7.2 Cualidades físicas:

Son aquellos atributos que caracterizan y determinan al individuo para el área de la actividad física (Vinuesa y Coll, 1987 pp. 89).

Estos atributos o cualidades son:

Velocidad: Capacidad de realizar acciones motrices en el mínimo tiempo posible.

Flexibilidad: Capacidad de extensión máxima de un movimiento en una articulación determinada.

Coordinación: Es la interacción del sistema nervioso central y de la musculatura esquelética encaminada a un movimiento voluntario.

Potencia: Es el resultado del producto de la fuerza por la velocidad, en otras palabras la velocidad con la que generamos fuerza para realizar una acción.

Esta investigación se centra en las variables de la fuerza y de la resistencia como cualidades principales a estudiar.

Resistencia: Es la capacidad física y psíquica de soportar la fatiga frente a esfuerzos relativamente prolongados y/o recuperación rápida después de dicho esfuerzo. Esta cualidad dependerá de las fibras musculares tipo I.

Entrenamiento de fibras I o fibras lentas:

Se entrenan con deportes de resistencia o de fondo, actividades de duración prolongada, como por ejemplo: ciclismo, triatlón, atletismo de fondo. Se conoce que atletas élite de deportes como el ciclismo, poseen fibras tipo I en un 60 a un 70% del total de fibras musculares, estas fibras serán las que se predominan en el entrenamiento de los ciclistas que se centran en el mejoramiento de su resistencia.

2.2.7.3 Entrenamiento de fuerza para ciclistas

Cada día se tiene más aceptación entre todos los ciclistas la importancia del entrenamiento de la fuerza para mejorar el rendimiento.

Mientras que el entrenamiento de la fuerza en los deporte de rendimiento representaba hace décadas una parte importante de los programas de entrenamiento, en la década de 1990, y hasta la fecha, se registra un aumento del rendimiento en los deportes que hasta entonces habían obviado tal entrenamiento (Boeckh, 2005, pp. 9).

La programación de un entrenamiento de fuerza dirigido al ciclismo se debe basar en la teoría estudiada, tomando en cuenta los músculos que utilizan el ciclista, el tipo de fibras que se quiere entrenar y los efectos de un entrenamiento de fuerza.

Fuerza: Es la capacidad neuromuscular de superar una resistencia externa o interna gracias a la contracción muscular. Según Vasconcelos (2005, pp. 16-17): existen tres tipos de fuerza:

- **Fuerza máxima:** la mayor tensión que el sistema neuromuscular puede producir en una contracción máxima voluntaria.
- **Fuerza explosiva:** es la capacidad del sistema neuromuscular para vencer resistencias con una elevada velocidad de contracción.
- **Fuerza de resistencia:** la capacidad del organismo de resistir la aparición de fatiga en pruebas que exigen un rendimiento de fuerza durante un periodo de tiempo prolongado.

Estudiado el entrenamiento, y la energía que necesitan los músculos y sus diferentes tipos de fibras, se facilita el entendimiento de cómo debemos entrenarlas:

Entrenamiento de fibras II o rápidas

Estas fibras se desarrollarán de mayor manera en actividades de contracción rápida, actividades que requieran vencer grandes resistencias como por ejemplo: levantamiento de pesas, sprint, saltos etc. Deportistas élite en deportes de fuerza presentan porcentajes mayores al 65% de fibras tipo II.

Sabiendo que aunque los ciclistas pueden poseer mayor cantidad de fibras tipo I en sus músculos, un porcentaje de estas fibras serán tipo II. Por esta razón se debe tomar en cuenta el entrenamiento de fibras tipo II a los ciclistas.

Bilar (2002, pp.61) refiere que en el entrenamiento de fuerza las fibras lentas son reclutadas antes que las rápidas, entrenando así ambos tipos de fibras en ejercicios de musculación

2.2.7.4 Efectos del entrenamiento de fuerza muscular

Alba (2011, pp.5) indica que un período de mínimo ocho semanas de entrenamiento de fuerza produce efectos duraderos en el rendimiento del ciclista.

El entrenamiento de fuerza produce cambios fisiológicos en el ciclista que intervendrán de gran manera en el desempeño dentro de su deporte. Mazza (2011, pp. 5) refiere varios efectos fisiológicos con su significancia

- Aumento de la masa muscular = aumento de la fuerza muscular.
- Aumento del área cross-seccional por hipertrofia = se incrementa la capacidad contráctil del músculo.
- Incremento de área de fibras I y fibras II = aumenta la fuerza por mejor reclutamiento ya que las fibras lentas son reclutadas antes que las rápidas en ejercicios de musculación (Billat, 2002, pp.61)
- Aumenta los lípidos intracelulares= aumenta la capacidad de lipólisis.
- Aumenta el glucógeno muscular= aumenta la capacidad glucogenolítica y energética del músculo.
- Incrementa las reservas fosfágenas = aumenta la potencia muscular.
- Mejora la condición cardíaca = el corazón trabaja a frecuencias de hasta el 80% en una serie de levantamiento de peso.
- Catecolaminas = Incrementa la producción de fuerza y la tasa de contracción.
- Aumento de hemoglobina = aumenta hasta 16 miligramos después del entrenamiento (Herrera, 2014)
- Disminución de la frecuencia cardíaca en reposo = 40% de personas entrenando con peso manejan frecuencias de reposo menores a 60 latidos por minuto.

Con los efectos que el entrenamiento de fuerza genera podemos ayudar al ciclista de montaña a preparar sus músculos para todas las exigencias del deporte y retrasar el tiempo de agotamiento de los mismos. Se aporta de manera energética y física a cada vía de energía demorando así la necesidad de recurrir a la vía aeróbica por energía prolongando la actividad.

Alba (2011, pp.2) recomienda pautas para la elección de ejercicios con el objetivo de aumentar la fuerza dirigida al ciclismo.

- La flexión y la extensión de las piernas no debe ser completa.
- La duración de la flexión tiene que ser la misma que la extensión.
- La separación de los pies en los ejercicios debe ser la misma de la separación en los pedales.

2.2.7.5 Beneficios del entrenamiento de fuerza en el ciclista de montaña

El ciclista de montaña se ve beneficiado en diferentes aspectos después de un entrenamiento de fuerza. Este le ayudará a mejorar su rendimiento.

Entre los beneficios más importantes encontramos:

- Mayor fuerza en la musculatura entrenada.
- Mayor cantidad de glucógeno intramuscular o mayor energía.
- Mejor irrigación sanguínea general y en la musculatura entrenada.
- Mejor condición cardíaca en frecuencias elevadas.
- Mejora de los procesos neuromusculares.
- Sistemas más resistentes a la fatiga.

Gonzales (2002, pp.211-216) indica en su texto de entrenamiento de la fuerza que desde la década de los 90 autores como Hickson (1980) y Verhoshansky (1990) señalan un retraso en la mejora del rendimiento por la falta de atención a procesos como el entrenamiento de fuerza.

Gonzales (2002, pp.211) refiere tres pautas claves para incluir un entrenamiento de fuerza al entrenamiento normal para deportes de resistencia:

- Dado que el músculo esquelético es el punto principal en el cual se elimina el ácido láctico durante y al final del ejercicio, el desarrollo de la resistencia depende no solo del perfeccionamiento de la capacidad respiratoria, sino también de la especialización funcional de los músculos esqueléticos, es decir, del aumento de la capacidad de la fuerza y de su capacidad oxidativa.
- Además del aumento de estas dos capacidades, una condición importante para el desarrollo de la llamada resistencia local muscular está representada por la redistribución del flujo sanguíneo y por la mejoría de las reacciones vasculares locales.
- La resistencia local se manifiesta en la capacidad del deportista de expresar, a largo plazo, la componente de fuerza del ejercicio.

Basados en la revisión de la literatura se observa la importancia del estudio y la complementación de los entrenamientos tomando en cuenta las cualidades del deporte y los requerimiento que este necesita.

Se necesita poner más atención en los efectos favorables que puede recibir el deportista de los entrenamientos adicionales.

En el caso del ciclismo de montaña, el ciclista necesita un entrenamiento tanto para su resistencia como para su fuerza y potencia muscular. Sólo así podrá mejorar su rendimiento.

2.3 Hipótesis

Como mencionamos en el capítulo I, el ciclismo de montaña es una actividad al aire libre, lo que significa que depende de los obstáculos y terreno que la naturaleza ponga al frente.

El ciclista de montaña se encuentra con obstáculos imposibles de pasar utilizando la bicicleta, lo que lo obliga a cargar su bicicleta y seguir a pie, encuentra grandes desniveles de terreno donde tiene que bajar su velocidad y la intensidad del pedaleo y encontrará bajadas y curvas cerradas donde desacelerará y acelerará rápidamente.

Entonces ¿deberá el ciclista de montaña entrenar solo su resistencia o sistema aeróbico? o ¿debería entrenar también su fuerza y potencia muscular?, ¿debe entrenar solamente las fibras I de sus músculos o también las fibras II?

Sovndal (2009, pp.1) nos dice en su libro "Anatomía del Ciclista" que un deportista debe tener bases físicas fuertes, refiriéndose a su fuerza, potencia y resistencia. Aclara que la clave para alcanzar el mejor rendimiento es que todos los sistemas del cuerpo deben estar operando como una unidad coordinada.

Burke, (1983, pp. 6) uno de los más grandes fisiólogos deportivos centrado en el ciclismo, nos dice que raramente un ciclista posee una fuerza ni potencia igual al nivel de sus capacidades.

Es importante preparar tanto el sistema aeróbico como el anaeróbico para satisfacer las necesidades del entrenamiento y de la vida (Brooks, 2001 pp. 108).

Basados en la revisión de la literatura y en nuestra experiencia se piensa que el ciclista amateur debe tener un entrenamiento que englobe y busque mejorar sus resistencia y fuerza para así aumentar su rendimiento y desempeñarse mejor en su actividad.

Entonces ¿genera el entrenamiento de fuerza muscular de los miembros inferiores un cambio en el umbral anaeróbico de los ciclistas de montaña amateur?

Para verificar esta hipótesis, desarrollamos un programa de entrenamiento de la fuerza de miembros inferiores de 8 semanas de duración, el cual añadiremos al entrenamiento de resistencia de los ciclistas de montaña.

CAPITULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Métodos y materiales

3.1.1 Tipo de estudio

La investigación es de tipo experimental y tiene un enfoque cuantitativo. Se maneja medidas de variables como la frecuencia cardíaca, tiempos, peso, repeticiones, umbrales y velocidades, que representarán cualidades como el rendimiento.

3.1.2 Sujetos

Se escogió a doce ciclistas de montaña amateur, diez hombres y dos mujeres, con un promedio de 22 años de edad. Este rango de edad se escogió para mantener la frecuencia cardíaca máxima en un promedio de 178 latidos por minuto en el grupo (Formula de Cooper: $200 - \text{edad} = \text{FC máx.}$). Se dividió a la población en 2 grupos: el primer grupo denominado "grupo control" que solo realizó un entrenamiento de resistencia que consistió de 8 salidas en bicicleta, donde se aumentaba la distancia recorrida progresivamente en cada salida (ver anexo 2). El segundo grupo: "grupo estudio" además del entrenamiento de resistencia realizó un entrenamiento de fuerza (ver anexo 3).

3.1.3 Criterios de inclusión y exclusión

INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Ciclistas de edades entre 20 – 26 años. • Que se encuentren aptos para realizar ejercicios con peso. • Aptos para realizar un esfuerzo máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclistas que no estén dentro del rango de edad. • Ciclistas que se encuentren lesionados o que estén ingiriendo medicamentos que alteren la FC. • Ciclistas realizando otro tipo de entrenamiento de fuerza o resistencia. • Ciclistas no aptos para realizar un esfuerzo máximo.

3.1.4 Materiales y métodos

3.1.4.1 Test antropométrico

Se midió el perímetro muscular de los muslos de los ciclistas antes de iniciar el primer Test de Conconi y dos días después de finalizar los entrenamientos. Las medidas fueron tomadas con el mismo instrumento: la cinta métrica “Myotape” en centímetros.

Aunque la antropometría refiere que el perímetro del muslo debe ser medido entre uno a dos centímetros debajo de la línea glútea con el sujeto en posición bípeda, en este trabajo se tomó la medida a diez centímetros sobre el borde superior de la rótula con el sujeto en posición bípeda y con la musculatura relajada para tener una medida más objetiva y precisa.

Se comparó los valores de cada ciclista antes y después del programa de entrenamiento, los resultados fueron comparados inter e intra grupales para verificar qué grupo presenta un cambio. Cabe recalcar que esta variable fue tomada en cuenta para dar valor al entrenamiento de fuerza, ya que la hipertrofia muscular es un efecto del entrenamiento de fuerza.

3.1.4.2 Test de Conconi

Se realizó dos veces el Test de Conconi para buscar el umbral anaeróbico de cada ciclista, la primera vez dos días antes de la primera salida y la segunda, dos días después de finalizar la octava. Para la aplicación del test se utilizó el sistema de entrenamiento “Tacx Fortius” y una bicicleta de montaña marca Trek con tamaño de cuadro de 17 pulgadas, esta bicicleta fue calibrada antes de iniciar las pruebas. El sistema de rodillo electrónico “Tacx Fortius” es un ergómetro que permite tomar datos confiables de la frecuencia cardíaca, velocidad, resistencia y distancia que recorre el ciclista. El ciclista fue sometido a una prueba de esfuerzo máxima, utilizando la bicicleta y el ergómetro para evaluar el cambio de su frecuencia cardíaca mientras se aumentaba la intensidad del ejercicio. En el anexo 1 se explica el protocolo que se utilizó para llevar a cabo el Test de Conconi mientras que en el anexo 5 se muestra una tabla de recolección de datos de las variables del test antes de los entrenamientos y al terminarlos, así se comparó los mismos y se determinó los resultados.

3.1.4.3 Entrenamiento de resistencia

Se desarrolló y utilizó un entrenamiento programado para mejorar la resistencia física de los ciclistas amateur en ocho salidas con un aumento progresivo de la distancia en un circuito de cinco kilómetros de distancia en el Parque Metropolitano de Quito (ver anexo 2).

3.1.4.4 Entrenamiento de fuerza

Se desarrolló un protocolo de entrenamiento de fuerza destinado a aumentar en un 30% el peso utilizado en una repetición máxima "1RM" a través de la ejecución de tres ejercicios: el Press de Piernas, Zancadas y el Squat o Sentadillas. Los ejercicios estaban dirigidos a fortalecer la musculatura de los miembros inferiores que el ciclista utiliza para el pedaleo (ver anexo 3 para el plan de entrenamiento y anexo 4 para ver las tablas de entrenamiento).

3.2 Procedimiento experimental

El orden de la experimentación fue el siguiente para los dos grupos:

1. Test antropométrico pre-entrenamiento.
2. Test de Conconi pre-entrenamiento.
3. Entrenamiento de resistencia para ambos grupos.
4. Entrenamiento de fuerza aplicado al grupo estudio.
5. Test de Conconi post entrenamiento.
6. Test antropométrico post-entrenamiento.

Concluidos los entrenamientos se esperó dos días para realizar la segunda medida antropométrica y el segundo Test de Conconi a todos los ciclistas.

3.3 Análisis de datos

Los resultados serán presentados a través de los valores obtenidos en los test realizados. Así, se calculó el promedio o media aritmética de los valores del perímetro muscular y del umbral anaeróbico de cada grupo, antes y después de los entrenamientos. La diferencia entre el promedio del pre-entrenamiento y el post-entrenamiento de cada grupo será el valor que defina el cambio o aumento de esta variable entre los dos grupos.

CAPITULO IV

RESULTADOS:

4.1 Resultados del Test antropométrico.

La tabla 6 muestra los valores del perímetro muscular en muslos de cada ciclista, se muestra los valores pre-entrenamiento y post-entrenamiento y los promedios por grupo.

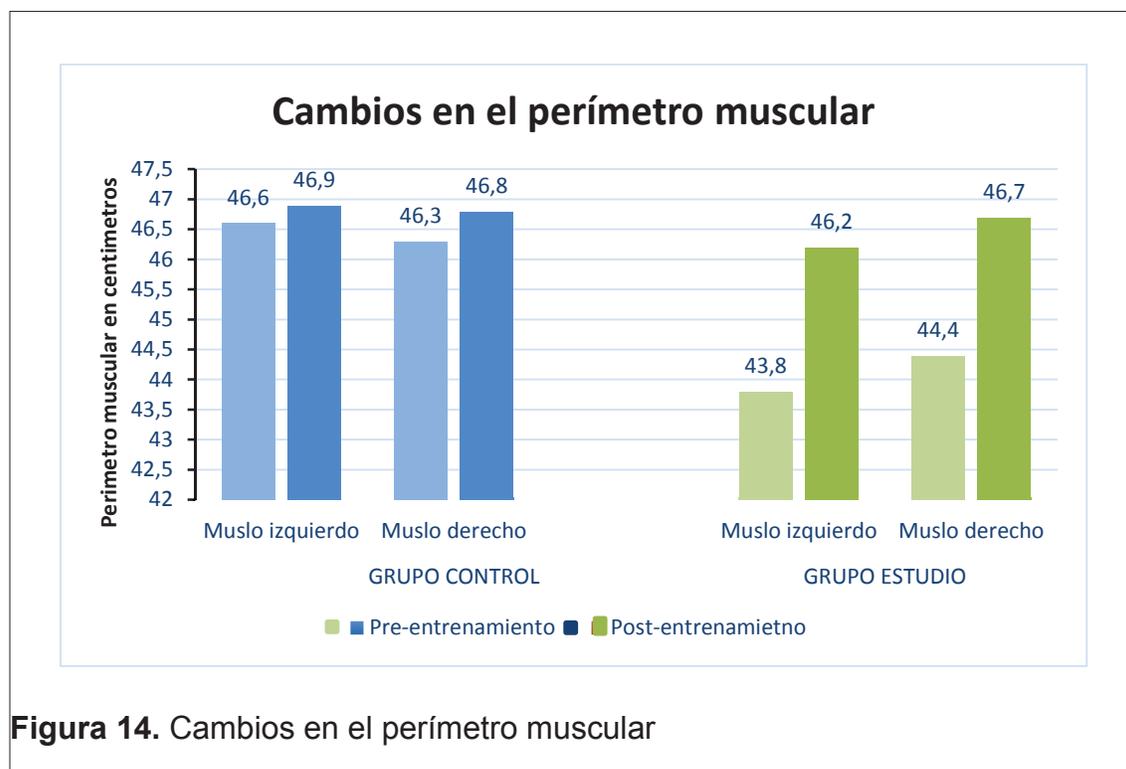
Tabla 6. Resultados del test antropométrico pre-entrenamiento y post-entrenamiento.

RESULTADOS TEST ANTROPOMETRICO					
		PRE-ENTRENAMIENTO		POST-ENTRENAMIENTO	
	Ciclista	Pm izquierdo (cm)	Pm derecho (cm)	Pm izquierdo (cm)	Pm derecho (cm)
Grupo control	Ciclista 1	51.5	50	52	51
	Ciclista 2	44	43	45	44
	Ciclista 3	48	49	48	49
	Ciclista 4	47	46	47	46
	Ciclista 5	46	47	46	47
	Ciclista 6	43	43	43.5	43.5
	Promedio	46.6	46.3	46.9	46.8
Grupo estudio	Ciclista 1	48.5	50	49	52
	Ciclista 2	43	44	45	46
	Ciclista 3	42	44	48	46.5
	Ciclista 4	44	42	48	47.5
	Ciclista 5	40	40.5	42	42
	Ciclista 6	45	46	45.1	46.1
	Promedio	43.8	44.4	46.2	46.7

Pm: perímetro muscular.

cm: centímetros.

La figura 14 muestra los promedios obtenidos en las medidas de los perímetros musculares y el cambio obtenido después de los entrenamientos.



Como se observa en la figura 14, el grupo estudio promedia un aumento en el perímetro muscular de muslos de 2.4 centímetros, mientras que el grupo control muestra un promedio de aumento de 0.45 centímetros. Se observa una diferencia notable donde el grupo estudio muestra hipertrofia en la musculatura de los muslos después de las ocho semanas de entrenamiento de fuerza, un aumento cinco veces mayor al del grupo control que solo realizó el entrenamiento de resistencia. Este aumento de los perímetros musculares da valor al entrenamiento ya que la hipertrofia es un efecto del entrenamiento de fuerza.

4.2 Resultados Test de Conconi y umbral anaeróbico

La tabla 7 resume los valores alcanzados por cada ciclista en el Test de Conconi pre-entrenamiento y post-entrenamiento.

Tabla 7. Resultados del test de Conconi en los dos grupos de ciclistas.

RESULTADOS DEL TEST DE CONCONI-UMBRAL ANAEROBICO			
CICLISTA		UMBRAL ANAERÓBICO PRE-ENTRENAMIENTO (LPM)	UMBRAL ANAERÓBICO POST- ENTRENAMIENTO (LPM)
GRUPO CONTROL	1	128	130
	2	99	116
	3	113	113
	4	144	145
	5	114	120
	6	150	150
GRUPO ESTUDIO	1	114	135
	2	140	140
	3	148	163
	4	122	137
	5	150	150
	6	133	135

Lpm = latidos por minuto.

Los promedios de los valores obtenidos por los grupos pre-entrenamiento y post-entrenamiento se demuestran en la figura 15.

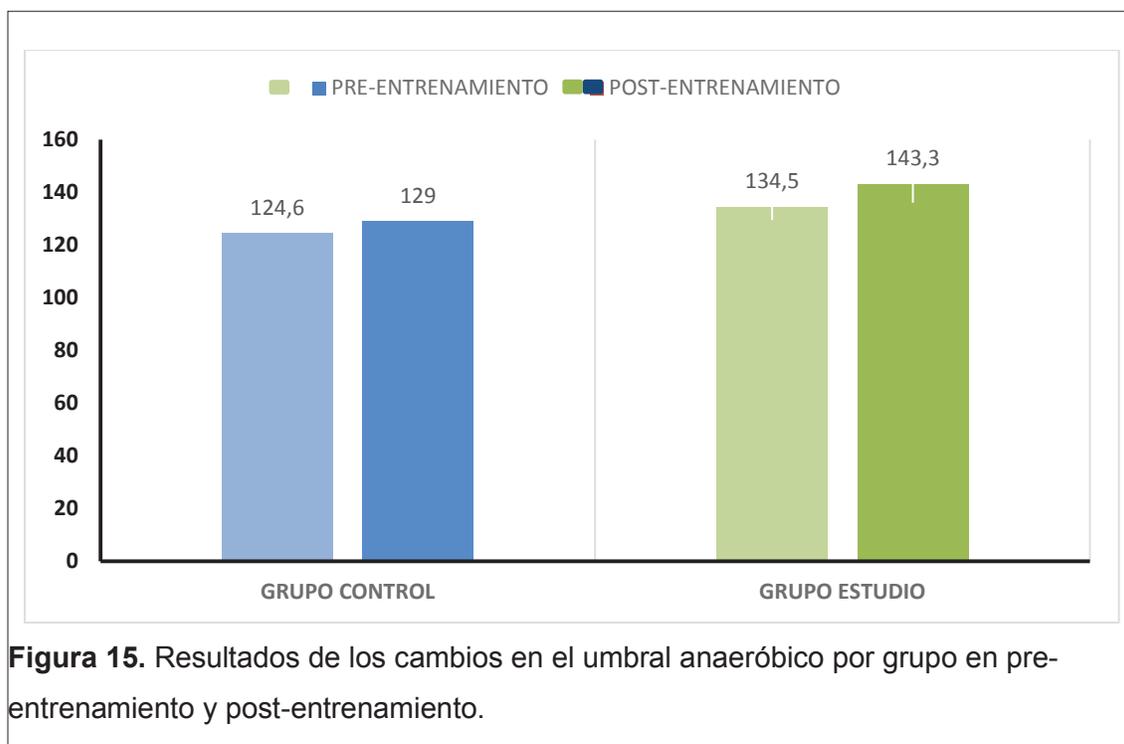


Figura 15. Resultados de los cambios en el umbral anaeróbico por grupo en pre-entrenamiento y post-entrenamiento.

Comparando los promedios de los valores del umbral anaeróbico de cada grupo pre-entrenamiento y post-entrenamiento, se observa que el grupo estudio muestra un aumento de 8.8 pulsaciones en su frecuencia cardíaca que muestra el umbral anaeróbico, mientras que el grupo control muestra un aumento de 4.4 pulsaciones; Resultando un cambio del 98.8% mayor en el grupo estudio, mostrando así que el entrenamiento de fuerza sumado al de resistencia genera mayores cambios en la variable del umbral anaeróbico, produciendo una mejor adaptación al ejercicio, retrasando la aparición de agotamiento y por lo que se puede referir un aumento del rendimiento del ciclista.

Discusión

En la presente tesis, se investigó cómo un entrenamiento dirigido a aumentar la fuerza de los miembros inferiores beneficia al umbral anaeróbico de ciclistas de montaña amateur. Principalmente si el entrenamiento producía una adaptación en la frecuencia cardíaca y por ende un retraso en la aparición de fatiga y mejora del rendimiento.

Nuestros resultados son consistentes con el estudio realizado por Loveless y Webber (2005) donde existió un aumento del umbral anaeróbico medido a través del VO₂MAX. Aunque las mediciones realizadas y el programa de entrenamiento eran distintos en los dos estudios, se mostró un aumento de fuerza en la cuarta semana, mejorando el ahorro de energía en los ciclistas en el estudio de Loveless y Webber. En el presente estudio la fuerza mejoró en un 10% a partir de la quinta semana de entrenamiento. Esta mejora estaba relacionada con un cambio en el perímetro muscular de los ciclistas que mostraron hipertrofia muscular al final del entrenamiento (ver anexo 4).

En el 2011 Ronnestad, demuestra cómo un entrenamiento con ejercicios como las sentadillas puede mejorar el rendimiento del ciclista, reflejado en su tiempo de carrera, disminuyéndolo en un promedio de cinco minutos, aumentando así la velocidad de los ciclistas. Esta complementación de entrenamientos dirigidos a diferentes fibras musculares, muestra una mejora global en el rendimiento del deportista, con adaptaciones musculares como: tamaño, fuerza y velocidad. Si existe ganancia de fuerza en el músculo, se puede lograr una mayor potencia y prolongar la resistencia del mismo. En el anexo 5 se puede observar la mejoría en la distancia lograda y en el tiempo de prueba, valores que no se toman en cuenta en la investigación pero refieren mejoría en la velocidad y resistencia de los ciclistas.

En los anexos 2 y 3 respectivamente se puede analizar el porcentaje de asistencia y cumplimiento de los entrenamientos. En el caso del entrenamiento de resistencia que se cumplió en un 87% entre ambos grupos y el

entrenamiento de fuerza que lo completaron 5 de 6 ciclistas aumentando la fuerza de la musculatura de los miembros inferiores (ver anexo 3 y 4).

Cabe recalcar que la mayoría de estudios son realizados en relación al ciclismo de ruta que se diferencia del ciclismo de montaña por el lugar y terreno de ejecución, el tipo de bicicleta y el tiempo de pruebas, donde el ciclismo de montaña muestra una demanda más brusca de fuerza y potencia en miembros inferiores para cumplir con las pruebas de cambios de altitud, terreno y dificultad. Se puede notar la falta de investigación en el campo del ciclismo de montaña y la poca importancia que se da a diferentes tipos de deportes sin tomar en cuenta las características únicas de estos.

Tomando las palabras de Edmund Burke (1983, pp.6) *“un entrenamiento de fuerza es obligatorio para todo ciclista que quiera alcanzar su máximo potencial”* ya sea un ciclista de ruta y primordialmente en un ciclista de montaña. El entrenamiento de fuerza de miembros inferiores retrasa la presencia de fatiga y mejora el rendimiento del ciclista aumentando de mayor manera su umbral anaeróbico.

Conclusiones

Finalizada la investigación la hipótesis planteada se confirmó, mostrando que el entrenamiento de fuerza muscular de los miembros inferiores genera un cambio en el umbral anaeróbico de los ciclistas de montaña amateur.

Se concluye que:

1. Un programa de entrenamiento de fuerza de ocho semanas utilizando tres ejercicios (Sentadillas, Zancadas y Press de Piernas) favorece al aumento de fuerza en la musculatura de miembros inferiores en un 30% de su 1RM inicial y aumenta el perímetro muscular de los muslos en un promedio de 2.4 centímetros, mostrando así hipertrofia muscular en 5 de cada 6 ciclistas amateur.
2. El entrenamiento centrado en aumentar la fuerza de miembros inferiores, aumenta el umbral anaeróbico de los ciclistas reflejado en el Test de Conconi, con un aumento de aproximado de 8.8 latidos por minuto en la frecuencia cardíaca. Esto equivale a una mejoría del 98.8% mayor al alcanzado por un entrenamiento de resistencia.

Se puede concluir recalando la necesidad de crear entrenamientos completos, basados en el análisis las características de cada deporte, sus cualidades primarias y musculatura necesaria, para así crear maneras de mejorar el desempeño global del deportista y no limitar sus capacidades.

Como se muestra en la investigación, un entrenamiento de fuerza dirigido a la musculatura de los miembros inferiores, añadido al entrenamiento regular de resistencia que realizan los ciclistas de montaña amateur aumenta los valores de variables como el perímetro muscular, fuerza y umbral anaeróbico que a su vez refieren una mejora en el rendimiento de los ciclistas.

Recomendaciones

Los resultados de este estudio sugieren que el entrenamiento de la fuerza de miembros inferiores aumenta el umbral anaeróbico del ciclista, por lo tanto esta serie de entrenamientos debe ser incluida en los programas de preparación física y entrenamientos de los ciclistas de montaña para así mejorar su rendimiento.

Es recomendable entonces:

- Añadir tablas de ejercicios de entrenamiento con los ejercicios: Sentadillas, Zancadas y el Press de Piernas para mejorar la fuerza en miembros inferiores, tomando medidas preventivas para evitar lesiones.
- Nuevos estudios deberían ser realizados para analizar el entrenamiento de otras cualidades físicas (potencia, velocidad, etc) y sus efectos sobre el rendimiento físico de los ciclistas.
- Estos estudios puede realizarse en poblaciones distintas como con ciclistas novatos, de élite, master y de diferentes edades.

Los resultados obtenidos en esta investigación han sido de tanta relevancia que se puede visualizar la necesidad e importancia de continuar con la investigación acerca de los deportes, sus características y necesidades. La amplitud de temas y formas de estudiar al deporte es increíble y de mucho alcance. Se recomienda seguir investigando más formas en las que se pueda ayudar a obtener un mejor desempeño del ser humano en el deporte y en la vida, con entrenamientos más completos y eficaces.

REFERENCIAS

- Alba, J. (2011). *Ciclismo y rendimiento*. Recuperado el 10 de julio del 2014 de http://media.wix.com/ugd/9dac2b_90df71e703543090912301d074e96043.pdf
- Baker, A. (2002). *Medicina del ciclismo*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y Metodología del entrenamiento*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Boeckh, W. (2005). *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Brooks, D. (2001). *Libro de personal trainer*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Buenpedaleo, (sf). *Entrenamiento de ciclista en altura*. Recuperado el 12 de diciembre del 2013 de: <http://www.ropa-ciclismo.com/blog/entrenamiento-ciclista-en-altura-2-3/>
- Burke, E. (1983). *Improved Cycling Performance Through Strength Training*. National Strength & Conditioning Association Journal. Volume 5.
- Burke, E. y Pavelka, E. (2000). *The complete book of long distance cycling*. Colorado, Estados Unidos de Norte América: Rodale.
- Carbajal, G. (2009). *Macro ciclo/mesociclo/microciclo/planificación del entrenamiento*. Recuperado el 10 de diciembre del 2013 de: www.triatlonrosario.com/2009/10
- Carey, D. (2002). *Assessment of the Accuracy of the Conconi Test in Determining Gas Analysis Anaerobic Threshold*. Recuperado el 9 de Julio del 2014 del Journal of Strength & Conditioning Research, http://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2002/11000/assessment_of_the_accuracy_of_the_conconi_test_in.24.aspx
- Castellote, J. (2009). *Biomecánica de la extremidad inferior en el ciclista*. Recuperado el 10 de Junio del 2014 de: http://femede.es/documentos/Biomec_ciclismo_233_11.pdf
- Comunidadciclismo. (s.f). *La postura sobre la bicicleta*. Recuperado el 2 de octubre de 2013 de <http://comunidadciclismo.com/la-postura-sobre-la-bicicleta/>

- Conconi, F. et al. (1982). *Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners*. Journal of Applied Physiology.
- Deporte digital. (s.f). *Las capacidades físicas*. Recuperado el 21 de Septiembre de <http://www.deportedigital.galeon.com/entrena/capacidades.htm>
- Diedrich, M y Klaus, C. (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Dieguez, J. (2007). *Entrenamiento funcional en programas de fitness*. Barcelona, España. Inde.
- Doctissimo. (s.f). *Musculo: definición*. Recuperado el 20 de septiembre de www.salud.doctissimo.es/diccionario-medico.html
- Dougherty, N. (1985) *Educación física y deportes*. Barcelona, España: Reverte.
- Elpalaciodelrodado, sf. (2014). *Seguridad en bicicleta*. Recuperado el 15 de agosto del 2014 de <http://www.elpalaciodelrodado.com/seguridad-en-la-bicicleta/>
- Esbici. (s.f.). *Ciclismo de Montaña*. Recuperado el 2 de octubre del 2013 de www.esbici.com/ciclismo-montana.html
- González, A. (2008). *Historia del ciclismo de montaña*. Recuperado el 2 de octubre de 2013 de www.teambmxcarabobo.superforo.net/t29-historia-del-ciclismo-de-montana
- Gonzales, J (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona, España: Inde.
- Herrera, A. (2014). *La respuesta cardíaca a las cargas de entrenamiento en levantadores de pesas*. Recuperado el 10 de agosto del 2014 de <http://www.efdeportes.com/efd192/la-respuesta-cardiaca-en-levantadores-de-pesas.htm>
- Impellizzeri, M y Marcora, S. (2007). *Fisiología del ciclismo*. Recuperado el 10 de febrero del 2014 de: <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-ciclismo/articulos/fisiologia-del-mountain-bike-1362>
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Madrid-España. Panamericana.
- Kendal, F. (2007). *Músculos. Pruebas funcionales*. (5ta ed.). Madrid, España. Marban.

- Labandeira, T. (2012). *Vías energéticas para la obtención del ATP*. Recuperado el 20 de Septiembre del 2013 de <http://www.entrenamiento.com/atletismo/vias-energeticas-para-la-obtencion-del-atp/>
- Lara, J. (2011). *El umbral anaeróbico*. Recuperado el 10 de abril del 2014 de <http://www.vitonica.com/entrenamiento/el-umbral-anaerobico-i-que-es>
- Lehnertz, K. y Martin, D. (1988). "*Probleme der Schwellenkonzepte bei der Trainingssteuerung im Ausdauerbereich*". Leistungssport
- Leight, B. (2010). *Anatomía y entrenamiento*. Badalona, España: Paidotribo.
- López, J. y Fernández, A. (2008). *Fisiología del ejercicio*. (3ra.ed.). Buenos Aires, Argentina: Panamericana
- López, L. y Chicharro, J. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Buenos Aires, Argentina: Panamericana.
- Mazza, J. (2011). *Adaptaciones anátomo-fisiológicas, hormonales y neurales al entrenamiento de la Fuerza (Parte II)*. Recuperado el 10 de julio de <http://www.fecna.com/wp-content/uploads/2011/08/6-10-Adaptaciones-al-Entrenamiento-de-la-Fuerza-Parte-II.pdf>
- Minuchin, P. (2005). *Fisiología del ejercicio: Metabolismo intermedio y regulación hormonal*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko.
- Mirella, R. (2011). *Nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Morale, P. (2011). *Contracción muscular*. Recuperado el 20 de Septiembre del 2013 de <http://biologia.laguia2000.com/anatomia-animal/contraccion-muscular>
- Moore, K y Dalley, A. (2007). *Anatomía con orientación clínica*. (5ta ed.). D.F, México. Panamericana.
- Mountainbike.es, (s.f.). (2009). *10 cosas que debes saber sobre el consumo máximo de oxígeno*. Recuperado el 20 de Septiembre del 2013 de <http://www.mountainbike.es/preparacion/salud/articulo/que-es-el-vo2-max>
- Movellan, J. (2010). *El ciclista y sus adaptaciones fisiológicas*. Recuperado el 11 de diciembre del 2013 de: <http://www.bikeandbreakfast.es/ciclismo-el-ciclista-y-sus-adaptaciones-fisiologicas-sistema-circulatorio/#comments>

- Mundomammoth. (s.f.). *Altura del sillín de la bicicleta*. Recuperado el 20 de septiembre de <http://www.youtube.com/watch?v=GskchTF3Z5Q>
- Ortiz, O. y Rentería, C. (2000). *Test de Conconi como método de evaluación no invasivo del umbral anaeróbico en adolescentes*. Recuperado el 19 de agosto del 2014 de <http://es.slideshare.net/ANALISIS/test-de-conconi-como-mtodo-de-evaluacin-no-invasivo-del-umbral-anaerbico-en-adolescentes>
- Paguansport, sf. (2014). *Mtb. Altura del sillín*. Recuperado el 1 de agosto del 2014 de <http://paguansport.blogspot.com/2011/11/mtb-altura-del-sillin.html>
- Pons, J. (2007). *La musculatura en el pedaleo*. Recuperado el 2 de octubre de 2013 de www.ciclismoyentrenamiento.blogspot.com/2009/06/la-musculatura-del-pedaleo.html
- Portilla, C. (2012). *Umbral anaeróbico*. Recuperado el 10 de Octubre del 2013 de www.entrenopersonal.com-umbral-aa.aspx
- Prensalibre, sf. (2014). *Ciclismo de montaña*. Recuperado el 1 de agosto de http://www.prensalibre.com/deportesold/Ciclismo-Montana-Guatemala_5_239426057.html.
- Purobike, sf. (2014). *Postura correcta sobre la bicicleta*. Recuperado el 10 de septiembre del 2014 de <http://purobike.wordpress.com/tips-y-entrenamiento/postura-en-la-bici/>
- Roberts, O. (2003). *En forma con la bicicleta*. Barcelona, España: Hispano–Europea.
- Rodríguez, R. (2009) *Fisiología del deporte y del ejercicio*. Madrid, España: Panamericana.
- Rønnestad, B. (2011). *Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. Recuperado el 10 de enero del 2013 de <file:///C:/Users/Christian%20Armas/Downloads/0fcfd50bd28483c8a4000000.pdf>
- Sánchez, A. (2013). *Tallas y medidas para bicicleta mtb de montaña*. Recuperado el 21 de Septiembre del 2014 de <http://www.granabike.com/consejos/medidas/353-talla-btt.html>

- Sánchez, A. (2014). *Ácido láctico y rendimiento físico*. Recuperado el 10 de enero del 2014 de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iespablocassio/1999/articulos/articulo6.PDF>
- Sovndal, S. (2009). *Cycling Anatomy*. Estados Unidos de Norte América: Ronin.
- Suarez, G. (2011). *Biomecánica deportiva aplicada*. Medellín, Colombia: Funámbulos Editores.
- Subiela, J. (2007). *Aspectos fundamentales del umbral anaeróbico*. Recuperado el 15 de julio del 2014 de http://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE_378.pdf
- Todomountainbike. (s.f). *Ejercicio Aeróbico vs. Anaeróbico*. Recuperado el 4 de octubre del 2013 de www.todomountainbike.es
- Thomson, S. (2011). *¿Qué forma de energía se necesita en deportes acíclicos y cíclicos?* Recuperado el 10 de abril del 2014 de http://www.ehowenespanol.com/forma-energia-necesita-deportes-aciclicos-ciclicos-info_277562/
- Unioncyclisteinternationale. (s.f.). *Cross Country*. Recuperado el 2 de octubre del 2013 de www.u.ci.ch
- Vasconcelos, A. (2005). *La fuerza, entrenamiento para jóvenes*. Padalona-España. Paidotribo.
- Vinueza, M. y Coll, J. (1987). *Teoría básica del entrenamiento*. Madrid, España: Esteban Saenz Martinez.
- Vitonica. (s.f.) *Umbral anaeróbico ¿Qué es?* Recuperado el 3 de Octubre de 2013 de www.vitonica.com/entrenamiento/el-umbral-anaerobico-i-quee-es
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona, España: Paidotribo.

ANEXOS

ANEXOS:

Anexo 1.

Protocolo del Test de Conconi.

Anexo 2.

Programa de entrenamiento de resistencia para ciclistas de montaña amateur.

Anexo 3.

Programa de entrenamiento de fuerza de miembros inferiores.

Anexo 4.

Tablas de entrenamiento de fuerza grupo estudio.

Anexo 5.

Tabla de resultados generales.

Anexo 6.

Test de Conconi de cada ciclista en sistema Tacx Fortius

Anexo 7.

Índice de ecuaciones.

Anexo 8.

Marco administrativo.

Anexo 9.

Base legal.

Anexo 10.

Glosario.

Anexo 1. Protocolo del Test de Conconi

Los Test de Conconi se realizaron en el sistema Tacx Fortius, sistema que mide las variables como velocidad, distancia, resistencia, tiempo y frecuencia cardiaca y genera una gráfica según el tiempo. Para ver el resultado de cada ciclista ver anexo 6

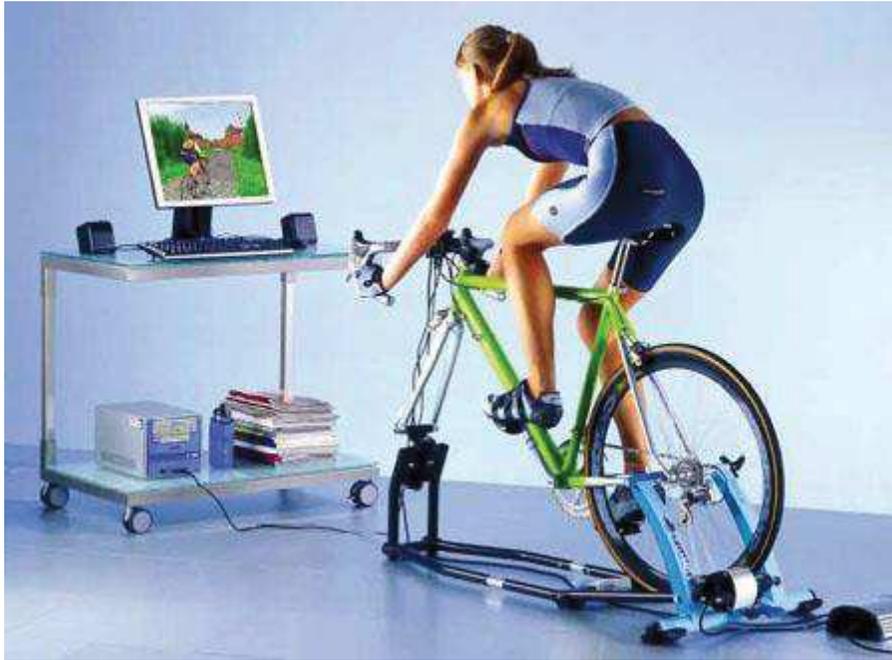


Figura 16. Sistema Tacx Fortius

Tomada de: <http://www.seeyourheartbeat.com/tacx-fortius-vr-trainer-t1940>

Antes de iniciar el test se revisara ciertas condiciones del material utilizado. Cabe recalcar que los test se realizarán bajo las mismas condiciones estandarizadas e idénticas para ser válidos como refiere Weineck (2005. pp. 180).

1. Se explica al ciclista el protocolo a seguir y la importancia de su desempeño en la prueba
2. Se verificara que la medida de la presión de la llanta trasera de la bicicleta sea de 30psi para todas las pruebas.
1. Se posicionara la altura del sillín dependiendo de la medida correcta para cada ciclista.

Después de verificar estas condiciones, el ciclista inicia el test siguiendo el siguiente protocolo:

- El ciclista realiza un calentamiento previo de 8 minutos, manteniendo una velocidad de 15km/h con una resistencia de 100 Watts.
- Después de este tiempo de calentamiento, inicia el aumento de la intensidad del ejercicio se le pedirá al ciclista que aumente su velocidad a 20km/h donde empezará la toma de datos.
- Cada minuto: se pide al ciclista que aumente la velocidad en 2km/h más hasta que le sea imposible seguir realizando este aumento.
- Se toma nota de la frecuencia cardíaca cada 30 segundos.
- El test termina cuando el ciclista sea incapaz de continua.

Una vez obtenidos los datos de la frecuencia cardíaca, se los colocará en un cuadro XY con los valores de la velocidad/tiempo en el eje X y los de la frecuencia cardíaca en el eje Y.

Se buscará el punto de inflexión que determina el Umbral anaeróbico. Esto se realizará en todos los ciclistas del club.

Escogido el método para encontrar el Umbral anaeróbico de los ciclistas, se continúa estudiando información que será útil en la planificación del entrenamiento de fuerza de miembros inferiores para los ciclistas.

Anexo 2. Programa de entrenamiento de resistencia para ciclistas de montaña amateur

Este programa de entrenamiento se elaboró en ocho salidas de ciclismo de montaña, en un circuito del parque Metropolitano de Quito, aumentando la distancia progresivamente para buscar un aumento en la resistencia de los ciclistas amateur.

Doce ciclistas participaron en este entrenamiento de resistencia desarrollado en un circuito aproximado de cinco kilómetros con un porcentaje del 48% del circuito con una inclinación de entre 20 y 45 grados.

Tabla 7. Entrenamiento de resistencia

CONTENIDOS	ACTIVIDADES	DISTANCIA	FECHA INICIO	RESPONSABLE
Resistencia	Salida 1	15 Km	1era semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 2	25 Km	2da semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 3	30 Km	3era semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 4	45 Km	4ta semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 5	45 Km	5ta semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 6	50 Km	6ta semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 7	50 Km	7ma semana	Cristian Armas/ ciclista del club
	Salida 8	55 km	8va semana	Cristian Armas/ ciclista del club

Tabla de asistencia: entrenamiento de resistencia.

0: asiste

X: no cumple / no asiste

		15km	25km	30km	45km	45km	50km	50km	55km	asistencia	total
Grupo control	1	o	o	o	o	o	o	o	o	8	8
	2	o	x	o	o	x	o	o	o	6	8
	3	o	x	o	o	o	0	x	o	6	8
	4	o	x	0	o	o	o	x	o	6	8
	5	o	0	o	0	o	o	o	o	8	8
	6	o	o	o	o	o	o	o	0	8	8
Grupo estudio	1	o	o	x	x	o	o	0	o	6	8
	2	o	o	o	o	o	o	o	o	8	8
	3	o	o	x	x	o	o	o	x	5	8
	4	o	o	o	x	o	o	o	o	7	8
	5	o	o	o	o	o	o	o	o	8	8
	6	o	o	o	o	o	o	o	o	8	8



Figura 17. Asistencia al entrenamiento de resistencia

Anexo 3. Programa de entrenamiento de fuerza de miembros inferiores, para ciclistas de montaña amateur.

Este programa fue realizado por la Licenciada Verónica Ávila, entrenadora Física y por Cristian Armas, estudiante de Fisioterapia y ciclista de montaña. Está dirigido al aumento de fuerza de los principales músculos que el ciclista de montaña amateur utiliza en el pedaleo.

Este entrenamiento se basó en el manual de *Fundamentos del entrenamiento de Fuerza* de Gonzales (2002, pp.191-215) donde se refieren pautas para programar un entrenamiento apuntando a aumentar la Fuerza máxima, Fuerza resistencia y Fuerza explosiva. Tomando en cuenta el número de repeticiones (8-12), la carga de peso (50%-95%), el tiempo de descanso (2-4 minutos) y la frecuencia de entrenamiento (2-3 veces por semana).

El entrenamiento se centra en los ejercicios llamados: Squat o sentadilla, Zancadas y una máquina denominada Press de piernas. Se ha elegido estos ejercicios, puesto que fortalecen musculatura que coincide con la utilizada en el ciclismo de montaña (Leight, 2010 pp.58-81).

Se utiliza el sistema de entrenamiento HIIT (high intensity interval training); que comprende series de pocas repeticiones (8-10) con peso progresivo.

Seis ciclistas del grupo realizaron este entrenamiento sumado a las salidas de resistencia.

Se midió la RM con la fórmula de BRZYCKI que nos da un valor en relación al peso utilizado y las repeticiones conseguidas en cada ejercicio.

$$1RM = \text{peso utilizado} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{Repeticiones}))$$

(Ecuación 2: fórmula de Brzycki)

El aumento del peso para los ejercicios fue progresivo iniciando con el 50% de RM y se buscó finalizar el entrenamiento con el 130% del RM al final de las ocho semanas de entrenamiento.

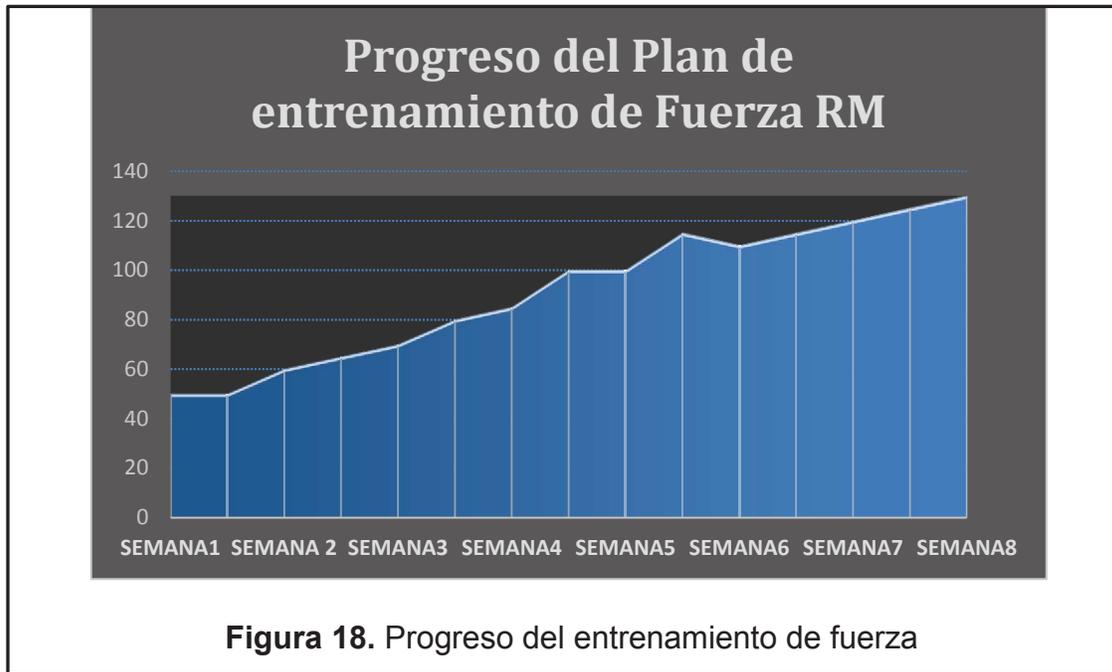


Tabla de contenidos.

CONTENIDOS	ACTIVIDADES	FECHA INICIO	RESPONSABLE
Acondicionamiento y técnica	Enseñar la técnica de los ejercicios	1era semana	Cristian Armas / ciclistas amateur
Entrenamiento de fuerza	Squat Press de piernas	2da a 8 va semana	Cristian Armas / ciclistas amateur

Ejercicios utilizados:

Se escogió los siguientes ejercicios, por la musculatura que utilizan, ya que es la misma que el ciclista utiliza en el pedaleo.

Al realizar estos ejercicios con pesas, se da un entrenamiento completo con contracciones concéntricas y excéntricas de todos los músculos de miembro inferior.

Un punto clave para la ejecución de estos ejercicios es que en la técnica de realización, las rodillas al flexionarse, no deben pasar la punta de los pies para protección de la articulación y para mayor concentración de fuerza en la musculatura deseada. Situación que se da de misma manera en el pedaleo.

1. Zancadas, lunges o tijeras.

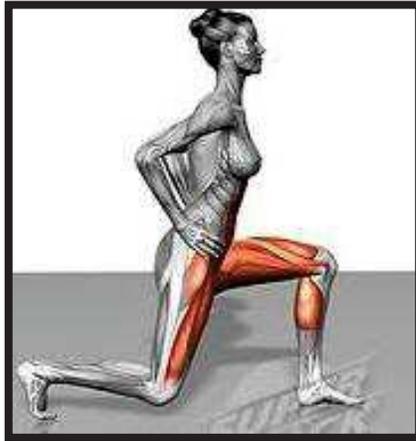


Imagen 1. Tomada de: <http://www.stkildafitnesstrainer.com.au/blog/page/3/>

Fortalece: Cuádriceps, glúteo, gemelos, tibiales

2. Squat o sentadilla

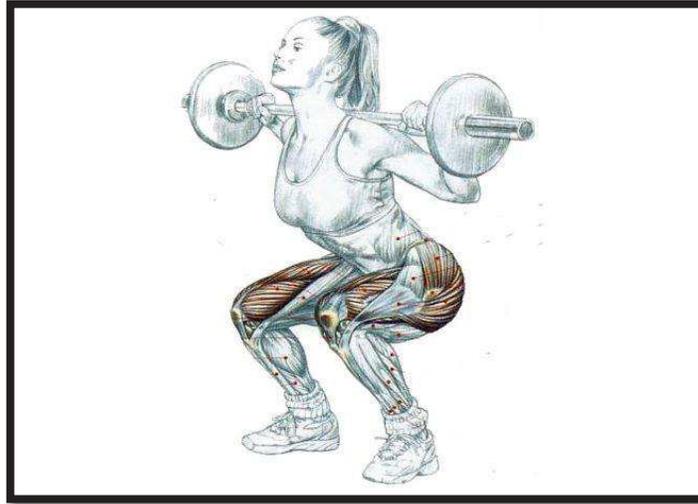


Imagen 2. Tomada de: www.vitonica.com

Fortalece: Cuádriceps, glúteo, gemelos, tibiales

3. Press de Piernas

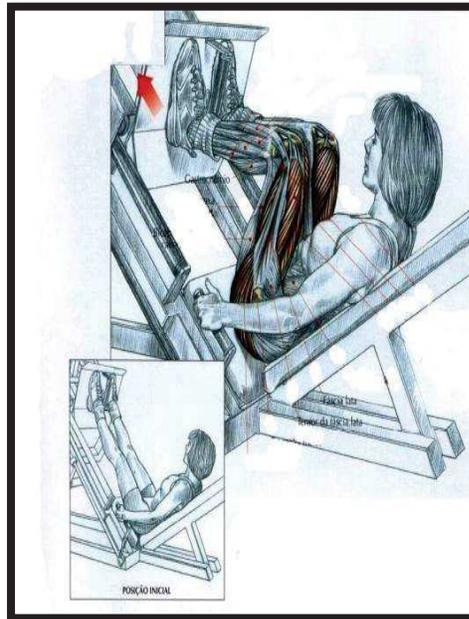


Imagen 3. Tomada de aislanbritomachadopersonal.blogspot.com

Fortalece: Cuádriceps, glúteos, gemelos, tibiales

Tabla 8. Plan de entrenamiento de fuerza por semanas

A continuación se presenta el plan de entrenamiento descrito por semanas, se puede observar el ejercicio con el número de repetición, carga y tiempo de descanso.

El entrenamiento está organizado para entrenar 2 días a la semana con un descanso de 2-3 días entre entrenamientos.

En esta tabla se presentan palabras clave:

Serie: Cantidad de veces que se hace el ejercicio. Contiene x número de repeticiones.

Rep: número de repeticiones por serie
Max: máximo Squat: sentadilla, flexión de rodillas hasta 90 grados

Pirámides: 3 series continuas con repeticiones hasta el agotamiento. Con aumento progresivo de peso.

Semana 1	
Día 1	Día 2
Calentamiento previo : -8 minutos de bicicleta estática Zancadas sin peso x 10 rep Instrucción de técnica MEDIDA DE FUERZA MAX: -máquina para squat -leg press (ver anexo 4 para cada ciclista)	Calentamiento previo: igual al DIA 1 SQUATS: 50% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso entre serie de 1-3 min) LEG PRESS: 50% 4 series de 10 rep (descanso entre serie de 1-3 min)

Semana 2	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 5 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 60% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 60% 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1-3 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 5lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 65% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 65 % 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1-3 min)</p>

Semana 3	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 10 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 70% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 75% 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 10 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 75% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 80% 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>

Semana 4	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 15 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 85% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 90 % 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 15 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 90% DEL PESO MAX 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 100 % 4 series de 10 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>

Semana 5	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 15 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 100% DEL PESO MAX 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 105% 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 110% DEL PESO MAX 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 115 % 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>

Semana 6	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 110% DEL PESO MAX 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 115 % 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p><u>pirámides</u></p> <p>SQUATS: 100-110-115% 3 series (descanso ente serie de 3 min)</p> <p>LEG PRESS: 100-110-115 % 3 series (descanso ente serie de 3 min)</p>

Semana 7	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 120% DEL PESO MAX 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 120 % 4 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p><u>pirámides</u></p> <p>SQUATS: 110-115-125% 3 series (descanso ente serie de 3 min)</p> <p>LEG PRESS: 110-115-125 % 3 series (descanso ente serie de 2 min)</p>

Semana 8	
Día 1	Día 2
<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p>SQUATS: 130% DEL PESO MAX 3 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p> <p>LEG PRESS: 130 % 3 series de 8 rep (descanso ente serie de 1 min)</p>	<p>Calentamiento previo</p> <p>Bicicleta estática 10 min</p> <p>Zancadas con mancuernas de 20 lb, 10 rep</p> <p><u>pirámides</u></p> <p>SQUATS: 115-120-130% 3 series (descanso ente serie de 3 min)</p> <p>LEG PRESS: 115-120-130% 3 series (descanso ente serie de 2 min)</p>

Anexo 4. Tablas de entrenamiento de fuerza del grupo estudio

En las siguientes tablas se observa el progreso en el entrenamiento de fuerza de los seis ciclistas del grupo estudio, los cuadros con fondo gris indican días que no se cumplieron por inasistencia o incapacidad de realizar el ejercicio con el peso propuesto.

Ciclista 1

		Perímetro muscular		
		Pre entrenamiento	izq: 48,5 cm	der: 50cm
			(200bs x 10 reps)	(30lbs x 12 reps)
		1RM:	267 lb	40lb
			Press de Piernas	Sentadilla
Semana 1	día 1 50%		135lb	20lb
	día 2 50%		135lb	20lb
Semana 2	día 1 60%		162lb	24lb
	día 2 65%		175lb	26lb
Semana 3	día 1 70-75%		200lb	28lb
	día 2 75-80%		215lb	32lb
Semana 4	día 1 85-90%		240lb	36lb
	día 2 90-100%		267lb	40lb
Semana 5	día 1 100-105%		270lb	42lb
	día 2 110-115%		300lb	64lb
Semana 6	día 1 110-115%		300lb	64lb
	día 2 115% Δ		300lb	64lb
Semana 7	día 1 120%		305lb	48lb
	día 2 125% Δ		320lb	50lb
Semana 8	día 1 130%		340lb	52lb
	día 2 130% Δ		340lb	52lb
		Perímetro muscular		
		Post entrenamiento	izq: 49 cm	der: 52 cm

Ciclista 2	Perímetro muscular Pre entrenamiento	izq:43cm	der: 44cm
	1RM:	(200lbs x 12 reps) 267 lb	(35lbs x 10 reps) 47lb
		Press de Piernas	Sentadilla
Semana 1	día 1 50%	135lb	23lb
	día 2 50%	135lb	23lb
Semana 2	día 1 60%	162lb	28lb
	día 2 65%	175lb	30lb
Semana 3	día 1 70-75%	200lb	31lb
	día 2 75-80%	215lb	37lb
Semana 4	día 1 85-90%	240lb	42lb
	día 2 90-100%	267lb	47lb
Semana 5	día 1 100-105%	270lb	49lb
	día 2 110-115%	300lb	54lb
Semana 6	día 1 110-115%	300lb	54lb
	día 2 115% Δ	300lb	54lb
Semana 7	día 1 120%	305lb	57lb
	día 2 125% Δ	320lb	58lb
Semana 8	día 1 130%	340lb	61lb
	día 2 130% Δ	340lb	61lb
Perímetro muscular Post entrenamiento		izq: 45 cm	der: 46 cm

Ciclista 3	Perímetro muscular Pre entrenamiento	izq:42cm	der: 44cm
	1RM:	(200 lbs x 8 reps) 248lb	(40 lbs x 10 reps) 53Lb
		Press de Piernas	Sentadilla
Semana 1	día 1 50%	124lb	26lb
	día 2 50%	124lb	26lb
Semana 2	día 1 60%	148lb	31lb
	día 2 65%	160lb	34lb
Semana 3	día 1 70-75%	186lb	39lb
	día 2 75-80%	198lb	42lb
Semana 4	día 1 85-90%	223lb	47lb
	día 2 90-100%	248lb	53lb
Semana 5	día 1 100-105%	260lb	55lb
	día 2 110-115%	285lb	60lb
Semana 6	día 1 110-115%	285lb	60lb
	día 2 115% Δ	285lb	60lb
Semana 7	día 1 120%	297lb	63lb
	día 2 125% Δ	310lb	66lb
Semana 8	día 1 130%	320lb	68lb
	día 2 130% Δ	320lb	68lb
Perímetro muscular Post entrenamiento		izq: 48 cm	der: 46.5 cm

Ciclista 4

	Perímetro muscular Pre entrenamiento	izq: 44 cm	der: 42 cm
		(200 lbs x 12 reps)	(40 lbs x 10 reps)
	1RM:	267 lb	53lb
		Press de Piernas	Sentadilla
semana 1	día 1 50%	135lb	26lb
	día 2 50%	135lb	26lb
semana 2	día 1 60%	162lb	31lb
	día 2 65%	175lb	34lb
semana 3	día 1 70-75%	200lb	39lb
	día 2 75-80%	215lb	42lb
semana 4	día 1 85-90%	240lb	47lb
	día 2 90-100%	267lb	53lb
semana 5	día 1 100-105%	270lb	55lb
	día 2 110-115%	300lb	60lb
semana 6	día 1 110-115%	300lb	60lb
	día 2 115% Δ	300lb	60lb
semana 7	día 1 120%	305lb	63lb
	día 2 125% Δ	320lb	66lb
semana 8	día 1 130%	340lb	68lb
	día 2 130% Δ	340lb	68lb
	Perímetro muscular Post entrenamiento	izq: 48 cm	der: 47.5 cm

Ciclista 5	Perímetro muscular Pre entrenamiento	izq: 40 cm	der: 40.5 cm
	1RM:	(150 lbs x 8 reps) 186 lb	(20 lbs x 8 reps) 25lb
		Press de Piernas	Sentadilla
Semana 1	día 1 50%	90lb	12lb
	día 2 50%	90lb	12lb
Semana 2	día 1 60%	111lb	15lb
	día 2 65%	120lb	15lb
Semana 3	día 1 70-75%	139lb	18lb
	día 2 75-80%	148lb	20lb
Semana 4	día 1 85-90%	167lb	22lb
	día 2 90-100%	186lb	25lb
Semana 5	día 1 100-105%	193lb	26lb
	día 2 110-115%	210lb	28lb
Semana 6	día 1 110-115%	210lb	28lb
	día 2 115% Δ	210lb	28lb
Semana 7	día 1 120%	223lb	30lb
	día 2 125% Δ	230lb	31lb
Semana 8	día 1 130%	240lb	32lb
	día 2 130% Δ	240lb	32lb
Perímetro muscular Post entrenamiento		izq: 42 cm	der: 42 cm

Ciclista 6

	Perímetro muscular Pre entrenamiento	izq: 45 cm	der: 46 cm
	1RM:	(200 lbs x 8 reps) 248 lb	(20 lbs x 10 reps) 27lb
		Press de Piernas	Sentadilla
Semana 1	día 1 50%	124lb	13lb
	día 2 50%	124lb	13lb
Semana 2	día 1 60%	148lb	16lb
	día 2 65%	160lb	17lb
Semana 3	día 1 70-75%	186lb	10lb
	día 2 75-80%	198lb	21lb
Semana 4	día 1 85-90%	223lb	24lb
	día 2 90-100%	248lb	27lb
Semana 5	día 1 100-105%	260lb	28lb
	día 2 110-115%	285lb	31lb
Semana 6	día 1 110-115%	285lb	31lb
	día 2 115% Δ	285lb	31lb
Semana 7	día 1 120%	297lb	32lb
	día 2 125% Δ	310lb	33lb
Semana 8	día 1 130%	320lb	35lb
	día 2 130% Δ	320lb	35lb
	Perímetro muscular Post entrenamiento	izq: 45.1 cm	der: 46.1 cm

Resultados de Entrenamiento de Fuerza

Análisis: según el Plan de entrenamiento de fuerza para los ciclistas del grupo estudio, 5 de 6 ciclistas culminaron el entrenamiento completando los ejercicios propuestos con un 130% de su RM, esto equivale a que un 83% del grupo aumento su RM en ambos ejercicios utilizados.

Interpretación: el plan de entrenamiento de fuerza dirigido para miembros inferiores, aumentó el RM de la mayoría de ciclistas del grupo estudio, aumentado la fuerza de la musculatura de sus miembros inferiores con un porcentaje notable.

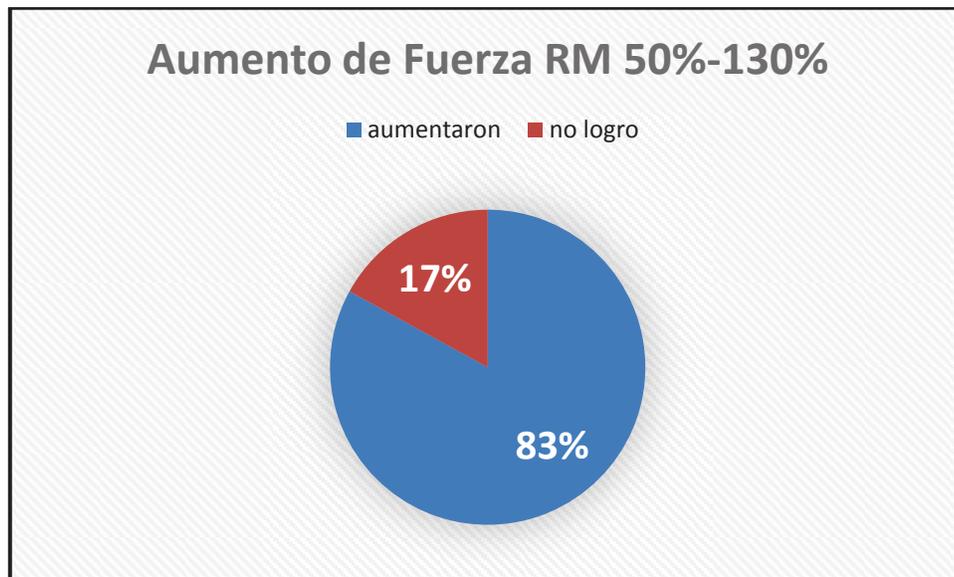


Figura 19. Aumento de fuerza Grupo estudio

Tabla 9. Resultados de los cambios en el perímetro muscular de muslo en ciclistas del grupo estudio

	CAMBIOS EN PERIMETROS MUSCULARES DE PIERNA			
	PRE-ENTRENAMIENTO		POST-ENTRENAMIENTO	
	pm izq	pm der	pm izq	pm der
ciclista 7:	48.5cm	50cm	49cm	52cm
ciclista 8:	43cm	44cm	45cm	46cm
ciclista 9:	42cm	44cm	48cm	46.5cm
ciclista 10:	44cm	42cm	48cm	47.5cm
ciclista 11:	40cm	40.5cm	42cm	42cm
ciclista 12:	45cm	46cm	45.1cm	46.1cm

Como se observa en la tabla 7, todos los ciclistas aumentaron el perímetro muscular de sus miembros inferiores en un promedio de 2.4cm, mostrando hipertrofia de la musculatura después de las ocho semanas de entrenamiento de fuerza.

Anexo 5. Resultados Generales

Resultados											
Variable	PRE ENTRENAMIENTOS						POST ENTRENAMIENTOS				
	PERÍMETROS MUSCULARES		TEST DE CONCONI			PERÍMETROS MUSCULARES		TEST DE CONCONI			
	pm izq (cm)	pm der (cm)	Umbral A. (lpm)	Distancia (km)	tiempo (min)	pm izq (cm)	pm der (cm)	Umbral A. (lpm)	Distancia (km)	Tiempo (min)	
GRUPO CONTROL	ciclista 1:	51,5	50	128	4,41	11:43	52	51	130	5,1	13:53
	ciclista 2:	44	43	99	4,63	12:01	45	44	116	5,96	14:10
	ciclista 3:	48	49	113	3,9	8:36	48	49	113	3,9	8:36
	ciclista 4:	47	46	144	5,64	13:49	47	46	145	5,67	13:51
	ciclista 5:	46	47	114	6,65	14:46	46	47	120	11,7	23:10
	ciclista 6:	43	43	150	5,25	14:20	43,5	43,5	150	5,4	14:38
GRUPO ESTUDIO	ciclista 1:	48,5	50	114	6,65	14:46	49	52	135	10,22	21:42
	ciclista 2:	43	44	140	6,05	14:28	45	46	140	6,09	14:42
	ciclista 3:	42	44	148	4,14	11:03	48	46,5	163	5,11	14:08
	ciclista 4:	44	42	122	8,24	18:25	48	47,5	137	2,23	7:37
	ciclista 5:	40	40,5	150	5,25	14:20	42	42	150	5,25	14:20
	ciclista 6:	45	46	133	4,62	12:28	45,1	46,1	135	5,25	15,25

Anexo 6. Test de Conconi pre y post entrenamiento de cada ciclista en sistema Tacx Fortius

GRUPO CONTROL

Ciclista 1

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 2

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 3

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 4

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 5

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 6

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



GRUPO ESTUDIO

Ciclista 1

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 2

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 3

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 4

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 5

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Ciclista 6

Test pre entrenamiento



Test post entrenamiento



Anexo 7. Índice de Ecuaciones

(Ecuación 1: Altura del sillín de la bicicleta)	13
(Ecuación 2: formula de Brzycki).....	64

Anexo 8. Marco Administrativo

7.1 Recursos

Institucionales:

- Para esta investigación se trabajó dentro de la Udla, con el Club de Aventura de la Udla
- Se utilizó la ayuda del centro de rehabilitación Medical Track, que nos facilitó su ergómetro y el lugar donde realizamos las pruebas físicas

Humanos:

- Doce ciclistas de montaña amateur del Club de Aventura de la UDLA
- El señor Pablo Muñoz, Presidente y profesor del Club de Aventura, ayudó con la creación y realización del Plan de entrenamiento de resistencia para los ciclistas amateur
- El Doctor Diego Jirón será el Director de Tesis en esta investigación.
- La Doctora Martha Aguirre fue profesora guía en la investigación.
- La Licenciada Verónica Ávila, Entrenadora Física ayudó con la planeación del entrenamiento de fuerza de miembros inferiores.

Materiales:

- Un monitor de frecuencia cardíaca y un velocímetro.
- Un rodillo de entrenamiento TACX.
- Una bicicleta de montaña Trek.

En cuanto a la parte económica el tesista financió todos los gastos que se requirieron.

7.2 Presupuesto

Tabla de gastos

Rubro de gastos	Valor
1. Banda polar cs 100	100.00
2. Material bibliográfico	50.00
3. Gimnasio	250.00
4. Alimentación	40.00
5. Papelería e impresiones	200.00
6. Imprevistos	100.00
Total:	740.00

Anexo 9. Base Legal

Todos los aspectos de la investigación no violan ninguna ley, ni invaden derechos no autorizados.

Unos de los Objetivos del Ministerio del deporte de Ecuador es: "Impulsar la investigación científica y de las ciencias aplicadas al deporte" por lo que una investigación dirigida al ciclismo de montaña puede favorecerles.

Los ciclistas participan de manera voluntaria en la investigación, al tratarse de miembros de un club institucional se solicitó el permiso respectivo al Coordinador de clubes de la Udl.

La utilización del Test de Conconi y su protocolo es de uso libre.

La utilización del sistema Tacx está permitido al obtener el producto.

En lo que se refiere al marco legal no se encuentra ningún problema en el aspecto legal con la realización de la investigación

Anexo 10. Glosario

Ciclismo de montaña: categoría del ciclismo que se diferencia por el tipo de bicicleta que se utiliza, los terrenos en los que se desenvuelve y la distancia recorrida

Ciclista amateur: o aficionado al ciclismo, persona de índole no profesional en el ciclismo. Lo realiza por satisfacción propia

Club de aventura de la UDLA: club formado en el 2011 para fomentar la práctica de deportes de aventura como el alpinismo, ciclismo de montaña y escalada.

Entrenamiento: programa de ejercicios progresivos que busca un objetivo, principalmente el aumento de una cualidad física

Frecuencia Cardíaca máxima: de la ecuación $220 - \text{edad}$ del sujeto

Frecuencia cardíaca: cantidad de latidos del corazón por minuto de tiempo.

Fuerza: capacidad de vencer una carga, en el cuerpo la capacidad de los músculos de contraerse con una resistencia en contra

Miembros inferiores: refiere a las piernas, desde la cadera hasta los pies

Parque Metropolitano de Quito: Parque en el centro-este de la ciudad con una altura de 2988 metros sobre el nivel del mar con caminos de tierra y piedra.

Pedaleo: acción de los miembros inferiores sobre los pedales para girar la llanta trasera por medio de la tracción de la cadena sobre los piñones

Rendimiento: o performance es la capacidad de realizar o llevar a cabo un trabajo

Resistencia: capacidad de mantener una actividad por el mayor tiempo posible.

1RM: resistencia máxima, es un promedio del peso levantado y las repeticiones que nos indica el peso máximo que puede vencer el sujeto en un ejercicio.

Rodillo de entrenamiento: ergómetro adaptable a la bicicleta que genere resistencia y torque a la llanta trasera de la misma

Squat: ejercicio para miembros inferiores donde con resistencia en la barra colocada en los hombros, se realiza una flexión de rodillas y caderas bajando el tronco y se extiende las piernas para levantarlo

Test de Conconi: Test de esfuerzo máximo que busca una relación entre el aumento de la intensidad del ejercicio y la frecuencia cardíaca, marcando el Umbral anaeróbico

UDLA: Universidad de las Américas en Quito Ecuador.

Umbral anaeróbico: Zona o punto donde el cuerpo refiere fatiga y utilizara otras vías energéticas a más del oxígeno para seguir con el ejercicio.

Lpm: cantidad de latidos que genera el corazón en un minuto.