



**Facultad de Educación**

**Escuela de Educación en Ciencias de Movimiento y Deportes**

**IMPACTO QUE PRODUCE LA ALTURA  
SOBRE EL  $VO_2$  MÁX ESTIMADO A TRAVÉS  
DEL TEST DE LA MILLA EN SUJETOS  
CHILENOS ENTRE 20 – 24 AÑOS**

**SEMINARIO PARA OPTAR AL  
GRADO DE LICENCIADO EN  
EDUCACIÓN Y TÍTULO DE  
PROFESOR DE EDUCACIÓN  
MEDIA EN EDUCACIÓN FÍSICA**

**DONOSO CARRASCO CRISTIAN**

**OSORIO ACUÑA GONZALO**

**PAINEL RIQUELME ANDRÉS**

**ROSALES RUZ JUAN LUIS**

**SÁEZ MELLA CAMILO**

**TRONCOSO TAPIA ANDREA**

**VÁSQUEZ CASTRO DIEGO**

**DIRECTOR DE SEMINARIO**

**Sr. BARRERA MUÑOZ MIGUEL ÁNGEL**

Santiago, Chile 2015.

## Dedicatoria

A nuestras familias, amigos y todo el esfuerzo que hay detrás de ellos para acompañar nuestro proceso universitario.

**Gracias.**

## Agradecimientos

A los profesores que ayudaron y orientaron en el proceso de realización del estudio. Su apoyo fue importante para resolver dudas y darle consistencia a la investigación.

A la Ilustre Municipalidad de Lo Barnechea, en Farellones, por facilitar sus dependencias para la toma del Test en altura.

A las familias y amigos por su apoyo y compañía incondicional.

A las personas que participaron activamente y colaboraron en el estudio y la toma de los Test.

A todos quienes apoyaron de alguna forma la realización de esta investigación y ayudaron a que pudiera financiarse, participando en las actividades realizadas.

**Gracias.**

## Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	2
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE ESTUDIO .....	4
CAPÍTULO II.....	12
MARCO TEÓRICO.....	12
1. Consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ).....	15
1.1. Vías metabólicas .....	15
1.2. Capacidad aeróbica y $VO_2$ .....	16
1.3. $VO_{2máx}$ .....	18
2. Niveles de actividad física.....	19
3. Valoración del consumo máximo de oxígeno $VO_{2máx}$ .....	22
3.1 Test de la milla.....	25
3.3 Nivel riesgoso de $VO_{2máx}$ .....	30
3.4 Percepción de la intensidad del esfuerzo .....	32
4. Altura .....	34
4.1 Presión barométrica .....	35
4.2 Hipoxia y ventilación pulmonar.....	36
4.3 $VO_{2máx}$ en la altura.....	38
4.4. Aclimatación a la altura .....	40
5. Frecuencia Cardíaca.....	41
5.1. Frecuencia Cardíaca en Altura .....	42
CAPÍTULO III .....	44
MARCO METODOLÓGICO.....	44
1. Metodología.....	46
1.2. Diseño de investigación: No experimental transversal.....	47
1.3. Método de investigación: Método Descriptivo .....	49

2. Muestra .....	50
3. Muestreo .....	51
4. Técnicas y/o estrategias de Recolección de Datos .....	52
4.1. Anamnesis .....	52
4.1.1. Validación del instrumento .....	53
4.2. Test de la milla, descripción. ....	54
4.2.1. Materiales y recursos.....	55
5. Variables .....	55
6. Protocolo de la investigación.....	57
CAPITULO IV .....	60
PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	60
1. Objetivos específicos.....	63
2. Preguntas de investigación.....	83
3. Hipótesis. ....	86
CONCLUSIONES.....	91
Bibliografía .....	98
Índice de Tablas y Gráficos.....	100
ANEXOS .....	102
Anexo 1. Carta de consentimiento con conocimiento de causa. ....	104
Anexo 2. Anamnesis .....	105
Anexo 3. Validación instrumento Anamnesis.....	110
Anexo 4. Registro de datos Test de la Milla .....	113

## Resumen

La investigación busca describir el impacto que produce la altura en el  $VO_{2m\acute{a}x}$  de sujetos chilenos entre 20 y 24 años con interés por las actividades al aire libre y trekking en la montaña, tendencia frecuente en la actualidad entre jóvenes chilenos. Para estimar el  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los sujetos se utilizó el Test de la milla en dos ocasiones, la primera, en un terreno llano a 485 metros sobre el nivel del mar ubicado en la comuna de Estación Central, y posteriormente en una planicie a 2.450 metros de altura en la localidad de Farellones, Lo Barnechea. En ambos casos la hora, ambiente y clima fueron similares.

Con los datos recaudados en la toma del test en ambas alturas, se realizó el análisis estadístico de acuerdo a cada objetivo de la investigación, donde aparecen hallazgos importantes entre los resultados obtenidos por la muestra, ya que el 55,6% de los sujetos presenta una disminución de al menos un 1,8% en su  $VO_{2m\acute{a}x}$  a 2.450 metros respecto al primer test realizado a 485 m.s.n.m. Además, el promedio de la disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de la muestra en el test a mayor altura es de un 6,4%, que tiene sólo una pequeña diferencia porcentual con el 7,8% de disminución esperado para la altura precisa de 2.450 metros. También, este estudio permitió establecer conclusiones sobre la frecuencia cardíaca de los sujetos en altura, y se afirma que existe una diferencia en el impacto que produce la altura sobre la FC en hombres y mujeres, ya que la variación general entre FC inicial y final, se ven afectadas a mayor proporción en mujeres que en hombres en un 6,9%.

*Palabras clave:  $VO_{2max}$  – Altura – Test de la milla.*

## Introducción

La presente investigación se llevó a cabo con el fin de describir el impacto que produce la altura en el  $VO_{2máx}$  de un grupo de sujetos chilenos con edades entre 20 a 24 años. Es considerado este rango etario debido a que esta población realiza con mayor frecuencia actividades físicas deportivas y recreativas exponiéndose a condiciones de altura, sin embargo la gran mayoría de estas personas motivados por la práctica de estas actividades descuida o no considera los posibles riesgos para la salud que se pueden sufrir producto de un cambio de ambiente sin una previa adaptación.

Para esta investigación se estimó el  $VO_{2máx}$  de los sujetos en estudio aplicando el test de la milla, prueba de carácter sub maximal. Este test se realizó en dos instancias con diferentes condiciones. La primera se llevó a cabo en un terreno que se encuentra a 485 metros por sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), ubicado en la comuna de Estación Central. El segundo test se realizó una semana después de la primera instancia, en una planicie a 2.450 m.s.n.m., ubicado en la localidad de Farellones, Lo Barnechea, contando en ambas ocasiones con condiciones climáticas similares.

Al abordar la presente investigación se pueden señalar cuatro objetivos establecidos, en primer lugar la estimación del  $VO_{2máx}$  de los sujetos a una altura de 485 m.s.n.m. y posteriormente a 2.450 m.s.n.m. aplicando el test de la milla en ambas alturas, el segundo fue establecer los niveles de riesgos de los sujetos en exposición a la altura, en un ambiente de hipoxia hipobárico a los 2.400 m.s.n.m., el tercero de los objetivos desarrollados corresponde a la comparación de los porcentajes de disminución del  $VO_{2máx}$  de los sujetos con los parámetros establecidos por Billat en el año 2002. Finalmente como último

objetivo se estableció evidenciar las alteraciones de la frecuencia cardíaca de los sujetos en estudio en ambos test.

Posteriormente ya con los objetivos establecidos, se continuó con la etapa de selección de la muestra. Este proceso se llevó a cabo realizando una anamnesis, instrumento de recolección de datos indispensable para seleccionar los sujetos que fueron estudiados y posteriormente categorizarlos según los niveles de actividad física.

La aplicación de los test con la muestra seleccionada, permitió al grupo de investigadores dar cuenta de los objetivos señalados y dar cuenta de las posibles consecuencias a que conlleva la exposición a diferentes alturas, los cambios que ocurren en el organismo específicamente en el sistema cardiorrespiratorio y finalmente conocer los riesgos para la salud que puede traer ascender a ciertas alturas.



**CAPÍTULO I**  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE ESTUDIO**



Actualmente la mayor parte de los aproximadamente 7.300 millones de seres humanos que habitan la Tierra según la ONU en su último informe emitido el 2015 sobre Revisión de las Perspectivas de Población Mundial, viven a nivel del mar o a una baja altitud (0 – 1.000 metros sobre el nivel del mar), no obstante más de 40 millones de personas viven por sobre los 3.000 metros de altura y más de 140 millones viven a alturas que superan los 2.500 metros. Los registros demuestran que la ciudad de mayor tamaño y que se encuentra a mayor altitud es la ciudad de El Alto en Bolivia, a 4.100 metros de altura donde habitan unas 800.000 personas y es precisamente en el continente sudamericano donde se encuentran la mayoría de las grandes ciudades del mundo en altitud por sobre los 2.500 metros.

En Chile, la ciudad a mayor altitud es Calama a 2.250 metros donde habitan más de 140.000 personas. Por lo demás nuestro país tiene la mayor porción de población en la parte terrestre que se sitúa en el suroeste del continente americano (Chile continental). Allí se pueden diferenciar cuatro grandes unidades de relieve: la cordillera de los Andes, la depresión intermedia, la cordillera de la costa y las planicies litorales.

Hoy en día nos encontramos con que muchas personas se están desplazando hacia lugares de mayor altitud; Por ejemplo turistas, deportistas de montaña, trabajadores de la minería, investigadores, entre otros. Más aun cuando en la región metropolitana y más específicamente en Santiago de Chile ocurre un fenómeno social importante principalmente con respecto a la contaminación y la calidad del aire, debido a que la ciudad está asentada en el valle que produce la depresión intermedia, la población está tendiendo a “escapar” o migrar de los lugares en los cuales se concentra el smog

producido por la contaminación y donde éste se acumula producto del relieve de la zona, para establecerse en lugares con más altura en busca de un aire más limpio y con ello acceder a mejores condiciones ambientales para tener una mejor calidad de vida. Además debido al crecimiento demográfico y la demanda de propiedades en la Región Metropolitana durante los últimos años, las construcciones se han comenzado a expandir hacia la pre cordillera de la capital, generando mucho más acceso para las personas que quieran visitar cerros aledaños a la nueva organización de la urbe. Sin embargo, el desplazamiento a mayores alturas puede significar riesgos para algunas personas si es que no son consideradas medidas para prevención para los efectos propios de la experiencia en altitud que pueden repercutir en afecciones en el organismo tales como problemas cardiovasculares, trastornos del sueño, náuseas, edemas entre otros, dependiendo a la altura a que se exponga el organismo de cada individuo puesto a que nuestros organismos no están adaptados para vivir en esas condiciones como lo son el caso de otros seres humanos que históricamente han permanecido habitando en altura. Más aún, el principal factor que desencadena estos riesgos a considerar por las personas que se exponen a una cierta altitud, es la menor presión parcial del oxígeno ( $PO_2$ ) en el ambiente producida por la disminución de la presión atmosférica, lo que produce variados efectos nocivos sobre el organismo (Chicharro, 2006).

Desde la disciplina de la Educación Física, Santiago de Chile proporciona un acceso muy amplio y variado a este tipo de ambiente de hipoxia hipobárica en su pre cordillera y cordillera, lo que cada día hace más habitual la práctica de trekking o senderismo entre los jóvenes chilenos deportistas y aficionados quienes actualmente tienden a formar grupos e incluso clubes donde

participan todo tipo de personas que se dedican a realizar caminatas de media-baja montaña, aplicando conocimientos que son en muchos casos de un nivel básico, sin una experiencia previa y exponiéndose a condiciones totalmente diferentes a las que acostumbran en las zonas de menor altitud en la capital, donde generalmente se desenvuelven en su vida diaria. Por esto es que se busca estimar en cuanto varía el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en estas diferentes alturas, realizando el mismo test, en condiciones similares para obtener resultados que puedan reflejar esta variación.

Debido a todo lo expuesto en los párrafos anteriores es que los investigadores de esta tesis consideran necesario conocer cómo se comportan los distintos organismos en cuanto a su  $VO_2$  cuando se ven expuestos a una altura no habitual, lo que se traduce en el principal objetivo de esta investigación.

La temática a investigar ha sido seleccionada en primera instancia porque persigue la motivación y los intereses de cada uno de los investigadores del grupo de tesis, los cuales guardan relación con temas ligados al entrenamiento deportivo, adaptaciones fisiológicas de sujetos en distintos ambientes, actividades al aire libre y en el entorno natural, deporte aventura, montañismo, entre otros. Estos diversos intereses provienen además de un considerable conocimiento previo que ha brindado la experiencia de vida y los años de estudio en la universidad. Se considera esta experiencia como una herramienta fundamental para enriquecer conocimientos y como punto de partida importante para llevar a cabo una investigación.

Por otro lado, se considera relevante y novedoso desde la disciplina de la Educación Física la temática a investigar, ya que hoy en día hay poco estudio sobre los efectos que se producen en los organismos de los jóvenes de

nuestro contexto socio-cultural que se someten a estos cambios de altura y al haber en la capital tantos lugares que resultan atractivos para visitar, se tiene mayor acceso e iniciativa de participar en este tipo de actividades, ya sea por turismo, deporte, trabajo, recreación y uso del tiempo libre, etc. Tengan o no un entrenamiento previo o un alto nivel de actividad física se consideran aquellos sujetos que tienen hábitos de vida estándar de cualquier joven chileno que va a fiestas, sale con amigos, estudia, entre otras actividades a realizar, y no necesariamente someterse a una carga de actividad física de gran demanda energética durante la semana.

Además, esta investigación cobra importancia en poder identificar posibles riesgos u otros factores que se deban tener en cuenta antes de aventurarse a este tipo de condiciones, para poder elaborar herramientas pedagógicas o procedimentales con el fin de poder gestionar salidas a terreno como guías o tutores tomando las precauciones pertinentes y las medidas de prevención y acción para enfrentar el lugar que se quiere visitar. Más estrictamente, poder evitar con anticipación posibles descompensaciones fisiológicas de los sujetos que participan de una actividad como esta, posibilitando un mejor desempeño de los agentes involucrados tomando en cuenta las características del grupo, para escoger un lugar adecuado como destino, por ejemplo en una salida a terreno con una altura sobre 2.400 metros.

Sabiendo que para la obtención del  $VO_{2máx}$  se requiere conocer la frecuencia cardíaca, el peso corporal y la edad de los sujetos es que interesa saber qué ocurre con estas variables para así poder establecer ciertas conclusiones con respecto a lo que establece la teoría.

La limitante que tiene el estudio es que el dato obtenido es una **estimación** del consumo máximo de oxígeno que se recoge a través de una fórmula

establecida, dado que para poder medir con mayor precisión esta capacidad, se requiere la utilización de instrumentos de laboratorio de alto costo los cuales no están al alcance de la mayor parte de las personas que se dedican a este tipo de actividades, por otro lado se requiere mucho tiempo para lo que permite las posibilidades de este estudio y la presencia de profesionales especializados y experimentados que controlen la prueba y un alto grado de motivación del sujeto (Vallejo, 2012).

Para esta investigación nos hemos planteado las siguientes interrogantes:

1.- ¿Cuál es el promedio de porcentaje de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de sujetos chilenos entre 20-24 años según su nivel de actividad física, en un ambiente a 2.450 metros de altura en relación al  $VO_{2m\acute{a}x}$  estimado a 485 metros por sobre el nivel del mar?

2.- ¿Qué relación existe entre la valoración del nivel de percepción de la intensidad del esfuerzo con los niveles de riesgo del  $VO_{2m\acute{a}x}$  establecidos por Instituto Cooper?

A continuación y a partir de estas preguntas surgen las siguientes hipótesis y objetivos generales y específicos para la investigación:

## **HIPÓTESIS**

1. Los sujetos con un nivel de actividad física bajo e inactivo, presentan un mayor porcentaje de variación del  $VO_{2m\acute{a}x}$  al comparar los resultados estimados a 485 metros y sobre 2.400 metros sobre el nivel del mar.

2. Los sujetos con una alta valoración de su nivel de percepción de la intensidad del esfuerzo se encuentran más próximos a los niveles de riesgo del  $VO_{2m\acute{a}x}$  según parámetros establecidos por el Instituto Cooper.

## **OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **Objetivo General.**

Describir el impacto que produce la altura sobre el  $VO_{2m\acute{a}x}$  en sujetos chilenos entre 20 y 24 años con niveles similares de actividad física, estimado a través del test de la milla, realizado a 485 metros sobre el nivel del mar y posteriormente en un ambiente de hipoxia hipobárico sobre 2.400 metros de altitud.

### **Objetivos específicos.**

- Estimar el  $VO_{2m\acute{a}x}$ . a 485 metros sobre el nivel del mar y luego en condiciones de hipoxia hipobárico a más 2.400 metros, por medio del test de la milla.
- Comparar los porcentajes de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los sujetos en estudio con los parámetros establecidos por Billat.
- Evidenciar alteraciones de la frecuencia cardíaca en jóvenes chilenos entre 20 y 24 años, en la exposición a diferentes ambientes, a 485 metros sobre el nivel del mar y un ambiente de hipoxia hipobárico a más de 2.400 metros.
- Identificar el riesgo que pueden tener los sujetos de estudio al someterse a alturas mayores a los 2.400 metros de acuerdo a su  $VO_{2m\acute{a}x}$ .



**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**



El objetivo de este apartado es dar a conocer los distintos conceptos que se utilizaron en la realización del proyecto de tesis a lo largo de éste. Las palabras clave de ésta investigación vienen acompañadas además de sub conceptos sin los cuales no se hace posible una comprensión acabada del tema a profundizar, por lo tanto es estrictamente necesario contextualizar al lector y familiarizar los conceptos que aparecen en la lectura del documento que tienen relación con temas de fisiología o procesos internos del organismo, ejercicio físico y factores externos que toman parte para los resultados de la investigación. Sobre esto la implementación de distintos instrumentos de recolección de información y datos. Este capítulo pretende explicar de forma clara a qué hace referencia cada uno de ellos para los fines del estudio.

Respecto de la fisiología y/o procesos internos del organismo se revisan conceptos como el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) que tienen las personas o su capacidad aeróbica, vías metabólicas que explican cómo obtiene la energía utilizada el organismo y de qué manera el cuerpo absorbe transporta y utiliza el oxígeno.

En segundo lugar, en cuanto a los factores externos que inciden en los resultados de la investigación se encuentran los niveles de actividad física de los sujetos de estudio y la variación de altura a la que se someterá a éstos mismos.

Por último se aborda el instrumento utilizado para el desarrollo del estudio como el test indirecto para la estimación de  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo de los sujetos.

## **1. Consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ).**

### **1.1. Vías metabólicas**

Durante cualquier tipo de actividad física e incluso en estado de reposo, existe una demanda energética que el organismo debe suplir de alguna manera, de acuerdo a esto todo sistema de generación de energía se basa principalmente en una sustancia denominada ATP, la cual luego de involucrarse en un proceso metabólico, genera la energía mecánica necesaria para realizar una actividad motriz deseada. Los procesos metabólicos que finalizan con la generación de energía, se denominan **vía anaeróbica y aeróbica**.

La vía metabólica anaeróbica presenta dos fases de funcionamiento: aláctica y láctica, que a su vez dependen del sustrato energético a través del cual se generará energía. El sustrato energético que genera la energía necesaria depende de la intensidad y el tiempo de trabajo que realiza el organismo. A su vez, la demanda energética que el cuerpo necesita, puede satisfacerse a través del metabolismo aeróbico, el cual funciona dependiendo principalmente de la presencia de oxígeno ( $O_2$ ) (Daniel Albino Airasca, Horacio Giardini, 2009) y se caracteriza por trabajar en esfuerzos de larga duración, es decir, que al realizar una actividad física por más de unos pocos minutos, esta provisión de energía deberá ser suplida por esta vía y se debe tener en cuenta, que en caso de que la demanda energética no es satisfecha, independientemente del metabolismo utilizado, existirán indicios de fatiga muscular (Terjung, 1998).

Las vías metabólicas energéticas, forman parte de un mecanismo fisiológico que interactúa con los sistemas cardiovascular y respiratorio, para que estos se adapten a la demanda metabólica que se produce al realizar actividad

física, su adaptación dependerá del estado funcional o de salud del cuerpo para hacer llegar el O<sub>2</sub> suficiente a los tejidos (Carlos Monge C., Fabiola León, Velarde S., 2005)

## 1.2. Capacidad aeróbica y VO<sub>2</sub>

Al realizar esfuerzos cíclicos y prolongados más allá de los 6 minutos de trabajo, nuestro organismo dependerá de la **capacidad aeróbica** para sostener este esfuerzo (Emily, 2009) ya que esta carga generará un consumo energético que depende de la cinética aeróbica, ya que esta se manifiesta para intervenir en la resistencia del trabajo, generando un equilibrio homeostático, que estabiliza la relación del suministro energético y el consumo de este (Daniel Albino Airasca, Horacio Giardini, 2009), por lo que esta capacidad aeróbica determina indirectamente la facultad que tiene un individuo para realizar actividad física y esfuerzos que dependan de la utilización de O<sub>2</sub> (James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs, 2004), ya que es el O<sub>2</sub> y más específicamente el consumo de este, el que determina la capacidad aeróbica de una persona (Turner, 2011)

El VO<sub>2</sub> o la capacidad aeróbica de un individuo depende de su **capacidad respiratoria**, cardiovascular y muscular, para el transporte y utilización del O<sub>2</sub> que se obtiene del ambiente (James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs, 2004), A través de la respiración, el cuerpo nutre de O<sub>2</sub> a la sangre por medio del aire inspirado y luego de incorporarse al torrente sanguíneo, el O<sub>2</sub> obtenido es transportado a los tejidos, para estar disponible para su utilización. Pero para que este proceso se realice de forma exitosa, deben cumplirse cuatro etapas de conducción, fluyendo en un gradiente de presión desde el ambiente hasta las células:

- Ventilación: El aire que es inspirado pasa hacia los pulmones, y desde ese lugar se traslada a los espacios alveolares del propio pulmón.
- Difusión pulmonar: El O<sub>2</sub> obtenido a través de la inspiración, pasa desde los alveolos pulmonares a la sangre, atravesando la membrana pulmonar.
- Transporte sanguíneo: El O<sub>2</sub> luego de haber pasado a través de los capilares pulmonares y haberse incorporado al torrente sanguíneo, es transportado a los capilares de los tejidos del cuerpo humano.
- Difusión tisular: para finalizar, luego de haber traspasado los capilares de los tejidos, el O<sub>2</sub> es trasladado a las células para su posterior utilización como energía mecánica. Para generar energía mecánica, luego del proceso químico, la célula forma un elemento que debe ser desechado llamado dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y este recorre el mismo camino que el O<sub>2</sub> para llegar a la célula, pero a la inversa, para finalmente ser espirado hacia el medio ambiente (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005).

Al realizar actividad física, se produce un determinado VO<sub>2</sub>. En caso de que la actividad realizada aumente en términos de tiempo, la producción de energía a partir del O<sub>2</sub>, aumentará de forma directamente proporcional, ya que los sistemas de difusión y entrega de O<sub>2</sub> se utilizan con mayor preponderación (Harvey, 2010) hasta llegar a puntos sub-maximales o maximales, en otras palabras, su VO<sub>2máx</sub> (James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs , 2004) donde integra a los sistemas pulmonar, cardiovascular y muscular para absorber, transportar y utilizar el O<sub>2</sub> respectivamente (Inaian P. Teixeira, 2014).

### 1.3. $VO_{2\text{máx}}$

En términos más concretos el  $VO_{2\text{máx}}$  o potencia aeróbica máxima (Rowland, 2004), se define como *“la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo”* (Casajús J. A., Piedrafita, E. y Aragonés M. T. , 2009).

Al estar relacionado a una unidad de tiempo, significa que comprende un comienzo del proceso (inicio de la prueba de medición o estimación) y la finalización de la prueba, que determinara el  $VO_{2\text{máx}}$  del sujeto, entendiendo que el metabolismo aeróbico comienza a desarrollarse alrededor de los 6 minutos de haber iniciado el esfuerzo), por lo que un  $VO_{2\text{máx}}$  más elevado, incrementará la carga de trabajo tolerable por el sujeto, por lo que éste tendrá la facultad de realizar un ejercicio físico de una mayor carga, en términos de tiempo (Harvey, 2010). Sin embargo, Los resultados del  $VO_{2\text{máx}}$ , se pueden interpretar de diferentes puntos de vista, según su unidad de medida:

El  $VO_{2\text{máx}}$  cuantificado en términos absolutos (L x min), es la medida de la cantidad total de  $O_2$  absorbido y utilizado por el organismo en un minuto. Y el  $VO_{2\text{máx}}$  en términos relativos (L x Kg x min), representa el mismo consumo, pero considerando mover un kilogramo de peso corporal por minuto. El  $VO_{2\text{máx}}$  relativo también se usa para clasificar el nivel de aptitud cardiorrespiratoria o para comparar esos niveles en personas con diversos tamaños corporales. Si bien, ambos términos representan la dureza con la que el organismo trabaja durante esfuerzos aeróbicos, en la mayoría de los casos el  $VO_{2\text{máx}}$  se utiliza en unidades relativas, ya que la capacidad funcional de una persona en este tipo de medición, está ligada

determinadamente por el desplazamiento del propio peso corporal (James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs , 2004).

## **2. Niveles de actividad física**

Según Monge y otros en 2005, existen amplias evidencias de que el nivel de actividad física es un importante factor determinante del  $VO_{2m\acute{a}x}$  pero lograr medir los niveles de actividad física y sedentarismo siempre es un gran desafío, ya que en primer lugar, las personas realizan diferentes tipos de actividades físicas con diferentes tiempos de duración e intensidad en su vida diaria, por lo tanto se torna ambiguo los resultados obtenidos por algunos instrumentos, ya que tienen el inconveniente que dependen de la subjetividad de la interpretación individual de la realización de actividad física del sujeto entrevistado. (Igelström, H., Emtner, M., Lindberg, E., &Åsenlöf, P, 2013).

Por otro lado los deportistas e incluso aficionados a la práctica de deportes tienen una amplia gama de estímulos según sea la especificidad de cada deporte respectivamente. Nadadores, futbolistas, montañistas, remistas, atletas, etc. Todos tienen distinta carga física. En segundo lugar, se encuentran las diferentes formas de medir el nivel de actividad física. Una de ellas es la medición subjetiva, que consiste en la realización de entrevistas, encuestas y las mediciones objetiva en las cuales se miden parámetros fisiológicos. (Bauman et al., 2002).

En el caso de este estudio, para poder determinar los niveles de actividad física de la muestra, el grupo tesis se basó en las directrices dictadas en el documento “2008 Physical Activity Guide lines for Americans “por el departamento de salud y servicios humanos (HHS) que tiene como propósito principal, servir como fuente primaria de información para toda la ciudadanía



sobre el tipo, cantidad e intensidad de actividad física necesaria para obtener beneficios para la salud en todos sus ámbitos y de esta manera lograr una mejor calidad de vida más larga y sana. (Michael O. Leavitt, 2008). Es por este motivo que la elección de este instrumento permite categorizar los niveles de actividad física mediante el tiempo que realizan actividad física por semana en minutos

De esta forma (Tabla 1) se interpreta el nivel de actividad física que tienen los sujetos en estudio.

**Tabla 1.** Niveles de Actividad Física

<b>Niveles de actividad física</b>	<b>Rango por minutos a la semana</b>	<b>Resumen general de los beneficios a la salud</b>	<b>Comentario</b>
Inactivo	No más allá del gasto energético basal.	Ninguno.	La falta de actividad no es saludable.
Bajo	Más allá del gasto energético basal, pero menos de 150 min por semana.	Alguno.	Los bajos niveles de actividad son claramente preferible a una estilo de vida inactivo.
Medio	Entre 150 min a 300 min por semana.	Sustancial.	Actividad en el extremo superior de este rango tiene beneficios de salud adicionales que la realización de actividad en un rango inferior.
Alto	Más de 300 min por semana.	Adicional.	La ciencia actual no permite a los investigadores identificar un límite superior por encima del cual no existan beneficios para la salud.

*Physical Activity Guide lines for Americans (USA) 2008. En la Tabla 1 se observan los niveles de actividad física considerados para este estudio, éstos están determinados por la cantidad de minutos a la semana que un sujeto realice alguna actividad física. Se puede apreciar también un resumen de los beneficios para la salud según el nivel, además de un comentario con algunos detalles correspondiente a cada nivel de actividad física.*

### **3. Valoración del consumo máximo de oxígeno $VO_{2m\acute{a}x}$ .**

El consumo máximo y sub máximo de oxígeno se expresan en términos absolutos o relativos. El  $VO_{2m\acute{a}x}$  absoluto no considera el peso corporal del sujeto, se expresa en litros por minuto ( $L \times min^{-1}$ ) o mililitros por minuto ( $mL \times min^{-1}$ ) y se relaciona directamente con el tamaño del cuerpo por lo que los hombres tienen un  $VO_{2m\acute{a}x}$  absoluto mayor que las mujeres. Mientras que por el contrario, el  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo se expresa en relación directa con el peso corporal de los sujetos ( $mL \times Kg \times min^{-1}$ ) y se usa para clasificar y representar el nivel de aptitud cardiorrespiratoria de los sujetos (Heyward, 2008).

Existen dos formas de valorar y controlar la capacidad aeróbica, una de ellas es por medio de un test directo el cual se aplica en un laboratorio o en un campo con aparatos precisos y costosos como un espirómetro, por lo tanto los resultados que se obtendrán serán exactos, son del ámbito clínico y requieren personal con experiencia. La segunda manera de valorar y controlar las capacidades es aplicando un test indirecto los cuales estimarán resultados, es decir, se obtendrán los resultados por medio de fórmulas, generándose así un porcentaje de error que variará dependiendo de los métodos y medios que se utilicen en la ejecución del test (Gutierrez, 2007).

La mayoría de los investigadores consideran el  $VO_{2max}$  como la mejor medida objetiva de laboratorio (medición directa) para determinar la potencia aeróbica máxima. (Casajús J. A., Piedrafita, E. y Aragonés M. T. , 2009).

En las pruebas directas se mide el  $VO_2$  gracias a un analizador de gases. Este analizador de gases puede ser fijo y estar en laboratorio o también puede ser portátil, pudiendo utilizarse en situaciones de campo. El ergómetro (Ergo: trabajo; metro: medida) es un instrumento que permite realizar

evaluaciones y controlar la respuesta del ejercicio a una intensidad determinada. Son comúnmente utilizados en laboratorios que se encargan de la valoración de ciertos parámetros fisiológicos de sujetos en estudio. Los ergómetros más utilizados son el tapiz rodante o cicloergómetro, existiendo otros cuya utilidad es más específica para determinados deportes, tales como kayakergómetro, remoergómetro, entre otros.

Para valorar la capacidad aeróbica se han ideado multitud de pruebas y cada una de ellas sigue un protocolo diferente de administración de la carga de trabajo. En una prueba de esfuerzo progresiva de carácter máximo el evaluado finaliza voluntariamente la prueba cuando llega el agotamiento o cuando el evaluador detecta respuestas fisiológicas anormales. Este tipo de pruebas son más validas puesto que se mide directamente el  $O_2$  que el evaluado es capaz de extraer de la atmósfera, cuando se ejercita a intensidades maximales. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente esta medición requiere de costosos materiales de laboratorio, una gran disponibilidad de tiempo, la presencia de profesionales especializados y experimentados que controlen la prueba y un alto grado de motivación del sujeto (Vallejo, 2012).

Las pruebas sub máximas también permiten el cálculo razonable del nivel de aptitud cardiorrespiratoria de los sujetos y por otra parte, son menos costosos, requieren menos tiempo y son menos peligrosas (Heyward, 2008).

La cuantificación del  $VO_{2máx}$ , se puede hacer mediante una prueba de esfuerzo progresiva con la medición de gases ventilados (ergoespirometría), y la frecuencia cardíaca. Luego se relacionan ambos datos con un gráfico de coordenadas ortogonales. El pulso, respectivamente la frecuencia cardíaca, se puede palpar fácilmente a nivel de la arteria carótida (cuello), o radial

(muñeca), donde se cuentan las pulsaciones por 15 segundos, ya que los márgenes de error por extrapolación son menores que al medir la frecuencia cardíaca por 10 y 6 segundos y luego el resultado de la frecuencia cardíaca en 15 segundos se deben multiplicar por 4 (Daniel Albino Airasca, Horacio Giardini, 2009).

Para solucionar los problemas que generan el alto costo y otros mencionados de las pruebas directas de laboratorio, se han ideado pruebas de campo, pruebas de carácter práctico, más económicas, fáciles de administrar y en menos tiempo. La mayoría de estas pruebas requieren que el evaluado sea capaz de andar, correr, pedalear o subir y bajar escalones.

Durante estas pruebas no se mide directamente el  $VO_2$ , si no que el estimado, a partir de una ecuación matemática de regresión múltiple. Cada prueba tiene su propia ecuación de predicción específica. Normalmente estas ecuaciones tienen en cuenta variables como la edad, el sexo y/o el peso, entre otras. Como toda predicción realizada a partir de una ecuación tiene un error de estimación que varía de una prueba a otra (Vallejo, 2012).

La carrera en superficies llanas es uno de los ejercicios utilizados con mayor frecuencia para el entrenamiento aeróbico (Luc A. Léger, Robert Boutcher, 2014).

Por razones como la simplicidad y el costo financiero los test de campo que se pueden realizar en grupos son muy populares (Luc A. Léger, Robert Boutcher, 2014).

Una de estas pruebas de campo y la utilizada para este estudio es el Test de la Milla.

### 3.1 Test de la milla.

El test de la milla, es una prueba sencilla en la que el ritmo lo marca la persona que se somete a la prueba que casi todo aquel que puede andar es capaz de efectuar. El protocolo de la prueba requiere que una persona camine una milla (1.609,344 metros) lo más de prisa posible, luego estimar su frecuencia cardiaca y tomar el tiempo que se ha tardado en recorrer la distancia requerida para completar el test. Para la valoración de forma indirecta del  $VO_{2máx}$  se ha desarrollado una ecuación de regresión que permite estimar la capacidad aeróbica en base a los resultados de la prueba de andar una milla.

\*Para esta investigación se considerará una milla aproximada de 1.609 metros.

Objetivo del test: Determinar el  $VO_{2máx}$  en personas de baja actividad.

Instrucciones (James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs , 2004):

1. En una pista de dimensiones conocidas, camine una milla lo más deprisa posible. Si se trata de una pista estándar de múltiples calles, ande por la calle interior. Al acabar, registre el tiempo anotado en minutos y la centésima de minuto más cercanos.
2. Mida el pulso durante 10 segundos inmediatamente después de haber caminado una milla, anote la información y finalmente usando la ecuación de regresión descrita más adelante, calcule su nivel relativo de fitness.
3. Determinar su clasificación de fitness cardiorrespiratorio usando la norma:

$$Vo2 \text{ máx.} = 132,6 - (0,17 * Pc) - (0,39 * e) + (6,31 * s) - (3,27 * T) - (0,156 * Fc)$$

Dónde:

- Pc: Peso corporal. (kg.)
- E: Edad
- S:Sexo (0 mujeres, 1 hombres)
- T: Tiempo en andar 1 milla (minutos y valor decimal)
- Fc: Frecuencia cardiaca

**Tabla 2.**Baremos Test de la milla.

<b>Hombres</b>					
Edad	Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
< 29	< 25	25-33	34-42	43-52	> 52
30-39	< 23	23-30	31-38	39-48	> 48
40-49	< 20	20-26	27-35	36-44	> 44
50-59	< 18	18-24	25-33	34-42	> 42
<b>Mujeres</b>					
< 29	< 24	24-30	31-37	38-48	> 48
30-39	< 20	20-27	28-33	34-44	> 44
40-49	< 17	17-23	24-30	31-41	> 41
50-59	< 15	15-20	21-27	28-37	> 37
60-69	< 13	13-17	18-23	24-34	> 34

*En la presente tabla se observan por edad los rangos establecidos para valorar la aptitud cardiorrespiratoria ( $VO_{2m\acute{a}x}$  expresado en  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) correspondiente al test de la milla. American Heart Association (1972).*

## **2.2 Otro test indirecto para la estimación del $VO_{2m\acute{a}x}$**

### Prueba de George-Fisher

La prueba de George-Fisher es un test de carácter sub-maximal para la carrera de 2,4 km (1.5 milla aprox.). La estimación se realiza por medio de una ecuación de regresión que considera aspectos de la persona tales como la frecuencia cardiaca en esfuerzo, el tiempo de la carrera, el sexo y el peso corporal.

1.- Instrucciones: Correr durante 2,4 km. a un ritmo constante (determinado por la persona).

Indicaciones antes del test: Previo a realizar el test, se debe correr dando una vuelta a la pista a una velocidad confortable para la persona. Anterior a esto se establecen unos parámetros de tiempo para realizar la vuelta en carrera, parámetros en los cuales el sujeto debe estar para acceder a la realización del test. Este ejercicio se realiza antes de comenzar con la prueba para que la persona asimile el ritmo constante que deberá mantener a lo largo de la prueba.

Criterios de velocidad:

- Hombre: Debe correr 2,4 km en 8 minutos o más. El menor tiempo por vuelta son 2 minutos.
- Mujer: Debe correr 2,4 km en 9 minutos o más. El menor tiempo por vuelta son 2:15 minutos.

Si el sujeto demora más del tiempo determinado debe descansar y rendir nuevamente la prueba.



Criterios de la frecuencia cardiaca: El sujeto debe finalizar la prueba y su frecuencia cardiaca no debe exceder los 180 latidos·min<sup>-1</sup>.

Si el sujeto excede el máximo de latidos·min<sup>-1</sup> en su frecuencia cardiaca debe descansar y rendir nuevamente la prueba.

2.- Luego de realizar la prueba, se debe estimar el pulso durante 10 segundos.

3.- Registrar el tiempo (minutos y segundos).

4.- Calcular el nivel relativo de fitness utilizando la siguiente formula de regresión:

$$VO_{2m\acute{a}x} = 100,5 + (8,344 \times S) - (0,1636 \times Pc) - (1,438 \times T) - (0,9128 \times FC)$$

Donde:

- $VO_{2m\acute{a}x} = \text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- $Pc = \text{Peso corporal (kg)}$
- $\text{Sexo (S)} = 0 \text{ mujeres; } 1 \text{ hombres}$
- $\text{Tiempo (T)} = \text{Tiempo en correr 2,4 km (1,5 millas aprox.) (00:00)}$
- $FC = \text{Frecuencia cardiaca post test (latidos}\cdot\text{min}^{-1})$

5.- Determinar su clasificación de fitness aeróbico a partir de la siguiente tabla.

**Tabla 2.1.** Cuadro normativo de capacidad aeróbica (valores de VO<sub>2</sub>máx expresados en ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) correspondiente al rango etario de la población en estudio.

Edad	Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
<b>Hombre</b>					
< 29	< 25	25-33	34-42	43-52	> 52
<b>Mujer</b>					
< 29	< 24	24-30	31-37	38-48	> 48

Fuente: American Heart Association (1972).

El test de George-Fisher no fue utilizado en esta investigación, ya que se decidió realizar un test que fuese de menor intensidad por el hecho de aplicarse en exposición a la altura, que según la teoría indica que por todas las alteraciones ocurridas al exponerse a estas condiciones la fatiga aparecería con anterioridad. En este test al realizarse una carrera, se comprende que al aplicarse en altura se podrían presentar problemas en la ejecución, ya que el umbral de fatiga anticipado podría no dejar a algún sujeto terminar la prueba. Es por esto que se decidió realizar en esta investigación el test de la milla, también sub-maximal pero que se realiza caminando, lo que a diferencia del test de George-Fisher se considera más adecuado para aplicarse en altura.

Además, en el test de George-Fisher, se exigen demasiados factores que deben estar en un rango determinado, y de no estarlo, la prueba se debe repetir, lo que no resulta conveniente para los efectos de traslado y resultados de los sujetos involucrados en el test.

Por su parte, el test de la milla está orientado a personas con un bajo nivel de actividad física y hábitos de vida más sedentarios.

### 3.3 Nivel riesgoso de $VO_{2m\acute{a}x}$

El nivel riesgoso considerado en esta investigación, fue establecido a partir de los importantes aportes y estudios realizados por el Instituto Cooper que a partir de sus investigaciones establecieron nuevos valores para categorizar la capacidad aeróbica considerando su  $VO_{2m\acute{a}x}$  a valorar. Para evaluar la capacidad aeróbica funcional  $VO_{2m\acute{a}x}$  se utilizan las pruebas de esfuerzo, en este caso el  $VO_{2m\acute{a}x}$  determinado es utilizado para clasificar el nivel de aptitud cardiorrespiratoria (Heyward, 2008).

Es importante conocer este nivel en hombres y mujeres ya que teniéndolos en cuenta, es posible poder prevenir eventuales riesgos para la salud de personas que por algún motivo asciendan a alturas superiores a las que les son habituales.

Los valores son presentados en la Tabla 3.

**Tabla 3.**Tabla de clasificación de la aptitud cardiorrespiratoria.

Clasificación de la aptitud cardiorrespiratoria: $VO_{2m\acute{a}x}$ ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )					
Edad (años)	Escasa	Regular	Buena	Excelente	Superior
<b>Mujeres</b>					
<b>20-29</b>	<b>&lt; 35</b>	36-39	40-43	44-49	> 50
30-39	< 33	34-36	37-40	41-45	> 46
40-49	< 31	32-34	35-38	39-44	> 45
50-59	< 24	25-28	29-30	31-34	> 35
60-69	< 25	26-28	29-31	32-35	> 36
70-79	< 23	24-26	27-29	30-35	> 36
<b>Hombres</b>					
<b>20-29</b>	<b>&lt; 41</b>	42-45	46-50	51-55	> 56
30-39	< 40	41-43	44-47	48-53	> 54
40-49	< 37	38-41	42-45	46-52	> 53
50-59	< 34	35-37	38-42	43-49	> 50
60-69	< 30	31-34	35-38	39-45	> 46
70-79	< 27	28-30	31-35	36-41	> 42

En la tabla presente se observa la clasificación de la aptitud cardiorrespiratoria (valores expresados en  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) según estudios del Instituto cooper. Para este estudio se

considera el primer rango etario de la tabla. Fuente: *The Physical Fitness Specialist Manual (2005)*, The Cooper Institute for Aerobics Research Dallas, TX. (Heyward, 2008)

Según las normas del Instituto Cooper publicadas en el año 2005 un VO<sub>2</sub>max de 42ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> para varones y de 36 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> para mujeres (de entre 20 a 29 años) respectivamente corresponde al mínimo de condición cardiorrespiratoria para no ser clasificado con un nivel indicativo de riesgo para la salud.

Por lo tanto, para este estudio se consideran los siguientes valores como indicativos del nivel riesgoso para la salud para hombres y mujeres, que corresponden a la categoría de aptitud cardiorrespiratoria “escasa”.

**Tabla 3.1.** Tabla de niveles de riesgo.

<b>Hombre</b>	
Edad (Años)	Nivel riesgoso
20 – 29	≤ 41
<b>Mujer</b>	
Edad (Años)	Nivel riesgoso
20 – 29	≤ 35

*Niveles de riesgo utilizados en este estudio. Los siguientes valores fueron establecidos por el Instituto Cooper para identificar el nivel de aptitud cardiorrespiratoria.*

Los estudios epidemiológicos realizados a partir de los datos de la Clínica Cooper han mostrado que un nivel de capacidad aeróbica por debajo del percentil 20 está asociado a un alto riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares, cáncer y muerte prematura.

De esta manera en adultos, el percentil 20 es propuesto como el punto de corte que indica el mínimo de capacidad aeróbica necesario para obtener beneficios cardio-protectores.

### **3.4 Percepción de la intensidad del esfuerzo**

Minutos después de la realización de una prueba de esfuerzo, es necesario conocer qué tan intenso fue para el sujeto la realización de ésta mediante una escala que valora la intensidad del esfuerzo en el test.

La escala de esfuerzo percibido es un indicador de validez reconocida y fiable para monitorizar la tolerancia al ejercicio de un individuo, puesto que fue creada para que el participante pueda medir subjetivamente sus impresiones durante el ejercicio en alguna prueba de esfuerzo considerando el nivel de actividad física personal (Medicine, 2005) es decir, es un método para comprobar cómo se percibe un ejercicio de manera subjetiva.

La escala más utilizada es la escala de Borg que se establece como una escala psicofísica categorizando y clasificando numéricamente de 6 (sin esfuerzo en absoluto) a 20 (esfuerzo máximo) (Medicine, 2005) Posteriores estudios incluyen una escala categoría-relación (CR10) con rangos de calificación de 0 (nada) a 10 (muy fuerte) (Borg, 1998 en (Heyward, 2008)).

Este método utiliza la escala de 0 a 10, donde el nivel de esfuerzo percibido entre 2 y 3 son caminar o correr a un paso fácil, un ejercicio ligero, entre débil y moderado. En cambio un nivel de esfuerzo percibido de 10, se puede suponer que la persona se encuentra a punto de vomitar (Brooks, 2007)

Para la realización del método escala de esfuerzo percibido, se deben considerar instrucciones estandarizadas para disminuir en su máxima expresión, los errores de malinterpretación de sensaciones respecto a la

intensidad, por lo que la (Medicine, 2005) brinda instrucciones recomendadas para el uso de la escala de esfuerzo percibido, que en su mayoría se aplicaron al momento de aplicar este método, en el test para estimar el  $VO_{2m\acute{a}x}$ :

*“Durante la prueba de esfuerzo queremos que preste mucha atención a la dureza que usted siente que tiene el ritmo de trabajo. Esta apreciación debe reflejar la cantidad total de esfuerzo y fatiga, en combinación con todas las sensaciones de estrés físico, esfuerzo y fatiga. No se preocupe por ningún otro factor como dolores en las piernas, falta de aliento o la intensidad del ejercicio; en vez de eso, intente concentrarse en todas las sensaciones que experimenta por el esfuerzo. No intente valorar por lo bajo o sobrevalorar su sensación del esfuerzo; sea tan preciso como pueda”.*

**Tabla 4.** Escala de Esfuerzo Percibido.

Escala CR10	
Valor	Etiqueta
0	Recuperación
1	Sumamente fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	Duro+
7	Muy duro
8	Muy duro+
9	Muy duro++
10	Máximo

*En la presente tabla se muestran los niveles de intensidad percibidos por un sujeto asignando un valor numérico.*

#### **4. Altura**

Los seres humanos al ascender a diferentes alturas van experimentando cambios fisiológicos a causas de la exposición a esta, incluso llegando a poner el riesgo la salud según sea el caso.

Para el habitante a nivel del mar, la altura comienza a sentirse desde ciudades tan poco elevadas como Arequipa (2.400 metros), mientras que para el poblador del Cusco, Perú (3.400 metros), la altura de su ciudad no le impide tener una vida normal. Esto se debe por un lado, a las características propias de la relación presión atmosférica/altura y por otro, al fenómeno de aclimatación que presentan los nativos andinos. Entre los 1.500 y 2.400 metros sobre el nivel del mar, las enfermedades relacionadas a la altura son muy poco frecuentes. Sin embargo, puede suceder que pacientes con enfermedades respiratorias o cardíacas sufran un incremento de sus síntomas y que algunas personas presenten sintomatología de mal de montaña agudo. La mayoría de los problemas médicos relacionados a la altura ocurren entre los 2.450 y 4.300 metros, regiones donde se observa la

mayor afluencia de gente, ya sea de manera temporal o permanente. Las zonas entre 4.350 a 5.500 metros son frecuentadas mayormente por aficionados a las montañas y no suelen visitarse sin una aclimatación previa. A las alturas mayores de 5.500 metros solo ascienden montañistas profesionales con mucha preparación y por períodos cortos, pues las estadías prolongadas a esas alturas provocan un deterioro gradual del organismo (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005).

La exposición a alturas por encima de los 1.500 a 2.000 metros, producen un incremento en la ventilación pulmonar. Siendo esta una respuesta fisiológica inmediata. (Medicine, 2005).

#### **4.1 Presión barométrica**

La presión atmosférica o barométrica disminuye de manera exponencial conforme aumenta la altura. Dado que la presión de  $O_2$  se obtiene multiplicando la presión barométrica por la fracción de  $O_2$  en el aire (0.21), la disminución de la presión de  $O_2$  en el aire será proporcional a la caída de la presión atmosférica (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005).

Cuando la altitud aumenta la presión barométrica disminuye, dando como resultado una reducción de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado (R. J. Shephard, P. O. Åstrand , 2007). Lo que provocaría una disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$ . La disminución de la presión barométrica recibe el nombre de ambiente hipobárico (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004). Por consiguiente, al existir menos presión atmosférica y presión parcial de oxígeno en el aire supone una menor presión parcial de  $O_2$  en la sangre ( $PaO_2$ ), lo que se denomina como Hipoxemia (disminución de la  $PaO_2$ ) (Chicharro, 2006).



A partir de esto se entiende que la presión barométrica tiene directa relación con el  $VO_{2\text{máx}}$ , ya que el efecto de la altitud se puede empezar a notar a partir de los 500 metros de altura, especialmente en deportistas entrenados. A partir de los 1.000 – 1.500 metros de altura, el  $VO_{2\text{máx}}$  disminuye aproximadamente un 1% por cada 100 metros (Chicharro, 2006) (Jack H. Wilmore. David L. Costill, 2004).

#### **4.2 Hipoxia y ventilación pulmonar**

Se considera hipoxia cuando los niveles de  $O_2$  del aire están por debajo de lo normal (William D. Mcardle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2004). La hipoxia es el principal factor responsable de la mayoría de los efectos nocivos de la altura sobre la salud.

La palabra hipoxia se refiere a la disminución de  $O_2$  en el aire ambiental e hipoxemia se refiere más específicamente a la disminución del contenido de  $O_2$  en la sangre arterial. En la altura se observa hipoxemia porque la sangre arterial no se satura completamente con  $O_2$ , debido a la disminución de presión parcial de oxígeno (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005).

El problema de la hipoxia es la disminución de partículas de  $O_2$  en el ambiente, y la pérdida de fuerza del gradiente de presión del  $O_2$  hacia los tejidos (hipoxemia) (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005).

La hipoxia que se presenta en situaciones de enfermedad o en la altura, esta puede hacer que el funcionamiento del  $VO_{2\text{máx}}$  se transforme en un factor limitante, pero no en un sujeto saludable que realiza ejercicios por debajo del UL (umbral de lactato) (Harvey, 2010).

El estado de hipoxia produce una serie de cambios fisiológicos en el organismo que tratan de restaurar la homeostasis, es decir, restablecer la

PaO<sub>2</sub> y el contenido de O<sub>2</sub> en la sangre arterial (Chicharro, 2006). El mecanismo homeostático más inmediato que se pone en marcha es el aumento de la ventilación que está mediado por el efecto estimulante que ejerce la hipoxia sobre los quimio receptores periféricos, carotídeos (Chicharro, 2006). El cuerpo humano busca aumentar las inhalaciones para recibir el suficiente aporte de oxígeno, y que aun así, es más precario que en situaciones normales o condiciones de altitud más comunes para el sujeto. De cierto modo, nuestro cuerpo busca compensar la falta de oxígeno en el ambiente. Por si fuera poco, la falta de presión atmosférica a más de 3.000 metros de altura provoca que determinadas células del cerebro y de los pulmones puedan reventar ocasionando así una liberación de líquidos que pueden llenar esos órganos y de esta manera producir edemas o enfermedades de la montaña.

Por lo anterior, la ventilación pulmonar aumenta en altitud, tanto como en estado de reposo como también durante algún esfuerzo, puesto que el número de moléculas de oxígeno en un determinado volumen de aire es menor, por lo que es preciso inspirar más aire para suministrar la misma cantidad de oxígeno, que cuando se respira normalmente a nivel del mar (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004). En estas condiciones se limita la difusión pulmonar y el transporte de oxígeno a los tejidos, por lo que los tejidos corporales se encuentran en un estado permanente de hipoxia hipobárica.

### 4.3 $VO_{2m\acute{a}x}$ en la altura

El proceso respiratorio debe satisfacer las mismas condiciones normales que a nivel del mar, ya que el ser humano requiere de una cierta cantidad de energí­a para su normal funcionamiento, independiente de la altura que habite (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005).

A medida que las personas ascienden a mayores altitudes terrestres, o son expuestas a otras condiciones de hipoxia, el  $VO_{2m\acute{a}x}$  disminuye. Esta disminuci3n depende y es exclusiva de cada persona (Parker., 2004)

El estado de hipoxia hipobárica disminuye considerablemente el rendimiento físico aer3bico, aunque por debajo de los 1.600 metros, la altura parece tener poco efecto sobre el  $VO_{2m\acute{a}x}$  y el rendimiento, sin embargo la alteraci3n del rendimiento aer3bico se observa a partir de los 1.600 metros (Billat, 2002 ) ya que por sobre esta altura, el  $VO_{2m\acute{a}x}$  se reduce casi un 11% por cada 1.000 metros de ascenso (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004)

La reducci3n del  $VO_{2m\acute{a}x}$  se debe al resultado de la baja de  $PO_2$ , que acompa­a el descenso de la presi3n barométrica con la altitud (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004)A los 2.000 metros el  $VO_{2m\acute{a}x}$  viene a ser del 90% respecto al normal desempe­o a nivel del mar (Chicharro, 2006)

Por cada aumento de 305 metros de altitud, tanto hombres y mujeres, entrenados y no entrenados generalmente pueden esperar una reducci3n del 1,5 al 3,5% del  $VO_{2m\acute{a}x}$  (William D. Mcardle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2004)

Por otro lado, (Billat, 2002 ) plantea que cada 300 metros de ascenso el consumo máx­imo de oxígeno disminuye en un 3% a partir de los 1.600 metros de altura lo que es similar pero más preciso y menos ambiguo que los

datos mencionados anteriormente por lo que es el parámetro que rige este estudio.

**Tabla 5.**Tabla % Disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  según metros de altura

(Billat, 2002 )

Altura en metros	% Disminución
1.600	0
1.750	1,5
1.900	3
2.050	4,5
2.200	6
2.350	7,5
2.500	9
2.650	10,5
2.800	12

*En la presente tabla se observa el porcentaje de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de acuerdo a las diferentes alturas. Donde se puede ver mayor disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  a medida que la altura aumenta.*

La densidad de moléculas de oxígeno ( $PO_2$ ), desciende proporcionalmente con el descenso de la presión barométrica al ascender a grandes elevaciones y su fórmula es  $PO_2 = 0,209 \cdot \text{Presion barométrica}$  (William D. Mcardle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2004)

El gasto cardiaco (Q) también sufre alteraciones incrementándose proporcionalmente a la demanda del  $VO_2$  durante el ejercicio y este incremento de Q está directamente relacionado con el incremento de la frecuencia cardíaca y volumen sistólico (Linda M. Lemura, Serge P. Von Duilivard, RichelleCarlonas y Joseph Andreacci, 2015).

Los modelos que han examinado el efecto de la hipoxia sobre el  $VO_{2m\acute{a}x}$ , sugiere que con el incremento de la hipoxia, el  $VO_2$  disminuye dependiendo

del transporte de O<sub>2</sub> y aun mas, dependiendo de la extracción periférica de O<sub>2</sub> (Parker., 2004)

En cuanto a la resistencia aeróbica, tanto a nivel del mar como en altura, se encuentra limitada por la capacidad del sistema cardiorrespiratorio para suministrar O<sub>2</sub> a los tejidos y espirar CO<sub>2</sub> (Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S., 2005)

#### **4.4. Aclimatación a la altura**

La aclimatación a la altura describe las respuestas de adaptaciones que mejoran la tolerancia de una persona a la hipoxia de la altura. Los ajustes de aclimatación tienen lugar de forma progresiva a cualquier elevación y la aclimatación completa necesita su tiempo. Como recomendación general, se necesita unas 2 semanas para adaptarse a 2.300 metros. Posteriormente, por cada 610 metros de altura se necesita otra semana para la adaptación completa hasta los 4.572 metros. Estas adaptaciones tienen lugar casi inmediatamente, mientras que otras requieren semanas o incluso meses.

En el Valle de Khumbu (Nepal), parque natural que rodea al Everest, los sherpas llevan generaciones viviendo en las alturas, por lo que han desarrollado una tolerancia natural genética a la altitud. Durante las expediciones realizan tareas de transporte, acondicionamiento, manutención y limpieza y se les facilita material y ropa de ascensión. No obstante, a los 8.000 metros necesitan aporte de oxígeno.

Las condiciones o circunstancias físicas, sociales, económicas, etc., de un lugar, una colectividad o una época, comprende las condiciones o circunstancias que parecen favorables o no a las personas, animales o cosas que en él están, esto se denomina ambiente.

## **5. Frecuencia Cardíaca**

La frecuencia cardíaca (FC) se define como el número de veces que el corazón se contrae en una cierta unidad de tiempo, medida en latidos por minuto (lat·min<sup>-1</sup>) o pulsaciones por minuto (ppm) (Sara Marquez Rosa , Nuria Garatachea Vallejo, 2013). Es por esta razón que la FC es establecida como un factor de control sobre el cual se determina la influencia que tiene el ejercicio realizado sobre un sujeto y su nivel de exigencia, por lo que aumenta linealmente con la intensidad con la intensidad del ejercicio.

Para personas con niveles de actividad física diferentes, el aumento de la frecuencia cardíaca es diferente. Una persona con mayor nivel de actividad física, al realizar una carga de trabajo específica, su aumento de la frecuencia cardíaca será menor, que una persona que realiza la misma carga de trabajo pero su nivel de actividad física es menor (Sara Marquez Rosa , Nuria Garatachea Vallejo, 2013).

La frecuencia cardíaca se puede determinar cómo basal, sub-máxima y máxima, que dependerá del estado en que se mide la frecuencia de latidos. La FC basal se considera como la frecuencia cardíaca mínima que posee un sujeto en estado de reposo, mientras que la frecuencia cardíaca máxima se establece como el máximo valor que podemos alcanzar durante un ejercicio de alta intensidad (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004).

### **5.1. Frecuencia Cardíaca en Altura**

La altura produce tensión a nivel global en el cuerpo humano y afectara directamente en la optimización del funcionamiento cardiorrespiratorio debido a la disminución de la presión parcial de oxígeno, por lo que a nivel del miocardio se experimentan cambios para compensar el estado de hipoxia (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004). Debido a la disminución de la presión parcial de oxígeno, la cantidad de moléculas de oxígeno que llegan a al músculo activo se reduce, por lo que es necesario aumentar el volumen sanguíneo. Para lograr este objetivo aumenta el gasto cardíaco (Q) ya que este aumenta proporcionalmente a la demanda del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) durante el ejercicio (Linda M. Lemura , Serge P. Von Dullivard , Richelle Carlonas , Joseph Andreacci, 2015) y este se obtiene a partir del producto del volumen sistólico (VS) por la frecuencia cardíaca (FC).

Durante la realización de esfuerzos sub-máximos durante las primeras horas de estancia en altitud, el volumen sistólico, que es la cantidad de sangre que expulsa el corazón en cada latido (Sara Marquez Rosa , Nuria Garatachea Vallejo, 2013), disminuye. Esta disminución se debe a la disminución del plasma sanguíneo que se produce principalmente por la deshidratación propia que produce la altitud, por lo que la frecuencia cardíaca debe aumentar considerablemente para mantener el equilibrio de oxigenación. Considerando que Q es el producto de FC y VS, aunque el volumen sistólico disminuya, Q aumentará de todas formas debido al aumento de la frecuencia cardíaca durante la ejecución de actividades sub-maximales. La frecuencia cardíaca en reposo de igual forma aumenta, incluso hasta 140-150 pulsaciones por minuto (ppm) y se debe al aumento de la presión arterial sistémica y pulmonar.

Con niveles agotadores de esfuerzo, disminuye el volumen sistólico máximo y la frecuencia cardiaca máxima, lo que afecta directamente en el gasto cardíaco máximo, por lo que el  $VO_{2\text{máx}}$  y el rendimiento aeróbico se verán afectados con la altitud.



**CAPÍTULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**



## 1. Metodología

El enfoque asumido en esta investigación es de tipo cuantitativo, debido a que el foco principal de esta tesis es cuantificar y aportar evidencia a partir del análisis numérico de los resultados obtenidos de un instrumento de medición estandarizado (Gomez, 2009), es decir, examinar datos de forma numérica, correspondiente a resultados estadísticos de la toma de un test. El instrumento de evaluación utilizado lleva por nombre “Test de la Milla”. Consiste en un instrumento publicado y sub maximal, que tiene como objetivo la estimación del consumo máximo de oxígeno relativo ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) de los sujetos de estudio.

El método de esta investigación se aplica bajo una realidad observable y medible, que a partir de la hipótesis, generan las variables que fueron medidas en un determinado contexto, analizando los resultados obtenidos por medio del test, dentro de un proceso estadístico. El procedimiento de cuantificación es propio de este método y a partir de la evidencia numérica, se pretende explicar la teórica bajo la cual se crea la hipótesis, fundamentando su razonamiento deductivo (Gomez, 2009).

La investigación busca describir el impacto que tiene la altura sobre el  $VO_{2m\acute{a}x}$  de jóvenes de determinado rango etario y poner a prueba algunas hipótesis, generadas previo a la realización del test de la milla, realizado en dos diferentes altitudes, primero a una altura habitual para la muestra, y posteriormente a más de 2400 metros. El análisis de los datos se lleva a cabo de forma estadística, de lo general a lo particular, para demostrar si la altura tiene el mismo impacto en cada integrante de la población de muestra. Se busca que los datos sean lo más objetivos posibles, procurando ser tomados en similares condiciones entre ambos casos.

## 1.2. Diseño de investigación: No experimental transversal

El diseño de investigación se define como el plan o estrategia que se emplea en el estudio para obtener la información requerida, con el fin de optimizar la función investigadora, es decir, en plan de acción que guía el trabajo de campo (Gomez, 2009) cubre todo el proceso de investigación, etapas y características, desde que se formula la problemática, hasta determinar técnicas, instrumentos y criterios de análisis de resultados (Rojas, 2011).

Dentro de la metodología cuantitativa se distinguen dos diseños investigativos: Experimental y No Experimental. El diseño No Experimental realiza la investigación sin la manipulación de variables o explicado de otra forma, no se tiene control directo sobre ellas, se analizan los fenómenos tal cual se dan en su contexto natural, las situaciones no son provocadas intencionalmente por el investigador (Gomez, 2009) el funcionamiento del diseño es sistemático y empírico y las posibles deducciones que se realicen sobre las variables se deben realizar sin que exista influencia del investigador sobre el objeto que se analiza (Narvaez, 2009).

El diseño metodológico de la presente investigación es **no experimental**, debido a que el fenómeno observado sucede de manera natural, sin que los investigadores influyeran para controlar los resultados y los sujetos de estudio fueron escogidos según parámetros que se establecieron previamente al test, por lo que su muestra en ningún momento es sometida a una instancia aleatoria para la selección de ésta.

Además, será una investigación de tipo **transversal**, debido a que el propósito es describir la incidencia de las variables presentes en un momento

determinado (Narvaez, 2009) como se interrelacionan entre ellas, analizarlas y describir su comportamiento, en un tiempo único (Gomez, 2009).

El propósito de trabajar sobre un diseño de investigación no experimental, permite a los investigadores analizar y describir el impacto del  $VO_{2máx}$  en altura, sin tener la posibilidad de controlar las variables propias de la medición a través del test sub-maximal. Si bien, al no tener incidencia sobre variables dependientes e independientes puede llevar a errores de aplicación del propio test de la milla, se dan mayores indicios de transparencia en la recogida de información y en el análisis de los resultados. El objetivo de la investigación es: *Describir el impacto que produce la altura sobre el  $VO_{2máx}$  en sujetos chilenos entre 20 y 24 años con niveles similares de actividad física, estimado a través del test de la milla, realizado a 485 metros sobre el nivel del mar y posteriormente en un ambiente de hipoxia hipobárico sobre 2.400 metros de altitud, para que las conclusiones obtenidas luego de un análisis estadístico de la información recogida en un momento único de un test sub-maximal estandarizado, logren ser fidedignas y objetivas, de esta forma las personas podrán aventurarse al mundo de la altitud tomando las precauciones necesarias para evitar consecuencias graves debido a la falta de información.*

### **1.3. Método de investigación: Método Descriptivo**

La investigación descriptiva se basa principalmente en la descripción de la realidad de un objeto de estudio y sus características, o la relación existente entre varios objetos de estudio, para esclarecer una verdad o comprobar una hipótesis (Rojas, 2011) es decir, se debe caracterizar globalmente el objeto de estudio, utilizando tablas o medidas estadísticas como, distribución de frecuencia, tendencia central, de dispersión o correlación, para cuantificar la magnitud del fenómeno estudiado y describir su desarrollo o evolución (Gonzalez, 2009). En esta clase de investigaciones, se debe definir con anterioridad a la recolección de información, que fenómeno se busca medir u observar para luego describirlo, o al menos tener una idea concreta al igual que se debe especificar quiénes o qué, deben estar incluidos en la medición o estimación en este caso (quiénes o cuáles con las unidades de análisis) y especificar claramente el contexto o ambiente en el que el fenómeno se desarrolla de manera natural para su posterior descripción (Gomez, 2009).

A fin de este método, es que la investigación es descriptiva, ya que su objetivo principal es describir y conocer el impacto que produce la altura sobre el  $vo_{2max}$  en sujetos chilenos entre 20 – 24 años con un nivel de actividad física similar, para luego establecer parámetros de riesgo y medidas de seguridad, para aquellas personas que deseen aventurarse a actividades en altitud.

## 2. Muestra

La muestra del estudio son 18 personas que participaron en la toma de datos y que son sometidas a una selección bajo los criterios de inclusión y exclusión de la población mediante la información entregada en los instrumentos de recogida de datos, los cuales se indican en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Tabla de la muestra de estudio.

Nº Sujeto	Edad	Sexo	Nivel de Actividad Física
Sujeto 1	24	masculino	bajo
Sujeto 2	23	masculino	alto
Sujeto 3	22	masculino	alto
Sujeto 4	23	masculino	bajo
Sujeto 5	21	masculino	medio
Sujeto 6	23	masculino	bajo
Sujeto 7	22	femenino	medio
Sujeto 8	21	masculino	bajo
Sujeto 9	22	masculino	bajo
Sujeto 10	21	masculino	medio
Sujeto 11	22	femenino	inactivo
Sujeto 12	21	masculino	alto
Sujeto 13	22	masculino	alto
Sujeto 14	21	femenino	bajo
Sujeto 15	22	femenino	alto
Sujeto 16	22	masculino	inactivo
Sujeto 17	23	masculino	medio
Sujeto 18	23	femenino	alto

*En la presente tabla se observa la muestra en estudio. Se presentan datos como su edad, sexo y su nivel de actividad física.*

**Tabla 6.1** Cantidad de sujetos de estudio por cada nivel de actividad física.

Nivel de Actividad Física	
Inactivo	2
Bajo	6
Medio	4
Alto	6

*Total de la muestra con la cantidad de sujetos en cada nivel de actividad física.*

### 3. Muestreo

El muestro se realizó de manera no probabilística por conveniencia ya que los sujetos que son investigados son escogidos por los investigadores a partir de un instrumento de selección de aptitudes similares para la investigación. Esta selección se realizó por medio de una anamnesis inicial, la cual nos entregó información personal de los sujetos y por ende, la posibilidad de establecer parámetros generales para escoger personas de similares características tanto a nivel de condición física, como en ámbitos de salud y estilo de vida.

Los parámetros para seleccionar la muestra están determinados con el objetivo de que las variaciones en los resultados del test no se vean afectadas por los hábitos de vida o antecedentes médicos de los sujetos. Es importante también como antecedente que no presenten problemas cardiovasculares, colesterol alto ni diabetes, ya que estas pueden condicionar el resultado del test. Todo lo anterior con el fin de estimar el  $VO_{2máx}$  de los sujetos y determinar el impacto que tiene la altura sobre su  $VO_{2máx}$ .

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para determinar la muestra definitiva del estudio.

1. Son incluidos los sujetos que tengan una o más respuestas SI en el cuestionario C-AEF que hayan firmado su consentimiento en la carta de conocimiento de causa anexa (Ver anexo 1). Son excluidos en el caso de no haber firmado lo anterior.
2. Son incluidos los sujetos que hayan participado en la toma de ambos test.
3. Son incluidos los sujetos que están dentro del rango etario.



4. Son excluidos los sujetos que en su anamnesis no hayan cumplido con la solicitud de mantener sus hábitos habituales de consumo de alcohol y cigarrillos durante el proceso de estudio.
5. Son excluidos los sujetos que padezcan algún problema cardiovascular.
6. Son excluidos los sujetos que padezcan alguna lesión física o algún problema ortopédico.
7. Son excluidos los sujetos que hayan consumido alcohol durante las 3 horas previas al test (Medicine, 2005).
8. Son excluidos los sujetos que hayan manifestado no sentirse en las mismas condiciones físicas del primer test al momento de rendir el segundo test.

#### **4. Técnicas y/o estrategias de Recolección de Datos**

Para esta investigación se utilizó la anamnesis Inicial “Cuestionario sobre historia médica de la salud y de aptitud para el ejercicio físico” que busca recoger información sobre los sujetos de estudio previo a la realización de los test. Por otro lado se utilizó el Test de la Milla (James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs , 2004) para estimar el  $VO_{2máx}$  a partir de su respectiva fórmula.

##### **4.1. Anamnesis**

Este instrumento tiene la finalidad de recoger información sobre los sujetos de estudio. Consta en su primera parte con una recogida de datos para la identificación de los sujetos que fueron sometidos a los test. Luego contiene una segunda parte llamada Cuestionario Aptitud para el Ejercicio Físico (C-AEF), la cual informa a cerca de las experiencias previas que ha tenido el sujeto de estudio al enfrentarse a la actividad física, donde según las respuestas emitidas, cada sujeto debe consultar o no con su médico la

posibilidad de realizar ésta actividad física, el objetivo de estas preguntas es evitar situaciones riesgosas para los participantes. En la tercera parte se reúnen los antecedentes generales de los sujetos, los cuales tienen que ver con sus hábitos de vida cotidiana, con el fin de comparar sujetos similares. Y en su parte final pretende describir el historial médico de las personas con tal de que éste no sea determinante a la hora de comparar los resultados finales entre todos los sujetos de estudio.

Es respondida de forma escrita por cada uno de los sujetos de la muestra con su nombre y firma. Se adjunta carta de conocimiento de causa para tener el consentimiento del sujeto para la realización del test con su nombre y firma. De esta forma eximir a los investigadores de cualquier perjuicio existente, (Ver anexo 02).

#### **4.1.1. Validación del instrumento**

Para la validación de la anamnesis se acudió al juicio de expertos mediante una carta de solicitud de validación de instrumento y posterior entrevista con el experto en cuestión para recibir sus alcances, correcciones, sugerencias y poder las hacer modificaciones pertinentes.

Se recurrió al juicio de dos expertos académicos de la Universidad Católica Silva Henríquez con el grado de Magister en Entrenamiento Deportivo. (Ver anexo 3)

#### **4.2. Test de la milla, descripción.**

El test de la milla al ser un test indirecto y estimar el resultado del  $VO_{2m\acute{a}x}$  presenta un margen de error en estos resultados. Este margen de error es producto de someter unos datos a una fórmula que a través de una ecuación arroja un valor estimado del  $VO_{2m\acute{a}x}$  del sujeto. Estos errores de estimación se expresan en unidades de la variable estimada (ml/kg/min), o en porcentaje (%). En el caso del Test de la milla existe error estándar de estimación de +/- 10 ml/kg/min (William D. Mcardle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2004)

Por otra parte existe un estudio publicado en nombre de la Asociación Británica de Deporte y Ciencias del Ejercicio, que consistió en evaluar la validez de criterio de la prueba de carrera/caminata de una milla en niños de 8-17 años, en total una población de 32 chicas y 34 chicos físicamente activos. La variación entre lo medido y estimado se analizó por el método de Bland y Altman. Estos autores proponen un gráfico sencillo para evaluar la concordancia entre dos métodos de medida. Consiste en representar la diferencia entre cada pareja de valores frente a la media de cada pareja de valores.

Finalmente el resultado obtenido entre la diferencia media del  $Vo_{2max}$  medido y el estimado fue de 10 ml/kg/min. Y el error estándar de la estimación fue de 3 ml/Kg/min y el porcentaje de error fue de 32%. (Ver anexo 3).

#### **4.2.1. Materiales y recursos**

Los recursos materiales utilizados para la toma de los test fueron los siguientes:

- Cinta métrica de 50 metros.
- Máquina tizadora para demarcar el camino a seguir durante la toma del test.
- Lentejas para marcar punto de inicio y término de la prueba.
- Cronómetros para registrar el tiempo de duración de la prueba de cada sujeto y la estimación de su frecuencia cardíaca inicial y final.
- Balanza digital para medir el peso corporal de los sujetos.
- Hojas y lápices para el registro de los datos.
- Altimetro GPS para estimar la altitud en que fueron tomados los test.
- Cámara fotográfica y de video para registro de evidencias de la toma de los test.
- Transporte para el traslado al terreno de la toma del test en altura.
- Colaciones para los sujetos de estudio.
- Camarines para los sujetos en la toma de test en altura.

#### **5. Variables**

Para esta investigación las principales variables serían en primer lugar la altura, debido a que se tomará el mismo test en dos altitudes distintas (485 y 2.450 metros aproximadamente). En segundo lugar y de donde se desprenden la mayor parte de objetivos y sub-variables de esta investigación se encuentra el  $VO_{2máx}$ , debido a que estos objetivos apuntan precisamente a conocer si varía el  $VO_{2máx}$  al exponerse el cuerpo en altura.

De la variable principal en cuanto a los resultados que pretende esta investigación se desprenden sub-variables, que son necesarias para poder llevar a cabo la estimación del  $VO_{2m\acute{a}x}$  y conocer cómo se comporta al someterse al ambiente de hipoxia-hipobárico. Estas sub-variables son:

*Peso Corporal:* Expresado en kilogramos, y que influye en cuanto peso es capaz de movilizar el sujeto que realiza el test, lo que quiere decir que para una persona más pesada que otra, requiere un mayor esfuerzo movilizar dicha masa, por lo tanto es por esto que en la fórmula matemática que se utiliza para determinar el resultado del test, esta variable tiene influencia directa en la cifra que se entiende como  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

*Edad:* Si bien esta es una “variable” de la cual el grupo escogió un rango definitorio para la investigación, también esta tiene una influencia directa en el resultado que propone la fórmula, aun así, los baremos con respecto a los resultados finales son bastante más amplios que el rango escogido por el grupo de tesis.

*Sexo:* Como en la mayoría de las investigaciones de carácter físico o fisiológico, aquí también es determinante el sexo de la persona que realiza el test en su resultado final, ya que los organismos no funcionan de la misma manera, es por esto que en la fórmula matemática a utilizar se da distinta valoración numérica a damas y varones.

*Tiempo de realización del test(minutos):* También es una variable importante porque permite sacar hallazgos principalmente sobre el rendimiento o esfuerzo que realizó cada uno de los participantes, además también tiene influencia directa en el resultado de  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los sujetos de estudio.

*Frecuencia cardíaca:* Como las sub-variables nombradas anteriormente, también esta variable es determinante en el resultado de cada uno de los sujetos sometidos al test, puesto que define el verdadero esfuerzo fisiológico realizado por cada uno. Además del resultado del test, esta variable permite constatar algunos de los supuestos planteados en las hipótesis por el grupo de investigadores, y permite cumplir con los objetivos propuestos para la investigación.

## **6. Protocolo de la investigación**

El protocolo de esta investigación comenzó con la validación del instrumento de investigación, una “Anamnesis Inicial” que consiste en responder una serie de preguntas relacionadas con hábitos de vida, antecedentes médicos y de salud de los sujetos. Con este instrumento se realiza la selección de la muestra de estudio.

En segundo lugar, se hizo un llamado para reunir personas interesadas en participar del proyecto a través de redes sociales recolectando sus datos generales, necesarios para realizar una primera base de datos, tales como nombre, edad, cédula de identidad y medio de contacto.

Durante la tercera semana de Septiembre se realizó el reconocimiento de los terrenos a utilizar para aplicar el test en ambos lugares, primero en Estación Central, donde encontramos un terreno vacío idóneo para la contextualización del test con nuestro proyecto y posteriormente a la localidad de Farellones. En este último se realizaron diferentes gestiones con personal de la municipalidad para poder utilizar la cancha municipal de tierra y también en el Colegio Farellones con el fin de utilizar el gimnasio techado ante una posible lluvia o terreno en malas condiciones el día de la toma del test.

Una vez realizado el proceso descrito en el párrafo anterior comienza el período de confirmación formal de los participantes, vía correo electrónico, con el fin de informar a estas personas los requerimientos para poder realizar de manera óptima las actividades a través de esa misma vía, donde a cada uno se le envió un archivo PDF con el itinerario para la semana. Durante este proceso también se llevaron a cabo diferentes actividades para recaudar fondos, necesarios para gestionar reconocimiento inicial de terrenos, transporte a Farellones, colaciones para los participantes y otros insumos. Dentro de las actividades para recaudar fondos recurrimos a la organización de rifas, completadas, entre otras actividades menores.

En la última semana de Septiembre, previo a la primera toma del test a altura habitual para la muestra a 485 metros sobre el nivel del mar, se hicieron las mediciones del perímetro por el cual se realizaría la parte práctica del Test (la caminata), donde se formó un perímetro de cien metros con forma rectangular y esquinas redondas, el cual fue marcado con una máquina tizadora. El sábado de esa misma semana se tomó por primera vez el test (26 de Septiembre), cuyo protocolo se detalla en la página 31.

Al final se registran los resultados en papel y en digital.

Durante la semana siguiente se ingresaron los resultados obtenidos a la base de datos oficial y se retomó la gestión de la subida a Farellones, lo que, con cotizaciones hechas durante la semana, significó solamente manejo de posibilidades de transporte, buscando la de mayor confianza a un precio conversado previamente con empresas y conductores locales de la zona de Farellones. Durante esta misma semana se mantuvo contacto vía correo electrónico y se formaron grupos en redes sociales donde se resolvían dudas puntuales y se coordinó la junta.

Ya en la recta final del trabajo de campo, como estaba estipulado hicimos la convocatoria el día sábado 03 de octubre en Plaza Italia con el fin de usar un punto de encuentro central para todos los participantes del proyecto. Una vez completo el grupo se emprendió el traslado hacia la localidad. Este día fue dividido en distintas fases, primero la reunión del grupo, en segundo lugar se emprendió el viaje hacia Farellones en la van arrendada por el grupo, sin embargo una hora antes del arribo de la muestra a Farellones subieron dos integrantes del grupo de tesis a preparar el lugar para que este estuviese óptimo para la realización del test al momento de llegada de los participantes. Una vez ubicados en la cancha municipal de Farellones a más de 2.400 metros, con un clima muy similar al de hace una semana, se comenzó con la toma del test en el mismo orden que se hizo previamente. Los registros indicaron que a las 11:30 horas del día de la toma del primer test mientras este se llevaba a cabo, la temperatura ambiente fue de 11°C, mientras que en la toma del segundo test, a las 11:45 horas se registraron 12°C. Al igual que en la toma de test anterior, se consulta al sujeto su nivel de percepción del esfuerzo y al finalizar se registran los resultados.

Al terminar, hubo un momento de distracción para compartir y comentar la experiencia y para finalizar se hizo una breve visita a la nieve con el grupo, donde hubo tiempo para tomarse fotos y hacer una charla de término de la actividad práctica.

Por último con los resultados obtenidos en la realización de ambos test se procede a trabajar en el análisis de los datos en el programa Microsoft Excel, con el fin de responder las preguntas de investigación y desarrollar los objetivos pre establecidos.



**CAPITULO IV**  
**PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS**



En este apartado se presentan los datos del estudio, recogidos mediante los instrumentos señalados en los apartados anteriores en la toma de los test en ambos ambientes. Son presentados de acuerdo a los objetivos, preguntas e hipótesis que se establecieron al comienzo del proceso.

A su vez, se analizan los datos y se arrojan resultados para cada objetivo, pregunta e hipótesis respectivamente para finalmente exponer las conclusiones del estudio.

### 1. Objetivos específicos.

- **Estimar el VO<sub>2máx</sub> a 485 metros sobre el nivel del mar y luego en condiciones de hipoxia hipobárico a más 2.400 metros, por medio del test de la milla.**

Para este objetivo se presenta la siguiente tabla:

**Tabla 7.**Tabla de valoración del VO<sub>2máx</sub> a 485 m.s.n.m.

Sujeto	Peso Corporal	Edad	Sexo	Tiempo (min)	FC final	VO <sub>2máx</sub>
Sujeto 1	101	24	masculino	14,48	132	44
Sujeto 2	90,7	23	masculino	14,24	132	47
Sujeto 3	69,6	22	masculino	13,99	108	56
Sujeto 4	75,3	23	masculino	12,30	168	51
Sujeto 5	72,1	21	masculino	14,44	108	54
Sujeto 6	74,9	23	masculino	15,21	96	52
Sujeto 7	53,3	22	femenino	14,91	90	52
Sujeto 8	87,8	21	masculino	14,92	114	49
Sujeto 9	66,6	22	masculino	13,43	140	53
Sujeto 10	91	21	masculino	14,48	210	35
Sujeto 11	66,8	22	femenino	15,86	162	36
Sujeto 12	65,4	21	masculino	13,89	114	56
Sujeto 13	75,3	22	masculino	13,78	132	52
Sujeto 14	56,6	21	femenino	14,15	168	42
Sujeto 15	53,5	22	femenino	14,39	120	49
Sujeto 16	78,3	22	masculino	15,02	132	47
Sujeto 17	75	23	masculino	13,59	132	52
Sujeto 18	65	23	femenino	13,08	90	56

*En la presente tabla se puede observar el total de la muestra con datos de cada sujeto, evidenciando sexo, edad, el peso corporal, el tiempo en realizar la prueba, estimación de la frecuencia cardiaca posterior a la prueba y el VO<sub>2máx</sub> resultante estimado a través de la siguiente fórmula  $132,6 - (0,17 \times PC) - (0,39 \times Edad) + (6,31 \times S) - (3,27 \times T) - (0,156 \times FC)$ . Donde: PC = Peso Corporal; EDAD= Cantidad de años; S = Sexo(0 = mujer, 1=hombre); T= Tiempo de realización del Test; FC= Frecuencia cardíaca post realización del Test. Todos los datos de las variables que muestra la tabla corresponden al test realizado a 485 metros sobre el nivel del mar.*

**Tabla 7.1.** Tabla de valoración del  $VO_{2\text{máx}}$  a 2.400 m.s.n.m.

Sujeto	Peso Corporal	Edad	Sexo	Tiempo (min)	FC final	VO2máx
Sujeto 1	100,1	24	masculino	14,27	126	<b>46</b>
Sujeto 2	90,8	23	masculino	15,31	144	<b>42</b>
Sujeto 3	70,6	22	masculino	15,24	90	<b>54</b>
Sujeto 4	75,8	23	masculino	13,17	132	<b>53</b>
Sujeto 5	71,6	21	masculino	14,47	132	<b>51</b>
Sujeto 6	75,2	23	masculino	14,08	120	<b>52</b>
Sujeto 7	52,8	22	femenino	14,08	168	<b>43</b>
Sujeto 8	89	21	masculino	16,08	108	<b>46</b>
Sujeto 9	65,7	22	masculino	14,25	132	<b>52</b>
Sujeto 10	90	21	masculino	13,13	222	<b>38</b>
Sujeto 11	67,6	22	femenino	15,49	162	<b>37</b>
Sujeto 12	65,3	21	masculino	13,28	132	<b>56</b>
Sujeto 13	77,5	22	masculino	14,45	132	<b>49</b>
Sujeto 14	56,3	21	femenino	14,05	180	<b>41</b>
Sujeto 15	54	22	femenino	14,31	120	<b>49</b>
Sujeto 16	78,7	22	masculino	15,40	150	<b>43</b>
Sujeto 17	75,5	23	masculino	14,49	96	<b>55</b>
Sujeto 18	64	23	femenino	14,35	72	<b>55</b>

*En la presente tabla se puede observar el total de la muestra con datos de cada sujeto, evidenciando sexo, edad, el peso corporal, el tiempo en realizar la prueba, estimación de la frecuencia cardíaca posterior a la prueba y el  $VO_{2\text{máx}}$  resultante estimado a través de la siguiente fórmula  $132,6 - (0,17 \times PC) - (0,39 \times \text{Edad}) + (6,31 \times S) - (3,27 \times T) - (0,156 \times FC)$ , donde: PC = Peso Corporal; EDAD= Cantidad de años; S = Sexo(0 = mujer, 1=hombre); T= Tiempo de realización del Test; FC= Frecuencia cardíaca post realización del Test. Todos los datos de las variables que muestra la tabla corresponden al test realizado a 2.450 metros sobre el nivel del mar.*

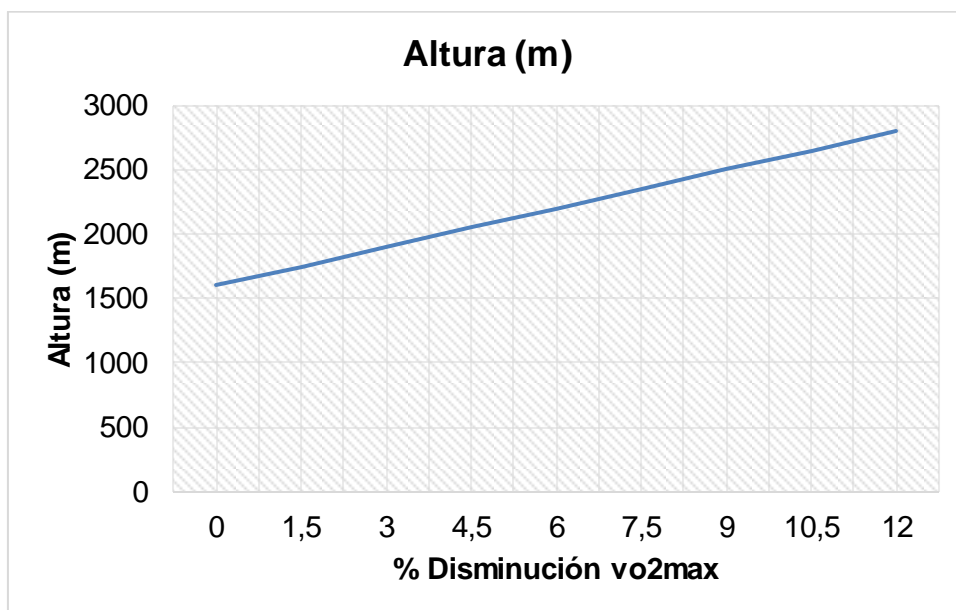
- **Comparar los porcentajes de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los sujetos en estudio con los parámetros establecidos por Billat, 2002.**

**Tabla 8.** Tabla del % disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  según metros de altura (Billat, 2002).

Altura en metros	% Disminución
1.600	0
1.750	1,5
1.900	3
2.050	4,5
2.200	6
2.350	7,5
2.500	9
2.650	10,5
2.800	12

*En la presente tabla se observa la disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de un 3% cada 300 metros de altura a partir de los 1.600 metros. De acuerdo a la regla de proporcionalidad directa de tres, a los 2.450 metros de altura la disminución estimada sería de 7,8% del  $Vo_{2m\acute{a}x}$ .*

**Grafico 1.**Gráfico del % de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  según metros de altura.



*El presente gráfico muestra que la relación altura / % disminución de  $VO_{2m\acute{a}x}$  actúa en proporcionalidad directa a partir de los 1.600 metros de altura. A medida que la altura asciende, el % de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  aumenta de forma lineal y constante en un 3% por cada 300 metros de ascenso.*

**Tabla 8.1.** Comparación de los porcentajes de disminución del  $VO_{2\text{máx}}$  de los sujetos con los parámetros establecidos.

Sujeto	Sexo	$VO_{2\text{máx}}$ (mL · kg · Min) 485mts.	$VO_{2\text{máx}}$ (mL · kg · Min) 2450mts.	Variación de $vo_{2\text{máx}}$	Porcentaje de variación (%)	Porcentaje de disminución esperada (%)
Sujeto 1	masculino	44	46	2	4,5	7,8
Sujeto 2	masculino	47	42	5	10,6	7,8
Sujeto 3	masculino	56	54	2	3,6	7,8
Sujeto 4	masculino	51	53	2	3,9	7,8
Sujeto 5	masculino	54	51	3	5,6	7,8
Sujeto 6	masculino	52	52	0	0	7,8
Sujeto 7	femenino	52	43	9	17,3	7,8
Sujeto 8	masculino	49	46	3	6,1	7,8
Sujeto 9	masculino	53	52	1	1,9	7,8
Sujeto 10	masculino	35	38	3	8,6	7,8
Sujeto 11	femenino	36	37	1	2,8	7,8
Sujeto 12	masculino	56	56	0	0	7,8
Sujeto 13	masculino	52	49	3	5,8	7,8
Sujeto 14	femenino	42	41	1	2,4	7,8
Sujeto 15	femenino	49	49	0	0	7,8
Sujeto 16	masculino	47	43	4	8,5	7,8
Sujeto 17	masculino	52	55	3	5,8	7,8
Sujeto 18	femenino	56	55	1	1,8	7,8
Promedio porcentajes de disminución en $VO_{2\text{máx}}$ de los sujetos					6,4	7,8

*En la tabla se observa el porcentaje en que debió disminuir el  $VO_{2\text{máx}}$  de los sujetos según lo que plantea Billat el 2002, frente a el porcentaje de disminución del  $VO_{2\text{máx}}$  estimado a 2.450 metros de altura respecto al  $VO_{2\text{máx}}$  obtenido a 485 metros sobre el nivel del mar. Se destacan en gris y utilizan para la el promedio de muestra sólo los porcentajes de variación del  $vo_{2\text{máx}}$  que disminuyeron.*

Se puede apreciar que en ningún caso la disminución del  $VO_{2\text{máx}}$  esperado se asocia a lo estimado realmente. Hay casos en que la disminución es por sobre lo esperado, como evidencia el Sujeto 7, que presenta una disminución del 17,3%. En otros casos la disminución es menor, como el caso del Sujeto

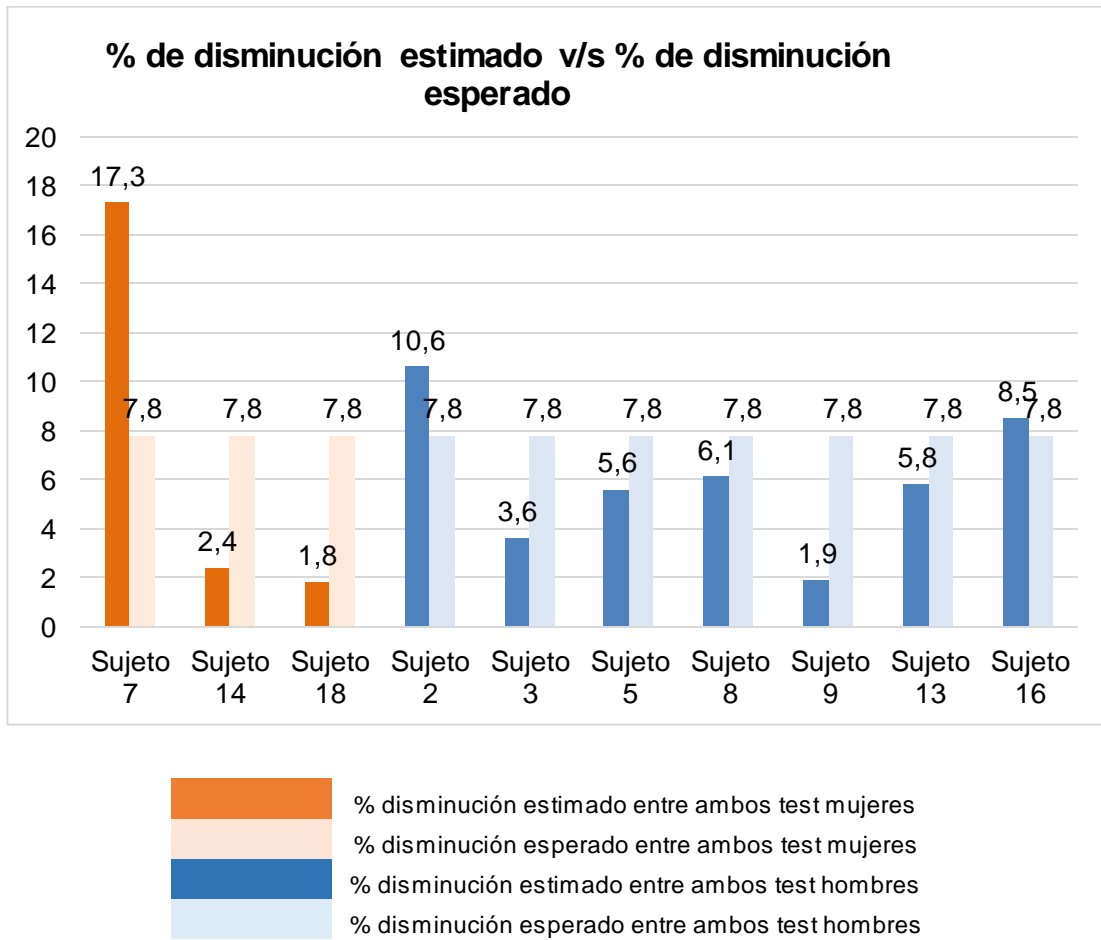


18 que sólo disminuye su  $VO_{2m\acute{a}x}$  en un 1,8%. Los Sujetos 6, 12 y 15 no presentan variación.

En el caso de los Sujetos 1, 4, 10, 11 y 17 no hay disminución, más aun se evidencia una mejora del valor del  $VO_{2m\acute{a}x}$  estimado a 2.450 metros respecto al valor obtenido a 485 metros. Se infiere que el motivo de que los sujetos hayan experimentado un aumento de su valor del  $VO_{2m\acute{a}x}$  en el test tomado a 2.450 metros de altura puede deberse a errores del protocolo en la realización de este, como una incorrecta ejecución de la prueba, por lo que se cree que las instrucciones del test no se hayan seguido al pie de la letra. Puede verse influenciado también por el nivel de actividad física del sujeto y los hábitos de vida de éste durante el lapso de tiempo en que fueron realizados los test 1 y 2.

Por otro lado, se puede apreciar que el promedio de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los sujetos es de un 6,4% que se acerca al valor esperado de 7,8% de disminución, estableciendo sólo una diferencia del 1,4%.

**Gráfico 2.**



El gráfico muestra el porcentaje de disminución del  $VO_{2máx}$  estimado a 2.450 metros de altura respecto al  $VO_{2máx}$  resultante a 485 metros, frente al porcentaje de disminución del  $VO_{2máx}$  planteado de Billat, 2002 respecto a la altura correspondiente. El gráfico considera solamente a los sujetos que disminuyeron su porcentaje de  $VO_{2máx}$ .

En el gráfico se aprecia que en general los varones presentan valores de disminución cercanos al 7,8% esperado con un promedio de 6,01% de disminución. Por el contrario las damas se encuentran distantes a este valor y presentan porcentajes que están lejanos al esperado. Ejemplo de esto es el Sujeto 7 que presenta una disminución del 17,3% y que se encuentra a un 9,5% por sobre lo esperado o el Sujeto 18 que está a 6% por debajo del 7,8% esperado.

A pesar de que en la muestra de estudio la cantidad de hombres y mujeres es dispar, se evidencia que el comportamiento de los hombres es más cercano a lo esperado y que por consiguiente las mujeres podrían seguir un patrón de disminución diferente.

- **Evidenciar alteraciones de la frecuencia cardíaca en jóvenes chilenos entre 20 y 24 años, en la exposición a diferentes ambientes, a 485 metros sobre el nivel del mar y un ambiente de hipoxia hipobárico a más de 2.400 metros.**

**Tabla 9.** Tabla de variación de la FC a 485 metros.

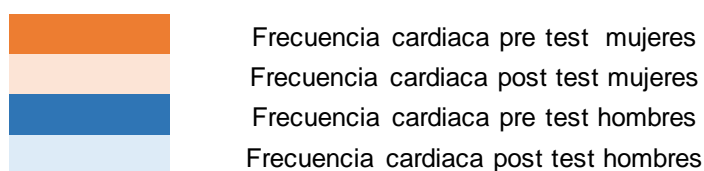
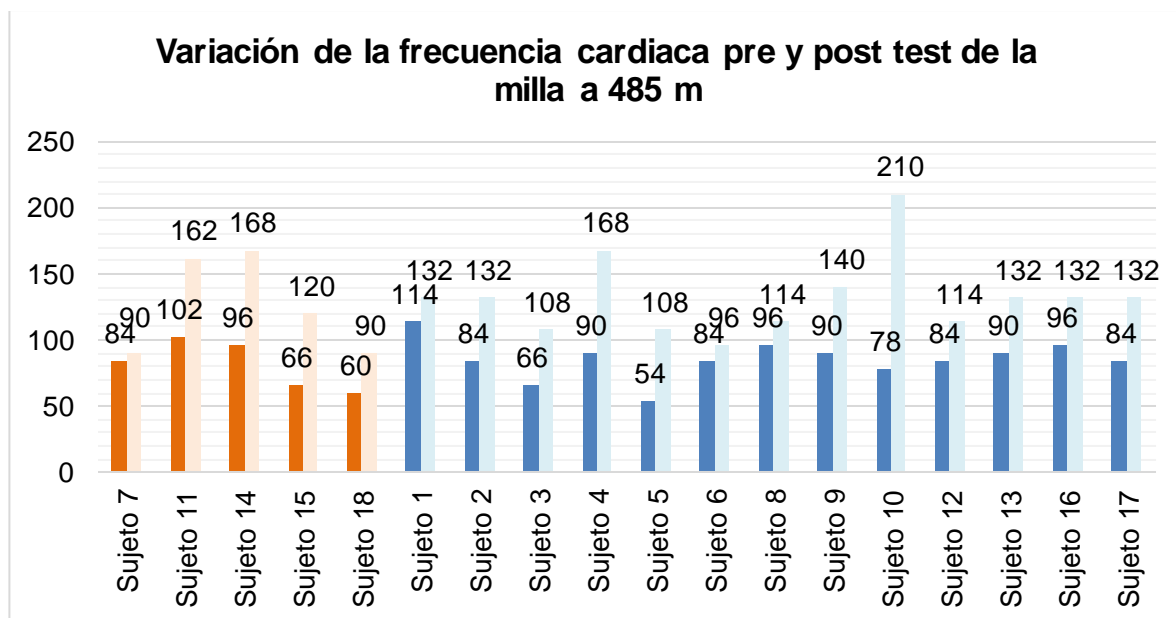
Sujeto	Sexo	Edad	FC Inicial a 485 metros	FC Final a 485 metros	Variación latidos por minuto
Sujeto 1	masculino	24	114	132	+18
Sujeto 2	masculino	23	84	132	+48
Sujeto 3	masculino	22	66	108	+42
Sujeto 4	masculino	23	90	168	+78
Sujeto 5	masculino	21	54	108	+54
Sujeto 6	masculino	23	84	96	+12
Sujeto 7	femenino	22	84	90	+6
Sujeto 8	masculino	21	96	114	+18
Sujeto 9	masculino	22	90	140	+50
Sujeto 10	masculino	21	78	210	+132
Sujeto 11	femenino	22	102	162	+60
Sujeto 12	masculino	21	84	114	+30
Sujeto 13	masculino	22	90	132	+42
Sujeto 14	femenino	21	96	168	+72
Sujeto 15	femenino	22	66	120	+54
Sujeto 16	masculino	22	96	132	+36
Sujeto 17	masculino	23	84	132	+48
Sujeto 18	femenino	23	60	90	+30

*En la presente tabla se puede observar los valores de la frecuencia cardíaca inicial y posterior a la prueba, además de un valor correspondiente a la variación de ambas frecuencias. Los datos presentados en esta tabla corresponden al test realizado a 485 metros de altura.*

Al observar los datos presentados en la Tabla 9 se evidencian variadas alteraciones en la frecuencia cardíaca de los Sujetos, algunas muy altas como es el caso del Sujeto 10 que presentó una frecuencia inicial de 78 ppm y finalizó la prueba con una frecuencia de 210 ppm, teniendo una variación de +132 ppm. Contrario es el caso del Sujeto 7 que presentó una frecuencia cardíaca inicial de 84 ppm y un final de 90 ppm, teniendo una variación de +6 ppm.

Debido a la exigencia de la actividad es lógico que la Frecuencia Cardíaca post test sea mayor que la FC obtenida antes de realizar la prueba.

**Gráfico 3.**



*En el presente gráfico se muestran los valores de la tabla anterior.*

**Tabla 9.1.**Tabla de variación de la FC a 2.450 metros.

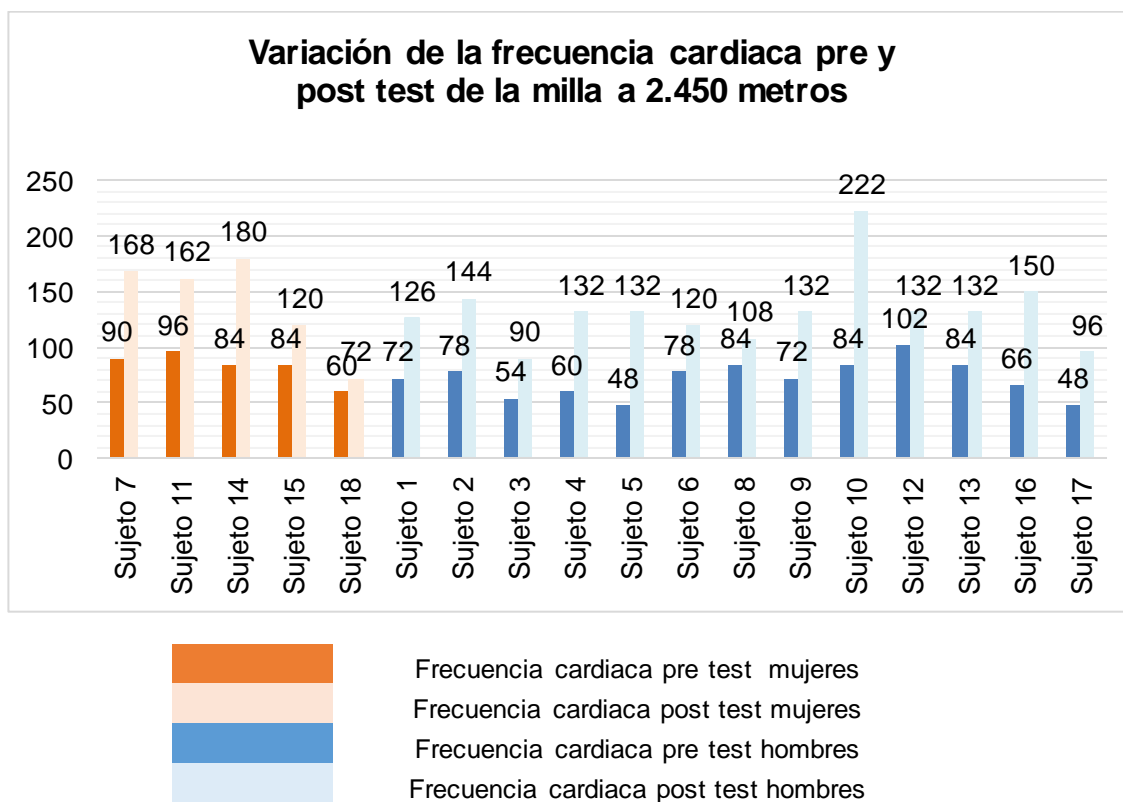
Sujeto	Sexo	Edad	FC Inicial a 2.450 metros	FC Final a 2.450 metros	Variación latidos por minuto
Sujeto 1	masculino	24	72	126	+54
Sujeto 2	masculino	23	78	144	+66
Sujeto 3	masculino	22	54	90	+36
Sujeto 4	masculino	23	60	132	+72
Sujeto 5	masculino	21	48	132	+84
Sujeto 6	masculino	23	78	120	+42
Sujeto 7	femenino	22	90	168	+78
Sujeto 8	masculino	21	84	108	+24
Sujeto 9	masculino	22	72	132	+60
Sujeto 10	masculino	21	84	222	+138
Sujeto 11	femenino	22	96	162	+66
Sujeto 12	masculino	21	102	132	+30
Sujeto 13	masculino	22	84	132	+48
Sujeto 14	femenino	21	84	180	+96
Sujeto 15	femenino	22	84	120	+36
Sujeto 16	masculino	22	66	150	+84
Sujeto 17	masculino	23	48	96	+48
Sujeto 18	femenino	23	60	72	+12

*En la presente tabla se puede observar los valores de la frecuencia cardiaca inicial y posterior a la prueba, además de un valor correspondiente a la variación de ambas frecuencias. Los datos presentados en esta tabla corresponden al test realizado a 2.450 metros de altura.*

Al observar los datos de la Tabla 9.1, se evidencian alteraciones en la frecuencia cardíaca de los Sujetos, por ejemplo el caso del Sujeto 10 que presenta una FC inicial de 84 y una FC final de 222 ppm, presentando una variación de 138 ppm. Todo lo contrario es el caso del Sujeto 18 que presenta una FC inicial de 60 ppm y una FC final de 72 ppm, evidenciando una variación de 12 ppm.

En promedio, los sujetos con menor edad cronológica (21), presentan una variación de 74,4 ppm, siendo el grupo con mayor diferencia entre su FC inicial y final una vez realizado el test.

**Gráfico 4.**



*En el presente gráfico se muestran los datos de la tabla anterior.*

En el gráfico se puede apreciar que en general las mujeres tienen una frecuencia cardíaca inicial similar entre ellas. Por el contrario los hombres presentan una frecuencia cardíaca inicial más dispersa entre sus valores. Por otro lado, las mujeres presentan en promedio una frecuencia cardíaca inicial más alta que los hombres con un valor de 82,8 ppm frente a un promedio de 71,53 ppm de los varones.

Por lo que según este estudio, las damas tienen una frecuencia cardíaca en reposo más elevada que los hombres en la altura.

Sucede algo curioso con respecto al promedio de variación entre la Frecuencia Cardíaca inicial y final entre hombres y mujeres, ya que al calcular estos valores se obtiene para los hombres un promedio de 60,4 ppm y para las mujeres 57,6 ppm. Sin embargo, el Sujeto 10 (hombre) de la muestra presenta una FC final de 222 ppm lo que está por sobre la

Frecuencia Cardíaca Máxima alcanzable (195-210 ppm) (Sara Marquez Rosa , Nuria Garatachea Vallejo, 2013), por lo que se concluye que la toma de su FC final pudo ser realizada con algún tipo de error en el procedimiento. Entonces, al no considerar este valor, se obtiene como promedio para hombres 54 ppm de variación entre la FC inicial y final. Lo que revela finalmente que el promedio de variación de la FC en mujeres es mayor que el promedio de los hombres. Dejando como conclusión que al tener una frecuencia cardíaca inicial mayor que la de los hombres en altura, además de un promedio de variación mayor de la FC, la altura genera un mayor impacto en las mujeres que en los hombres en cuanto a su frecuencia cardíaca.

El aumento de la frecuencia cardíaca se da primeramente por la ascensión, debido a que al aumentar la altura, el gasto cardíaco a su vez también aumenta, afectando la frecuencia cardíaca en reposo y en el ejercicio.

**Tabla 9.1.1.** Variación Frecuencia Cardíaca en ambos Test

Sujeto	Sexo	Variación pulsaciones por minuto 485	Variación pulsaciones por minuto 2.450
Sujeto 1	masculino	18	54
Sujeto 2	masculino	48	66
Sujeto 3	masculino	42	36
Sujeto 4	masculino	78	72
Sujeto 5	masculino	54	84
Sujeto 6	masculino	12	42
Sujeto 7	femenino	6	78
Sujeto 8	masculino	18	24
Sujeto 9	masculino	50	60
Sujeto 10	masculino	132	138
Sujeto 11	femenino	60	66
Sujeto 12	masculino	30	30
Sujeto 13	masculino	42	48
Sujeto 14	femenino	72	96
Sujeto 15	femenino	54	36
Sujeto 16	masculino	36	84
Sujeto 17	masculino	48	48
Sujeto 18	Femenino	30	12

*En la presente tabla se muestra la variación de la frecuencia cardíaca en ambos test en ppm.*



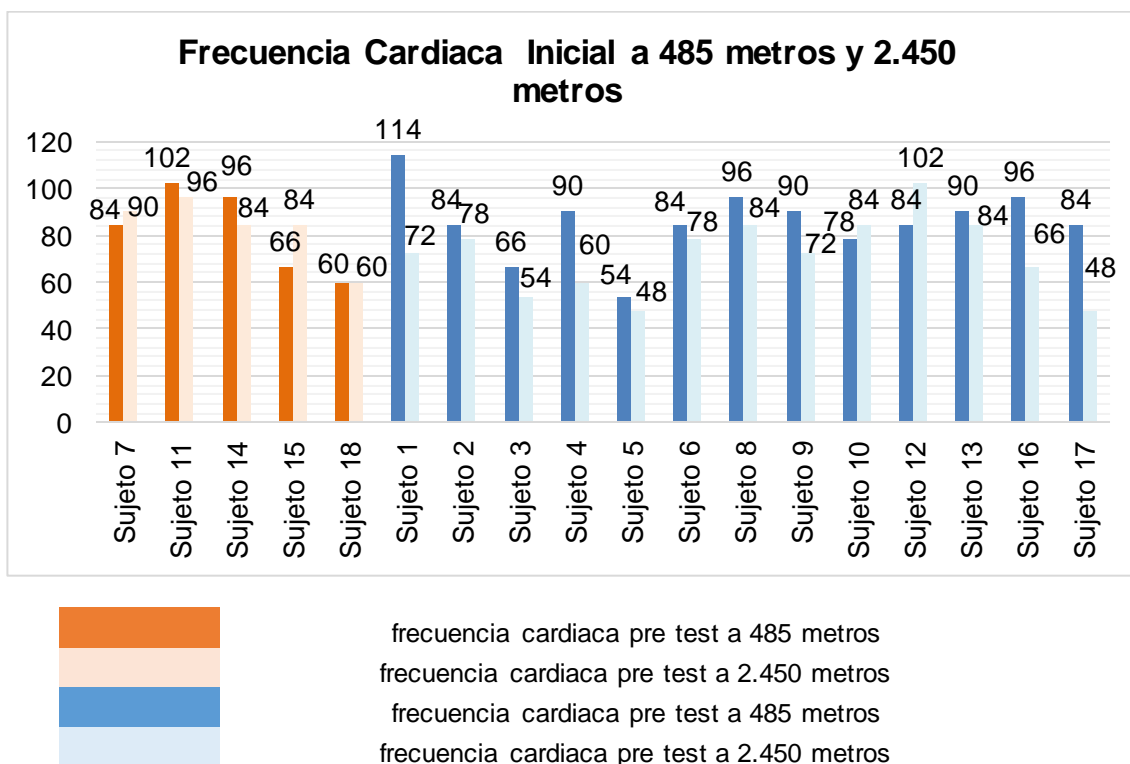
**Tabla 9.2.**Tabla de variación de la FC Inicial en ambos ambientes.

Sujeto	Sexo	Edad	FC Inicial a 485 metros	FC Inicial a 2.400 metros	Variación latidos por minuto
Sujeto 1	masculino	24	114	72	-42
Sujeto 2	masculino	23	84	78	-6
Sujeto 3	masculino	22	66	54	-12
Sujeto 4	masculino	23	90	60	-30
Sujeto 5	masculino	21	54	48	-6
Sujeto 6	masculino	23	84	78	-6
Sujeto 7	femenino	22	84	90	+6
Sujeto 8	masculino	21	96	84	-12
Sujeto 9	masculino	22	90	72	-18
Sujeto 10	masculino	21	78	84	+6
Sujeto 11	femenino	22	102	96	-6
Sujeto 12	masculino	21	84	102	+18
Sujeto 13	masculino	22	90	84	-6
Sujeto 14	femenino	21	96	84	-12
Sujeto 15	femenino	22	66	84	+18
Sujeto 16	masculino	22	96	66	-30
Sujeto 17	masculino	23	84	48	-36
Sujeto 18	femenino	23	60	60	0

*En la presente tabla se puede observar los valores de la frecuencia cardiaca inicial en ambos ambientes, además de un valor correspondiente a la variación de ambas frecuencias entre la FC obtenida a 2.450 metros con respecto a la obtenida a 485 metros*

Se observa que el 22,2% de la muestra aumentó su FC inicial en altura con respecto a la FC obtenida a 485 metros. Por el contrario, el 72,2% de los sujetos disminuyó su valor de FC inicial a 2.450 metros y sólo el Sujeto 18 mantuvo su FC inicial en ambos ambientes.

**Gráfico 5.**



Según los datos presentados en la tabla y como se puede apreciar en el gráfico, complementando lo concluido en la Tabla 9.1 es que en promedio los hombres disminuyen su frecuencia cardíaca inicial en altura desde 85,3 ppm a 485 metros, a 71 ppm al exponerse a 2.450 metros de altura. Mientras que las mujeres aumentan su promedio de FC inicial desde 81,6 ppm a 485 metros, a 82,8 ppm a 2.450 metros sobre el nivel del mar.

En general las mujeres presentan una menor variación de su FC inicial en las diferentes alturas (1,2 ppm). Mientras que los varones tienen una variación de 14,3 ppm en promedio.

**Tabla 9.3.** Tabla de variación de la FC Final en ambos ambientes.

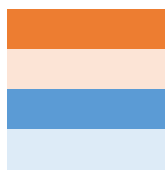
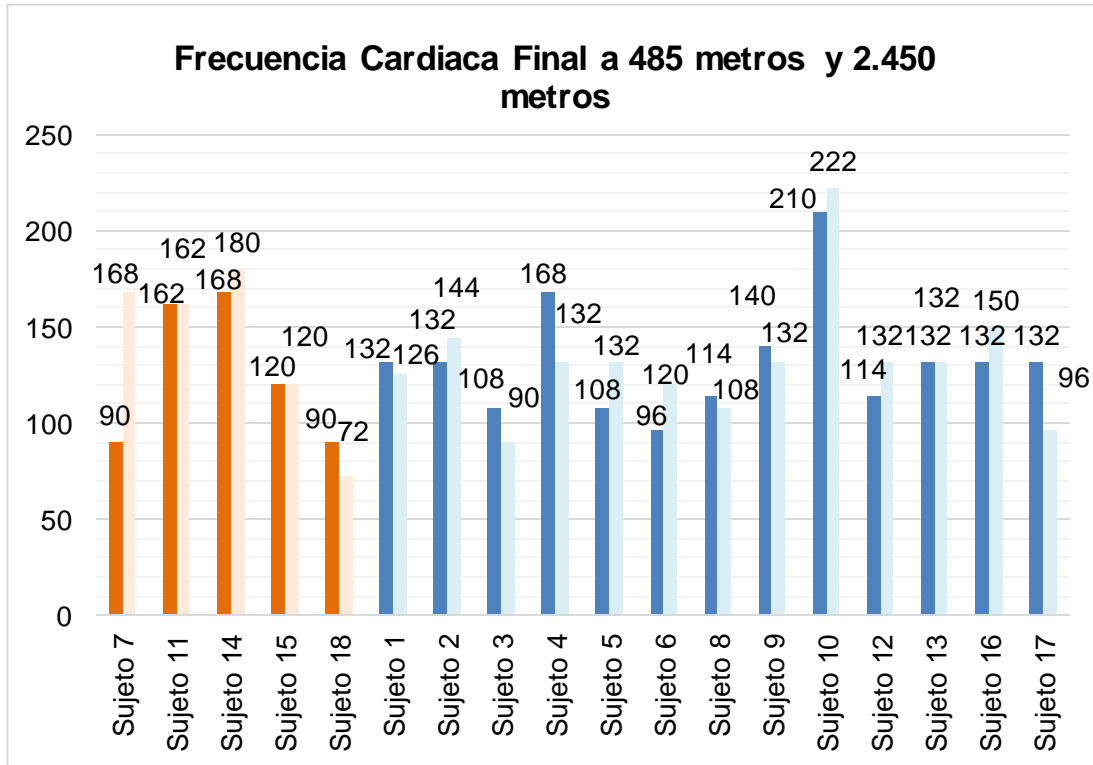
Sujeto	Sexo	Edad	FC Final a 485 metros	FC Final a 2.400 metros	Variación latidos por minuto
Sujeto 1	masculino	24	132	126	-6
Sujeto 2	masculino	23	132	144	+12
Sujeto 3	masculino	22	108	90	-18
Sujeto 4	masculino	23	168	132	-36
Sujeto 5	masculino	21	108	132	+24
Sujeto 6	masculino	23	96	120	+24
Sujeto 7	femenino	22	90	168	+78
Sujeto 8	masculino	21	114	108	-6
Sujeto 9	masculino	22	140	132	-8
Sujeto 10	masculino	21	210	222	+12
Sujeto 11	femenino	22	162	162	0
Sujeto 12	masculino	21	114	132	+18
Sujeto 13	masculino	22	132	132	0
Sujeto 14	femenino	21	168	180	+12
Sujeto 15	femenino	22	120	120	0
Sujeto 16	masculino	22	132	150	+18
Sujeto 17	masculino	23	132	96	-36
Sujeto 18	femenino	23	90	72	-18

*En la presente tabla se puede observar los valores de la frecuencia cardiaca post test en ambos ambientes, además de un valor correspondiente a la variación de ambas frecuencias.*

Con respecto a la FC final de los sujetos se aprecia que 38,9% de los sujetos disminuyó sus ppm después de finalizar el test, contra un 44,4% de la muestra que aumentó su frecuencia cardíaca final.

Además se observa que el 16,7% de los sujetos no presentaron alguna variación en sus valores de FC post test. Se infiere que la intensidad del esfuerzo para estos sujetos fue la misma en ambos test.

**Gráfico 6.**



frecuencia cardiaca post test a 485 metros  
 frecuencia cardiaca post test a 2.450 metros  
 frecuencia cardiaca post test a 485 metros  
 frecuencia cardiaca post test a 2.450 metros

Con respecto al gráfico y los datos presentados en la tabla, se describe el comportamiento promedio de la FC final de hombres y mujeres en ambas alturas. Donde los varones tienen un promedio de FC final a 485 metros de 132,15 ppm. Mientras que las mujeres a la misma altura, arrojan un promedio de 126 ppm. A 2.450 metros, los hombres tienen un promedio de FC final de 132 ppm. En tanto que las mujeres tienen un promedio de FC final de 140,4 ppm. Por lo que se concluye que la altura tiene mayor impacto en mujeres que en hombres respecto a su FC final.

Ahora bien, el promedio de los varones sin considerar al Sujeto 10 es de 124,5 ppm. Confirmando más aún que la altura afecta de mayor manera a mujeres que a hombres.

- **Identificar el nivel de riesgo que pueden tener los sujetos de estudio al someterse a alturas mayores a los 2.400 metros de acuerdo a su  $VO_{2m\acute{a}x}$ .**

**Tabla 10.**Tabla de sujetos con posible riesgo en altura sobre 2400 metros.

Sujeto	Sexo	$VO_{2m\acute{a}x}$ 2450 M	Nivel indicativo de riesgo para la salud	riesgo	
				SI	NO
Sujeto 1	masculino	46	regular		X
Sujeto 2	masculino	42	bueno		X
Sujeto 3	masculino	54	superior		X
Sujeto 4	masculino	53	excelente		X
Sujeto 5	masculino	51	excelente		X
Sujeto 6	masculino	52	excelente		X
Sujeto 7	femenino	43	superior		X
Sujeto 8	masculino	46	bueno		X
Sujeto 9	masculino	52	excelente		X
Sujeto 10	masculino	38	escaso	X	
Sujeto 11	femenino	37	regular		X
Sujeto 12	masculino	56	superior		X
Sujeto 13	masculino	49	excelente		X
Sujeto 14	femenino	41	bueno		X
Sujeto 15	femenino	49	excelente		X
Sujeto 16	masculino	43	bueno		X
Sujeto 17	masculino	55	excelente		X
Sujeto 18	femenino	55	superior		X

*En la presente tabla se observa el total de la muestra con sus respectivos valores de la estimación del  $VO_{2m\acute{a}x}$  a la altura de 2.450 metros, además se señala respecto a este valor el posible estado de riesgo o no de cada sujeto de estudio.*

Los sujetos con una categoría de superior, excelente, bueno y regular no presentan riesgo para la salud. Distinto es el caso del Sujeto 10 quien es el único sujeto de la muestra en estudio que se asocia a un nivel indicativo de riesgo para la salud por estar en el nivel escaso en su exposición a 2.450 metros y que según el Instituto Cooper es para hombres a partir de un valor de  $VO_{2\text{máx}}$  igual o menor a 41 mL·kg·min.

**Tabla 10.1.** Tabla del nivel de riesgo de los sujetos en sus respectivas alturas desde los 2.485 metros hasta 4850 metros de altura.

Altura			2750	3050	3350	3650	3950	4250	4550	4850
% Disminución			3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%	24%
Sujetos	Sexo	VO <sub>2máx</sub> 2.450 metros								
Sujeto 1	masculino	46	45	43	42	40	39	38	36	35
Sujeto 2	masculino	42	41	39	38	37	36	34	33	32
Sujeto 3	masculino	54	52	51	49	48	46	44	43	41
Sujeto 4	masculino	53	51	50	48	47	45	43	42	40
Sujeto 5	masculino	51	49	48	46	45	43	42	40	39
Sujeto 6	masculino	52	50	49	47	46	44	43	41	40
Sujeto 7	femenino	43	42	40	39	38	37	35	34	33
Sujeto 8	masculino	46	45	43	42	40	39	38	36	35
Sujeto 9	masculino	52	50	49	47	46	44	43	41	40
Sujeto 10	masculino	38	37	36	35	33	32	31	30	29
Sujeto 11	femenino	37	36	35	34	33	31	30	29	28
Sujeto 12	masculino	56	54	53	51	49	48	46	44	43
Sujeto 13	masculino	49	48	46	45	43	42	40	39	37
Sujeto 14	femenino	41	40	39	37	36	35	34	32	31
Sujeto 15	femenino	49	48	46	45	43	42	40	39	37
Sujeto 16	masculino	43	42	40	39	38	37	35	34	33
Sujeto 17	masculino	55	53	52	50	48	47	45	43	42
Sujeto 18	femenino	55	53	52	50	48	47	45	43	42

 Nivel de riesgo

En la presente tabla se puede observar el total de la muestra y el valor del VO<sub>2máx</sub> estimado a la altura de 2.450 metros correspondiente a cada sujeto. A ese valor se le aplica una disminución en porcentaje correspondiente al 3% cada 300 metros de ascenso según Billat, 2002. Finalmente se destaca con rojo la altura donde cada sujeto podría llegar a estar en riesgo, hasta los 4.850 metros de altitud.

Se aprecia que a medida que incrementa la altura y con esto, la disminución de VO<sub>2máx</sub>, paulatinamente los sujetos se van acercando al nivel indicativo de riesgo para la salud tanto para hombres como mujeres. Se pueden observar diferencias importantes entre los sujetos que corresponde a las diferentes alturas en las cuales cada sujeto de estudio se acerca a un nivel indicativo de

riesgo para la salud. El Sujeto 10 es el caso que presenta el  $VO_{2m\acute{a}x}$  más bajo, por lo que entra en nivel de riesgo a una altura menor, incluso presenta riesgo a la altura de 2.450 metros correspondiente al segundo test. Diferente es el caso de los Sujetos 3 y 4 que recién llegarían a un nivel indicativo de riesgo a la altura de 2.850 metros. Más aún existen los casos de los Sujetos 17 y 18 que se encontrarían en nivel de riesgo a una altura superior a los 2.850 metros.

Por el contrario, los Sujetos 12, 15, 17 y 18 no presentan cercanía alguna al nivel indicativo de riesgo para la salud antes de los 4.850 metros.

## **2. Preguntas de investigación**

- **¿Cuál es el promedio de porcentaje de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de sujetos chilenos entre 20-24 años según su nivel de actividad física, en un ambiente a 2.450 metros de altura en relación al  $VO_{2m\acute{a}x}$  estimado a 485 metros por sobre el nivel del mar?**

El porcentaje de variación del  $VO_{2m\acute{a}x}$  estimado de los sujetos según su nivel de actividad física es en promedio para los sujetos de nivel Inactivo un 8,5%, para los de nivel Bajo un 3,47%, para los de nivel Medio un 11,45% y para los de nivel Alto un 5,45%, respectivamente. En la siguiente tabla se detallan los porcentajes de variación obtenidos por cada Sujeto.



**Tabla 11.** Tabla del nivel de actividad física de los sujetos y respectivo porcentaje de variación de  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

Sujeto	Nivel de actividad física	$VO_{2m\acute{a}x}$ 485mts ( $mL \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	$VO_{2m\acute{a}x}$ 2400mts ( $mL \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	Porcentaje de variación (%)
Nivel Inactivo				
Sujeto 11	inactivo	36	37	<b>2,8</b>
Sujeto 16	inactivo	47	43	<b>8,5</b>
Promedio				8,5
Nivel Bajo				
Sujeto 1	bajo	44	46	<b>4,5</b>
Sujeto 4	bajo	51	53	<b>3,9</b>
Sujeto 6	bajo	52	52	<b>0,0</b>
Sujeto 8	bajo	49	46	<b>6,1</b>
Sujeto 9	bajo	53	52	<b>1,9</b>
Sujeto 14	bajo	42	41	<b>2,4</b>
Promedio				3,47
Nivel Medio				
Sujeto 5	medio	54	51	<b>5,6</b>
Sujeto 7	medio	52	43	<b>17,3</b>
Sujeto 10	medio	35	38	<b>8,6</b>
Sujeto 17	medio	52	55	<b>5,8</b>
Promedio				11,45
Nivel Alto				
Sujeto 2	alto	47	42	<b>10,6</b>
Sujeto 3	alto	56	54	<b>3,6</b>
Sujeto 12	alto	56	56	<b>0,0</b>
Sujeto 13	alto	52	49	<b>5,8</b>
Sujeto 15	alto	49	49	<b>0,0</b>
Sujeto 18	alto	56	55	<b>1,8</b>
Promedio				5,45

En la presente tabla se puede observar el total de la muestra agrupados según su nivel de actividad física, además se muestran los valores del  $VO_{2m\acute{a}x}$  estimado en ambas alturas y su correspondiente porcentaje de variación. Son destacados los Sujetos que presentan una disminución de su valor de  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

**2.- ¿Qué relación existe entre la valoración del nivel de percepción de la intensidad del esfuerzo con los niveles de riesgo del VO<sub>2máx</sub> establecidos Instituto Cooper?**

**Tabla 12.** Relación entre nivel de percepción de intensidad del esfuerzo con los niveles riesgosos de VO<sub>2máx</sub> establecidos por el Instituto Cooper.

Sujeto	Sexo	Nivel de percepción	valoración del nivel de percepción	proximidad al nivel de riesgo en (ml.min.kg)
Sujeto 1	masculino	6	Duro+	5
Sujeto 2	masculino	7	Muy duro	1
Sujeto 3	masculino	5	Duro	13
Sujeto 4	masculino	7	Muy duro	12
Sujeto 5	masculino	2	fácil	10
Sujeto 6	masculino	5	Duro	11
Sujeto 7	femenino	4	algo duro	8
Sujeto 8	masculino	6	Duro+	5
Sujeto 9	masculino	3	moderado	11
Sujeto 10	masculino	6	Duro+	-3
Sujeto 11	femenino	6	Duro+	2
Sujeto 12	masculino	6	Duro+	15
Sujeto 13	masculino	5	Duro	8
Sujeto 14	femenino	5	Duro	6
Sujeto 15	femenino	4	algo duro	14
Sujeto 16	masculino	8	Muy duro+	2
Sujeto 17	masculino	4	algo duro	14
Sujeto 18	femenino	2	fácil	20

*Esta tabla muestra la relación entre la valoración del nivel de percepción de la intensidad del esfuerzo y la proximidad al nivel indicativo de riesgo para la salud. Esta proximidad se establece a partir de los valores en que los sujetos se exponen a riesgo para la salud según su VO<sub>2máx</sub>: 41 mL.kg.min para hombres y 35 mL.kg.min para mujeres. Se cuentan unidades de proximidad al valor indicativo. El valor negativo corresponde a un sujeto que efectivamente, llegó al nivel indicativo de riesgo. Se establece cercano al nivel de riesgo a lo sujetos que se encuentran en el nivel Regular o Escaso según la clasificación de la aptitud cardiorrespiratoria que propone el Instituto Cooper.*

En general se puede apreciar que no hay mayor relación entre la valoración del nivel de percepción del esfuerzo, con el valor de la proximidad a un nivel riesgoso de  $VO_{2m\acute{a}x}$  para la salud de los Sujetos. Sin embargo, existen casos aislados en que si se distingue relación proporcional entre ambas variables como por ejemplo el Sujeto 2, que se encuentra a una unidad de entrar al nivel riesgoso que cataloga el esfuerzo con una valoración de “Muy duro” (7) y opuestamente el sujeto 18 se encuentra a 20 unidades de entrar al nivel riesgoso y su valoración del esfuerzo es “Fácil” (2) como también es el caso del Sujeto 5 que valora la percepción de su esfuerzo como “Fácil” (2) encontrándose a 10 unidades del nivel de riesgo. Frente a esta pregunta, no se encuentran hallazgos significativos en la relación de estos valores.

### **3. Hipótesis.**

**1. Los sujetos con un nivel de actividad física bajo, presentan un mayor porcentaje de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  al comparar los resultados estimados a 485 metros y sobre 2.400 metros sobre el nivel del mar.**

Luego del análisis de los datos obtenidos en los Test, ésta hipótesis resulta Rechazada. Según los datos que se muestran en la tabla 12, donde se indica el promedio de los porcentajes de disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de acuerdo al nivel de actividad física de los sujetos de estudio. Esto debido a que los sujetos con un nivel de actividad física bajo e inactivo tienen una disminución promedio de un 4,7%, menor que los sujetos con nivel de actividad física medio y alto, con un porcentaje de disminución del 7,45%.

Se puede observar que los sujetos con nivel medio y alto de actividad física presentan en promedio una disminución de 7,45%. Por encima del nivel inactivo y bajo. Lo anterior se debe a que los sujetos con un nivel de actividad física medio y alto, tienen un gasto cardiaco mucho más elevado

que los individuos con un nivel de actividad físico bajo o inactivo, lo que conlleva a que las células en sangre (hemoglobina) transitan mucho más rápido a través de intercambio gaseoso en los capilares pulmonares, por lo que no hay suficiente tiempo para saturar la hemoglobina con oxígeno antes que salga de los capilares pulmonares (David R. Bassett, Edward T. Howley, 2000). Esta limitación pulmonar se ve elevada con mayor preponderancia en condiciones de hipoxia hipobárica, ya que en este ambiente la presión parcial de oxígeno disminuye conforme a la altitud, al igual que la saturación de oxígeno en la hemoglobina. Por lo que las personas con un nivel de actividad física alto, presentan mayor variación en el porcentaje de disminución del  $VO_{2max}$ .

Respecto a los niveles de actividad física, por cada aumento de 305 metros de altitud tanto hombres y mujeres, entrenados y no entrenados generalmente pueden esperar una reducción del 1,5 al 3,5% del  $VO_{2max}$  (William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch, 2004). Por el contrario, según arroja la investigación, los sujetos con mejor nivel de actividad física tuvieron una mayor disminución promedio que el de los Sujetos de menor nivel de actividad física.


**Tabla 13.** Porcentajes de disminución de  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

Sujeto	Sexo	Nivel de actividad física	$VO_{2m\acute{a}x}$ (mL · kg · Min) 485mts.	$VO_{2m\acute{a}x}$ (mL · kg · Min) 2450mts.	Porcentaje de variación (%)
<b>Sujetos con nivel de actividad física Inactivo o Bajo</b>					
Sujeto 8	masculino	bajo	49	46	6,1
Sujeto 9	masculino	bajo	53	52	1,9
Sujeto 14	femenino	bajo	42	41	2,4
Sujeto 16	masculino	inactivo	47	43	8,5
<b>% Disminución promedio</b>					<b>4,7</b>
<b>Sujetos con nivel de actividad física Medio o Alto</b>					
Sujeto 2	masculino	alto	47	42	10,6
Sujeto 3	masculino	alto	56	54	3,6
Sujeto 5	masculino	medio	54	51	5,6
Sujeto 7	femenino	medio	52	43	17,3
Sujeto 13	masculino	alto	52	49	5,8
Sujeto 18	femenino	alto	56	55	1,8
<b>% Disminución promedio</b>					<b>7,45</b>

En la presente tabla se da a conocer que los sujetos con un nivel de actividad física bajo e inactivo presentan menor disminución promedio del  $vo_{2m\acute{a}x}$  y que los sujetos con un nivel de actividad física medio y alto presentan mayor porcentaje de disminución promedio del  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

2. Los sujetos con una alta valoración de su nivel de percepción de la intensidad del esfuerzo se encuentran más próximos a los niveles de riesgo del  $VO_{2m\acute{a}x}$  según parámetros establecidos por el Instituto Cooper.

**Tabla 14.** Tabla de relación nivel de percepción de esfuerzo físico, con los niveles riesgosos de  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

 Sujetos cercanos al nivel de riesgo

Sujetos con nivel de percepción			
Sujeto	Sexo	Nivel de percepción	$VO_{2m\acute{a}x}$ 2450 m
Sujeto 1	masculino	6	46
Sujeto 2	masculino	7	42
Sujeto 3	masculino	5	54
Sujeto 4	masculino	7	53
Sujeto 6	masculino	5	52
Sujeto 8	masculino	6	46
Sujeto 10	masculino	6	38
Sujeto 11	femenino	6	37
Sujeto 12	masculino	6	56
Sujeto 13	masculino	5	49
Sujeto 14	femenino	5	41
Sujeto 16	masculino	8	43
Nivel de riesgo hombres		<41	33,3%
Nivel de riesgo mujeres		<35	

Entre los sujetos que tuvieron una alta valoración de su nivel de percepción de la intensidad del esfuerzo (5-10), sólo cuatro de ellos se encuentran cercanos al nivel riesgoso del  $VO_{2m\acute{a}x}$ , lo que deja la hipótesis propuesta por el grupo de investigación como poco representativa con sólo un 33,3%.

Un 66,7% de la muestra total tuvo una valoración de percepción de la intensidad del esfuerzo alta, lo que refleja que el test de la milla efectivamente está diseñado para ser realizado por personas de cualquier nivel de actividad física por igual ya que no presenta mayores exigencias físicas y psicológicas.

Se establece cercano al nivel de riesgo a los sujetos que se encuentran en el nivel Regular o Escaso según la clasificación de la aptitud cardiorrespiratoria que propone el Instituto Cooper. El nivel de riesgo es  $41 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para hombres y  $35 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para mujeres.

## **CONCLUSIONES**





En este apartado se presentan las conclusiones del estudio en cuanto al cumplimiento de sus objetivos seguido de los aspectos positivos, los aspectos por mejorar y las proyecciones que tiene el estudio para el futuro.

Respecto al  $VO_{2m\acute{a}x}$  se aprecia que los porcentajes de disminución obtenidos no son significativos con respecto a lo que propone Billat en 2002. Sin embargo, aparecen hallazgos importantes en la muestra ya que el 55,6% de los sujetos presentan una disminución de al menos un 1,8% en su  $VO_{2m\acute{a}x}$  del valor obtenido a 2.450 metros respecto al primer test realizado a 485 metros por sobre el nivel del mar.

El 27,8% de la muestra no presenta disminución de su  $VO_{2m\acute{a}x}$ , por el contrario, existe una mejora en la estimación del  $VO_{2m\acute{a}x}$  de al menos 2,8% de su  $VO_{2m\acute{a}x}$  obtenido a 2.450 metros de altura lo que se atribuye a errores en la aplicación del protocolo del test de la milla. Por ejemplo, la toma de la frecuencia cardíaca por parte de los investigadores, la ejecución del test por parte de los participantes, el poco control existente de los hábitos de vida de ellos y el manejo ineficiente del factor psicológico y motivacional.

Sin embargo, el promedio de la muestra de la disminución del  $VO_{2m\acute{a}x}$  a 2.450 metros de altura es de 6,4%, donde se aprecia la estrecha relación existente entre este valor y el 7,8% de disminución esperada para la altura precisa de 2.450 metros. Se concluye que al tener acceso a una muestra de estudio más amplia, con una mejora del personal investigativo, se lograrán resultados significativos en cuanto a una obtención del valor del  $VO_{2m\acute{a}x}$  acorde a su comportamiento en altura.

No obstante lo anterior, el estudio permitió poder establecer algunas conclusiones en cuanto a la frecuencia cardíaca de los sujetos en estudio y

su comportamiento en altura, definiendo que existe una diferencia en el impacto que produce la altura sobre la FC entre hombres y mujeres. La FC inicial, FC final y la variación de estas es afectada en mayor proporción en mujeres que en hombres.

La variación de la FC a 2.450 metros de altura es mayor en mujeres ya que arrojan un promedio de variación de 57,6 ppm. Por su parte los varones, arrojan un promedio de variación de 54 ppm lo que evidencia un mayor impacto de la altura en mujeres respecto a la diferencia de la frecuencia cardíaca final con la frecuencia cardíaca inicial. Más aun, la altura afecta en la FC inicial mayoritariamente en mujeres por sobre los hombres ya que a 2.450 metros, la FC inicial promedio de mujeres antes el test es de 82,8 ppm. Mientras que el promedio de la FC inicial en hombres a 2.450 metros es de 71,53 ppm. Este resultado revela características de gran consideración, ya que el promedio de la FC inicial a 485 metros en hombres es de 85,3 ppm mientras que el promedio de la frecuencia cardíaca inicial es mujeres es de 81,6 ppm lo que indica que las mujeres a diferencia de los hombres aumentan la FC inicial al exponerse en situaciones en altitud.

Por último, las mujeres revelan un aumento en el promedio de la FC final desde 485 metros a 2.450 metros de altura en contraposición con los valores obtenidos por los hombres. A 485 metros de altura, las mujeres tienen un valor promedio de FC final de 126 ppm. Mientras que los varones a la misma altura tienen un valor de 132,15 ppm. Mientras que a diferencia de lo anterior, a 2.450 metros de altura, las mujeres presentan un promedio de frecuencia cardíaca final e 140,4 ppm. Por otro lado los varones presentan un promedio de FC final de 124,5 ppm.

Lo anterior se debe principalmente a que las mujeres presentan un corazón más pequeño que los hombres en condiciones físicas similares (Aschwer, 2006), por lo que ellas arrojan frecuencia cardiaca mayor tanto en reposo como en esfuerzo en situaciones de estrés respecto a la altura. También presentan menor cantidad de volumen plasmático en sangre y menores niveles de hemoglobina (Jack H. Wilmore. David L. Costill , 2004), lo que limita aun más la mecánica del O<sub>2</sub>, tomando en cuenta que la hemoglobina es la encargada de transportar el O<sub>2</sub> desde el intercambio alveolar hasta los tejidos (Peñuela, 2006), es decir, para satisfacer necesidades energética oxidativas por esfuerzos similares a los varones, necesitaran mayor esfuerzo cardiopulmonar para absorber, transportar y utilizar cierta cantidad de O<sub>2</sub> por mL sanguíneo, elevando la frecuencia cardiaca y su gasto cardiaco respectivamente.

En conclusión, la altura afecta de manera preponderante a mujeres por sobre los hombres, ya que aumenta la FC inicial y final de ellas. Además, al comparar los resultados obtenidos de un test en diferentes alturas, la diferencia de la FC inicial y final va a ser mayor en mujeres que en varones.

#### 1° aspectos positivos

Tal como se describió en la justificación de esta investigación, el presente estudio busca dar cuenta de lo que podría ocurrir al exponerse a la altura, tomando en cuenta un posible riesgo para las personas que ascienden sin tener mayores conocimientos de los efectos fisiológicos que ocurren en el organismo, brindando esta información a la población chilena que se interesa por realizar actividades en estas condiciones.

Por otro lado, es positivo la facilidad que tiene el empleo del test de la milla en cualquier tipo de personas en distinto de su preparación física para rendir en la exigencia que tiene esta prueba sub- maximal. No demanda una alta cantidad de recursos y es de sencilla aplicación. Por otro lado no generó un impacto negativo en los sujetos de estudio.

Un aspecto valioso del estudio es que sirve como punto de partida para futuras líneas de investigación en cuanto al consumo de oxígeno de jóvenes chilenos y por otro lado como guía para establecer normas de seguridad y prevención en actividades outdoor, principalmente aquellas que tienen lugar en la montaña.

## 2° aspectos por mejorar

Una de los principales aspectos por mejorar es el protocolo del test empleado. Este debe ser realizado con total precisión y con previo conocimiento de los sujetos que se someten al test.

Otro punto es el enseñar a los sujetos a conocer su percepción del esfuerzo, de modo que esta valoración sea realmente representativa y no subjetiva por el desconocimiento de las propias capacidades.

Se debe controlar la motivación de las personas ya que éstas según sea su nivel motivacional, ejecutarán la prueba de mejor forma siguiendo las instrucciones al pie de la letra en cuanto a la intensidad que requiere.

Tener la preparación necesaria para poder controlar la frecuencia cardíaca con un menor margen de error, lo que es absolutamente necesario para que los objetivos de una investigación como esta puedan llevarse a cabo de buena forma.

Tener en cuenta que un estudio de campo como éste debe ser preciso en cuanto a la recolección de datos y la obtención de sus resultados. Para esto es necesario buscar la posibilidad de acceder a instrumentos de laboratorio como un espirómetro que si bien demanda la necesidad de tener más recursos económicos y de personal especializado, tiene mejores resultados y que finalmente hacen de la investigación, un estudio más valioso en cuanto a su fiabilidad.

3° proyecciones del estudio.

Resulta de interés seguir investigando acerca del comportamiento del organismo humano al exponerse a las condiciones que se presentan en altura, por todo lo anteriormente mencionado a lo largo de esta investigación y los pocos estudios realizados en nuestro país respecto al tema se generan proyecciones debido a interrogantes que no se pudieron responder de forma acabada y sólo dando algún ápice de lo que los investigadores pudieron asociar al respecto.

En investigaciones futuras podría considerarse una muestra más numerosa para mayor representatividad.

## Bibliografía

- Aschwer, H. (2006). *El Entrenamiento del Triatlón; De don nadie al hombre de hierro*. Barcelona: Paidotribo.
- Billat, V. (2002). *fisiología y metodología del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Brooks, D. (2007). *Personal Trainer*. barcelona: paidotribo.
- Carlos Monge C., Fabiola león, Velarde S. (2005). *El reto fisiológico de vivir en los andes*. Lima: D - Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Casajús J. A., Piedrafita, E. y Aragones M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y el deporte*.
- Chicharro, L. (2006). *fisiología del ejercicio*. madrid: panorámica.
- Daniel Albino Airasca, Horacio Giardini. (2009). *actividad física, salud y bienestar*. editorial nobuko.
- David R. Basset, Edward T. Hwouley. (2000). Factores limitantes del máximo consumo de oxígeno y determinantes del rendimiento de resistencia. *Publice Premiun*.
- Emily, B. M. (2009). Educación Física. *El Cid Editor | apuntes*.
- Gomez, M. (2009). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Cordoba: Editorial Brujas.
- Gonzalez, H. d. (2009). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Gutierrez, A. J. (2007). *Entrenamiento Personal Bases, Fundamentos y Aplicaciones*. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Harvey, J. (2010). Análisis de cómo la cinética del consumo de oxígeno limita el rendimiento en el ejercicio: Una revisión. *publiced Premiun*.
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*. España: Medica Panamericana S. A.
- Inaian P. Teixeira, B. P. (2014). ¿El  $vo_{2max}$  que medimos es realmente máximo? *Publiced standard*.
- Jack H. Wilmore. David L. Costill. (2004). *Fisiología del esfuerzo y el deporte*. paidotribo.
- James D. George, A. Garth Fisher, Pat R. Vehrs. (2004). *Tests y Pruebas Físicas*. Editorial Paidotribo.
- Lawless, d. t. (1999). Improvement in hypoxemia at 4600 meters of simulated altitude with carbohydrate ingestion. *US National Library of Medicine National Institutes of Health*.
- Linda M. Lemura, Serge P. Von Dullivard, Richelle Carlonas, Joseph Andreacci. (2015). Puede el entrenamiento físico mejorar la potencia aeróbica máxima ( $vo_{2max}$ ) en los niños: Una revisión meta-analítica. *Revista de educación Física*.

Luc A. Léger, Robert Boutcher. (2014). Un test de campo indirecto de carrera continua con etapas múltiples: test de campo de la universidad de montreal . *publiced premium* .

Medicine, A. C. (2005). *ACSM guidelines for exercise testing and prescription* . Barcelona : Paidotribo.

Narvaez, V. P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística: para médicos, odontólogos y estuadiastes de ciencia de la salud* . santiago : RIL Editores .

Parker., D. L. (2004). Efectos de la altura y de la hipoxia aguda sobre el vo2max . *Publiced Premium* .

Paz, G. M. (2014). *Metodología de la investigación* . San juan tihuaca : Larousse- Grupo Editorial Patria .

Peñuela, O. A. (2006). *Hemoglobina: Una molécula modelo para el investigador*. Cali: Colombia Médica.

R. J. Shephard, P. O. Åstrand . (2007). *La resistencia en el deporte* . Barcelona : Paidotribo .

Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación: diseño y ejecución* . Bogotá: Ediciones de la U.

Rowland, T. W. (2004). Entrenamiento del sistema cardiorespiratorio durante la infancia . *publiced standard* .

Sara Marquez Rosa , Nuria Garatachea Vallejo. (2013). Actividad Física y salud. *Ediciones Dias de Santos* .

Terjung, R. L. (1998). Adaptaciones musculares del entrenamiento aeróbico . *Publice Standard* .

Turner, A. N. (2011). Entrenamiento de la capacidad aeróbica en corredores de distancia: Una pausa de lo tradicional . *Publiced Standard* .

Vallejo, N. G. (2012). *evaluación de la capacidad física*. ediciones diaz de santos.

William D. Mcardle, Frank I. Katch, Victor L. Katch. (2004). *Fundamentos de Fisiología del ejercicio*. Madrid : McGraw-hill .



## Índice de Tablas y Gráficos

	Página
Capítulo II: Marco Teórico	
Tabla 1. Niveles de actividad física	27
Tabla 2. Baremos Test de la Milla	33
Tabla 2.1. Cuadro normativo de Capacidad Aeróbica	35
Tabla 3. Clasificación de la Aptitud Cardiorrespiratoria	37
Tabla 3.1. Niveles de Riesgo	38
Tabla 4. Escala de Esfuerzo percibido	40
Tabla 5. Porcentaje de disminución según Billat, 2002	45
Capítulo III: Marco Metodológico	
Tabla 6. Muestra de estudio	56
Tabla 6.1. Cantidad de sujetos de estudio por cada Nivel de actividad física	56
Capítulo IV: Presentación y Análisis de los Resultados	
Tabla 7. Valoración del $VO_{2máx}$ sobre 485 metros s.n.m	68
Tabla 7.1. Variación del $VO_{2máx}$ sobre 2450 metros s.n.m	69
Tabla 8. Porcentaje de disminución del $VO_{2máx}$ según metros de altura (Billat, 2002)	70
Tabla 8.1. Comparación de los porcentajes de disminución del $VO_{2máx}$	72
Gráfico 2. Porcentaje de disminución estimado v/s porcentaje de disminución esperado del $VO_{2máx}$	74
Tabla 9. Variación de la Frecuencia Cardíaca a 485 metros	75
Gráfico 3. Variación de la Frecuencia Cardíaca pre y post Test de la Milla a 485 metros	76
Tabla 9.1. Variación de la Frecuencia Cardíaca a 2450 metros	77
Gráfico 4. Variación de la Frecuencia Cardíaca pre y post Test de la Milla a 2450 metros	78

Tabla 9.1.1. Variación de Frecuencia Cardíaca en ambos Test	80
Tabla. 9.2. Variación de la frecuencia Cardíaca Inicial en ambos ambientes	81
Gráfico 5. Frecuencia Inicial a 485 metros y 2450 metros	82
Tabla 9.3. Variación de Frecuencia Cardíaca Final en ambos ambientes	83
Gráfico 6. Variación de la Frecuencia Cardíaca en Ambos ambientes	84
Tabla 10. Sujetos con posible riesgo en altura sobre 2400 metros	85
Tabla 10.1. Nivel de riesgo de los sujetos con sus respectivas alturas desde los 2450 hasta los 4850 metros	87
Tabla 11. Actividad física de los sujetos y respectivo porcentaje de variación de $VO_{2máx}$	89
Tabla 12. Relación en Nivel de percepción de intensidad del esfuerzo con los niveles de $VO_{2máx}$ establecidos por el instituto Cooper	90
Tabla 13. Porcentaje de variación del $VO_{2máx}$ según Niveles de Actividad Física	92
Tabla 14. Relación entre Nivel de precepción de esfuerzo físico con los niveles de riesgo de $VO_{2máx}$	93

## **ANEXOS**



Anexo 1. Carta de consentimiento con conocimiento de causa.

**Consentimiento con conocimiento de causa para una prueba de esfuerzo**

Usted realizara una prueba de esfuerzo sub-maximal, donde sólo influye el rendimiento personal, sin factores indirectos que puedan afectar los resultados de esta prueba. La intensidad del ejercicio es baja, aun así, su frecuencia cardíaca aumentara progresivamente, mientras la realización de la prueba avance su curso y todo dependerá, según el nivel de actividad física que usted posea antes de la realización del presente Test.

Existe la posibilidad de que se produzcan ciertos cambios durante la prueba, entre los que se incluyen, aumento de la frecuencia cardíaca, mareos, alteraciones de la tensión arterial y en caso extremo, al momento de realizar el test en altitud se pueden producir náuseas. Se harán todos los esfuerzos posibles para minimizar estos riesgos, mediante la evaluación de la información preliminar, que usted proporcionó al realizar la encuesta anterior.

La rápida comunicación por su parte de las sensaciones, que experimenta al realizar este esfuerzo sub-maximal, es también de gran importancia. Usted es responsable de revelar esa información al personal de trabajo.

Los resultados que se obtengan de la prueba sub-maximal, pueden ayudar a diagnosticar o a evaluar las condiciones aeróbicas en que se encuentra.

Le animamos a que haga cualquier pregunta sobre los procedimientos seguidos en la prueba sub-maximal, o los resultados de la prueba. Si tiene alguna preocupación o pregunta, por favor, pídasenos más información.

**El permiso que usted proporcione para realizar una prueba sub-maximal es voluntario. Es usted libre de parar la prueba en cualquier punto de ella si lo desea.**

Los datos obtenidos serán utilizados de manera confidencial.

*He leído este formulario y entiendo los procedimientos de la prueba que voy a realizar y sus posibles riesgos y molestias. Sabidos dichos riesgos y molestias, habiéndose dado la oportunidad de plantear preguntas que han sido contestadas satisfactoriamente, doy mi consentimiento para participar en esta prueba.*

Fecha:

\_\_\_\_\_

Firma Participante:

\_\_\_\_\_

Firma Coordinador de grupo:

\_\_\_\_\_

## Anexo 2. Anamnesis

### **Cuestionario personal sobre historia médica de la salud y de aptitud para el ejercicio físico**

Responder las preguntas de esta encuesta de la forma más sincera posible. No hay respuestas correctas o equivocadas. El objetivo de esta encuesta es poder determinar la muestra de la investigación a través de la recogida de los datos que se solicitan a continuación.

Nombre: Edad: \_\_\_\_\_

Fecha: Sexo: \_\_\_\_\_

Peso: Talla/Estatura: \_\_\_\_\_

Grupo sanguíneo: \_\_\_\_\_

Contacto de emergencia (nombre y teléfono): \_\_\_\_\_

---

### **Cuestionario de Aptitud para el Ejercicio Físico (C-AEF)**

El sentido común es la mejor guía para contestar estas preguntas. Por favor, lea las preguntas con atención y conteste con franqueza. Escoja SI o NO.

1. ¿Le ha dicho su médico alguna vez que padece una enfermedad cardíaca y que sólo debe hacer aquella actividad física que le aconseje un médico?

SI / NO

2. ¿Tiene dolor en el pecho cuando realiza alguna actividad física?

SI / NO

3. ¿Le ha dolido el pecho durante el mes pasado aunque no hiciese una actividad física?

SI / NO

4. ¿Pierde usted el equilibrio a causa de mareos o se ha desmayado alguna vez? SI / NO

5. ¿Tiene problemas óseos o articulares que pueden empeorar si aumenta su actividad física?

SI / NO

6. ¿Le receta su médico normalmente algún medicamento (por ejemplo, píldoras) para la tensión arterial o para alguna enfermedad cardíaca?

SI / NO

7. ¿Conoce cualquier otra razón por la cual no debería practicar alguna actividad física?

SI / NO

### Antecedentes generales

Por favor marque con una X la opción que para usted sea más acertada a su realidad y en caso de solicitar información adicional, enunciarla. Proceder en caso de estar de acuerdo con estas instrucciones.

1.- ¿Fuma?

SI/NO

Si la respuesta es Sí, ¿Con qué frecuencia semanal?

\_\_\_\_\_.

¿Qué cantidad a la semana

(Nº)? \_\_\_\_\_.

2.- ¿Consume bebidas alcohólicas?

SI/NO

Si la respuesta es Sí, ¿Con qué frecuencia?\_

¿Qué cantidad a la semana? \_\_\_\_\_.

3.- ¿Realiza actividad física o deporte?

SI/NO

Si la respuesta es Sí:

- ¿Cuántas veces a la semana? \_\_\_\_\_.
- ¿Cuántas horas a la semana? \_\_\_\_\_.
- ¿Qué tipo de actividad física realiza? (Especificar).

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

- Describa algunos de los ejercicios que realiza.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

4.- ¿Ha tenido experiencias previas de actividad física en altura (+2.000m)?

SI/NO

Si la respuesta es Sí:

- ¿Cuántas veces? \_\_\_\_\_.
- ¿Ha tenido alguna exposición a estas condiciones dentro de las últimas dos semanas? Especificar.

\_\_\_\_\_.

- ¿Cuánto tiempo aproximado de exposición (a la altura)?

\_\_\_\_\_.

- En estas ocasiones, ¿ha experimentado usted algún efecto o cambio en su organismo? Especificar.

\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_.

### Historia medica

5-. ¿Ha presentado presión sanguínea alta o baja? SI/NO

6-. ¿Le han diagnosticado diabetes? SI/NO

7-. ¿Padece de algún problema cardiovascular (enfermedad coronaria, ataques al corazón, aterosclerosis, ECG anormal, etc.)? SI/NO

Si la respuesta es Si, por favor, descríballo \_\_\_\_\_.

8-. ¿Ha sufrido de colesterol alto? SI/NO

9-. ¿Padece alguna lesión o algún problema ortopédico

(espalda, rodillas, tendinitis, bursitis, etc) SI/NO

10-. ¿Está tomando alguna medicación o algún complemento alimentario? Especificar.

SI/NO

\_\_\_\_\_.

11-. ¿Está embarazada o ha dado a luz hace menos de seis semanas? SI/NO

12-. Fecha ultimo control médico \_\_\_\_\_.

13-. ¿Tiene algún otro problema médico que no haya sido mencionado? SI/NO

Si la respuesta es Si, por favor, descríballo \_\_\_\_\_.

14-. ¿Ha sido operado? SI/NO

Si la respuesta es Si, por favor, Descríballo \_\_\_\_\_.

15-. ¿Padece de alguna enfermedad crónica? SI/NO

Si la respuesta es Si, por favor, Descríballo \_\_\_\_\_.



IMPORTANTE

Reconozco que el conjunto de investigadores no es capaz de proveer de mí el consejo médico en cuanto a la idoneidad de mi participación en la actividad correspondiente a la investigación, que he respondido a las preguntas con la mejor de mi capacidad, con la mayor honestidad posible y entendiendo el sentido que tiene este cuestionario.

**ES DE SUMA IMPORTANCIA QUE PARA LA REALIZACION DEL SEGUNDO TEST LAS CONDICIONES QUE USTED INDICÓ SE MANTENGAN DURANTE LA SEMANA PREVIA A ÉSTE, SIN SUFRIR ALTERACIONES MÍNIMAS, YA QUE DE SER ASÍ, ESTARÁ FUERA DE LOS CRITERIOS DE INCLUSIÓN.**

Los datos recogidos en esta anamnesis serán utilizados y manejados solamente por el grupo de investigadores para establecer los criterios de selección de la muestra. Se mantendrá la confidencialidad de toda la información entregada. Conforme a esto, firme.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

Si tiene alguna duda después de haber completado este cuestionario, consulte a su médico antes de comenzar una actividad física.

\*La presente ficha ha sido elaborada especialmente para esta investigación con las adaptaciones consideradas por el grupo de tesis siendo respaldada por la ficha elaborada anteriormente por D. Brooks, 2007 y según el C-AEF publicado por la Canadian SocietyforExercisePhysiology (Sociedad Canadiense para la fisiología del ejercicio), 1994.

### Questionario Post primer test

Nombre: \_\_\_\_\_

Durante la última semana después de haber realizado el primer test a 485 metros sobre el nivel del mar, usted:

1. ¿Fumó? SI/NO

Si la respuesta es Sí, ¿Cuánto? \_\_\_\_\_.

2- ¿Consumió bebidas alcohólicas? SI/NO

Si la respuesta es Sí, ¿Cuánto? \_\_\_\_\_.

¿Cuántas veces? \_\_\_\_\_.

¿Consumió alcohol durante las últimas 72 horas previas al test (tres días)? SI/NO

3- ¿Sufrió alguna lesión o molestia que afecte su normal desplazamiento? SI/NO

4- ¿Contrajo alguna enfermedad o virus que afecte u normal respiración o bienestar físico?

SI/NO

5- ¿Cuántas horas durmió anoche aproximadamente? \_\_\_\_\_.

6- ¿Se siente en las mismas condiciones físicas en las que se encontraba en la toma del test anterior (semana pasada)? SI/NO

\_\_\_\_\_

Firma

### Anexo 3. Validación instrumento Anamnesis



ESCUELA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS  
DEL MOVIMIENTO Y DEPORTE  
Pedagogía en Educación Física

Santiago, Septiembre 2015

Asunto: Solicitud validación de instrumento mediante juicio de experto.

Estimado(a):

Nos dirigimos a usted como estudiantes que desarrollan su proyecto de Seminario de título, de la carrera de Pedagogía en Educación Física de la *Universidad Católica Silva Henríquez* con la finalidad de solicitar su colaboración como experto en la validación del instrumento que se adjunta y que es parte del estudio *"Impacto que produce la altura sobre el VO<sub>2</sub> máx en sujetos chilenos, hombres y mujeres entre 20-24 años con un nivel similar de actividad física, estimado a través del Test de la Milla realizado a 485 metros sobre el nivel del mar y posteriormente en un ambiente de hipoxia hipobárica sobre 2.400 metros de altitud"*.

El grupo está conformado por los estudiantes: Cristian Donoso Carrasco, Gonzalo Osorio Acuña, Andrés Painel Riquelme, Juan Luis Rosales Ruz, Camilo Sáez Mella, Andrea Troncoso Tapia y Diego Vásquez Castro y dirigidos por el profesor Miguel Barrera.

Sus observaciones y recomendaciones como juez de validación serán de gran ayuda para la elaboración final de nuestro instrumento de medida.

Agradeceríamos nos hiciera saber de sus comentarios y sugerencias en el mismo instrumento.

Esperando su atención a la presente solicitud, nos despedimos.

Nombre y firma del coordinador del grupo

En este espacio solicitamos agregar sus comentarios y/o correcciones:

Nombre: ALVARO SEQUEIDA L.

Títulos/Grado: PROF. ED. FÍSICA - M.G. ENTRENAMIENTO DEPORTIVO.

Fecha: 22/09/15.

OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

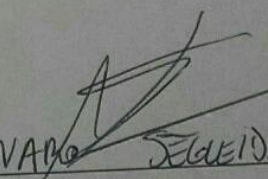
---

---

---

---

---

  
ALVARO SEQUEIDA L.

Nombre y firma de Experto

En este espacio solicitamos agregar sus comentarios y/o correcciones:

Nombre: Victor Rojas Contreras

Titulos/Grado: MAESTRO EN INGENIERIA DEPARTAMENTO

Fecha: 22/ septiembre / 2015

OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

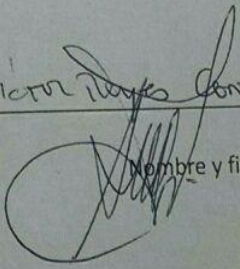
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Victor Rojas Contreras  
  
Nombre y firma de Experto

#### Anexo 4. Registro de datos Test de la Milla

Nombre : _____ Fecha: _____
<b>Resultados de la prueba del Test de la milla.</b>
Tiempo de caminar una milla _____ min:seg.
Tiempo de caminar una milla _____ Min.
Medición FC 10 seg. posterior al ejercicio : _____ latidos.
<b>Resultados de capacidad Aeróbica</b>
$Vo_2 \text{ máx.} = 132,6 - (0,17 * Pc) - (0,39 * e) + (6,31 * s) - (3,27 * T) - (0,156 * Fc)$
Vo2 máx = _____ ml.kg-1.min -1
Clasificación de capacidad Aeróbica : _____