

# COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES DEL VO<sub>2</sub> MÁXIMO EN FUTBOLISTAS PREJUVENILES EN DIFERENTES ALTITUDES

UPTAKE OXYGEN LEVELS PERFORMANCE IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS AROUND DIFFERENT ALTITUDES

## **Hugo Andrés Mercado Ruíz**

Profesional en ciencias del deporte, candidato a Magister en ciencias del deporte con énfasis en entrenamiento deportivo U.D.C.A, calle 182 # 51-24. Bogotá, Colombia.  
E-mail: handres1032@hotmail.com

## **Diego Alonso Sánchez Rodríguez**

Licenciado en educación física, master en metodología del entrenamiento deportivo U.D.C.A, Calle 222 No. 55-37, Bogotá, Colombia.  
E-mail: alonso85@hotmail.com.

## **Jairzinho Gutiérrez**

Profesional en ciencias del deporte, U.D.C.A, Bogotá, Colombia.  
E-mail: jairzinho233@hotmail.com

## RESUMEN

---

Este artículo explora el comportamiento de los niveles del VO<sub>2</sub> máximo en futbolistas pre juveniles en diferentes altitudes. El campo de interés está centrado en caracterizar el comportamiento del consumo de oxígeno, en futbolistas jóvenes con respecto a diferentes alturas geográficas y si éste tiene efecto

directo sobre el rendimiento deportivo. La ejecución de una prueba conocida como Yoyo test, cuyo objetivo es medir el consumo máximo de oxígeno y la concentración de ácido láctico en sangre, son la base para el desarrollo de la investigación.

**Palabras clave:** Fútbol, VO<sub>2</sub>, consumo de oxígeno, altitud, ácido láctico.

## ABSTRACT

---

This article explores the behavior of VO<sub>2</sub> max levels in pre youth players at different altitudes. The field of interest is focused on characterizing the behavior of VO<sub>2</sub> max of young players with respect to different altitudes and whether it has direct effect on athletic performance. A test known as Yoyo test, designed to measure the maximal oxygen uptake and taking the concentration lactic acid in the blood are the basis for the development of research.

**Key Words:** Football, soccer, VO<sub>2</sub>, uptake oxygen, altitude, acid lactic

## INTRODUCCIÓN

Se realizó un trabajo de investigación cuasi-experimental, el cual, debido a un test indirecto nos permitió determinar el consumo máximo de oxígeno, en los futbolistas que están entre los 13 y 15 años del club la Masía de Bogotá.

La prueba que se llevó a cabo para esta evaluación tiene como nombre "yoyo-test", éste fue creado por Jens Bangsbo (2008) en Dinamarca, se tuvo como herramienta este test, porque ha probado ser una de las pruebas indirectas más fiables en todo el mundo.

Como cualquier prueba, esta tiene un objetivo fundamental y es medir el consumo máximo de oxígeno de forma progresiva (aumenta su dificultad en el tiempo) y maximal (termina cuando el atleta ya no puede continuar con la prueba).

El protocolo del test es básicamente realizar carreras de ida y vuelta sobre un tramo de 20 metros, a una velocidad que aumenta progresivamente, hasta alcanzar el agotamiento. Estos 20 metros suelen estar demarcados por dos líneas rectas y paralelas, que los deportistas deben tocar al momento de escuchar la señal sonora.

El yoyo test cuenta con 3 modalidades, en este caso usaremos una de ellas que tiene como nombre yoyo de resistencia y cuyo objetivo fundamental es determinar el consumo máximo de oxígeno. Este test se llevó a cabo en 3 alturas diferentes, pero se aplicó bajo las mismas condiciones.

Posteriormente, se hizo una comparación de los resultados obtenidos y se obtuvieron las conclusiones con el fin de establecer la influencia del cambio de altura geográfica en el rendimiento del deportista y en los niveles de consumo de oxígeno en los futbolistas del club la Masía de Bogotá.

La investigación se realizó en 3 momentos, el primer momento fue aplicar el yoyo test a los futbolistas seleccionados en la ciudad de Bogotá a 2600 metros de altura sobre el nivel del mar, el segundo momento fue ejecutar el mismo test a los mismos futbolistas con la diferencia que esta vez fue en el cerro de Guadalupe que se encuentra ubicado a 3260 metros sobre el nivel del mar, y el tercer y último momento se llevó a cabo en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca ubicado entre los 550 a los 3.050 metros sobre el nivel del mar.

Posteriormente, se hizo la comparación y correlación de los valores obtenidos por cada uno de los evaluados en cada uno de los 3 momentos.

La razón fundamental de llevar a cabo este proceso con los futbolistas, es identificar los cambios del  $VO_2$ , y sí el cambio de altura afecta de una u otra manera el desarrollo y desenvolvimiento del jugador de fútbol, con respecto a su lugar de entrenamiento y competencia permanente.

## Materiales y Métodos

El tipo de estudio corresponde a un estudio cuasi experimental. Un diseño cuasi-experimental no usa asignación aleatoria y no puede evitar muchos posibles tipos de invalidez. La técnica estadística que permitió agrupar los datos fue descriptiva, utilizando medidas de tendencia central.

En cuanto a la población, fueron 18 futbolistas jóvenes (13-15 años). La muestra, por su parte fueron 6 Jugadores entre los 13 y los 15 años (1 arquero, 1 defensa central, 2 defensas laterales, 1 volante central, 1 delantero). Ésta se ha seleccionado por voluntad propia de cada sujeto y de su acudiente, porque son menores de edad.

Además, se tuvieron en cuenta diferentes parámetros de inclusión y exclusión.

#### **Parámetros inclusión:**

- Estar dentro de la edad reglamentada.
- Que sea deportista sano.
- Ser futbolista activo (estar entrenando y compitiendo).
- No fumar.
- No ingerir bebidas alcohólicas.
- El acudiente debe estar de acuerdo y haber firmado el consentimiento informado.
- Que se haya sometido voluntariamente a hacer parte de la investigación.
- Llevar mínimo 2 años como futbolista activo.

#### **Parámetros de exclusión:**

- No estar dentro de la edad reglamentada.
- Que no sea un deportista sano.
- No estar entrenando, ni compitiendo en la actualidad.
- Ser fumador.
- Que toma bebidas alcohólicas.
- El acudiente no esté de acuerdo, ni haya firmado el consentimiento informado.
- Llevar menos de 2 años como futbolista activo.
- Que no se haya sometido voluntariamente a hacer parte de la investigación.

#### **Yoyo -test**

##### **Protocolo:**

El test consiste en realizar carreras de ida y vuelta sobre un tramo de 20 metros, a una velocidad que aumenta progresivamente, hasta alcanzar el agotamiento. Estos 20 metros suelen estar demarcados por dos líneas rectas y paralelas que los deportistas deben tocar al momento de escuchar la señal sonora.

##### **Materiales:**

- Grabación o cinta que emite una serie de "bips" a intervalos regulares, marcando el ritmo de la carrera.
- Planillas de registro.
- Marcas (platinos, conos y estacas, entre otros).
- Cinta métrica.

##### **Frecuencia cardiaca**

La frecuencia cardiaca fue tomada a cada futbolista antes de la prueba de esfuerzo y después de la misma.

##### **Materiales:**

- Pulsómetro Polar.

##### **Concentración de lactato:**

La concentración de ácido láctico fue tomada antes y después de la prueba de esfuerzo.

##### **Protocolo:**

Consiste en determinar la concentración de ácido láctico en cada futbolista a partir de una muestra de sangre. Lo primero, es poner alcohol en un pedazo de algodón y frotarlo sobre el dedo índice del individuo, después de esto tomar una lanceta nueva, la cual debe ser destapada en frente del atleta, con esta hacer un pequeño agujero en el dedo del participante para obtener la muestra de sangre.

La muestra de sangre, se pone en una de las tiras reactivas y esta a su vez se introduce en el analizador de lactato, al ejecutar este último paso, el analizador detectará un dato en números, en algún caso con decimales y este es el valor correspondiente a la concentración de lactato en la sangre del sujeto. Para terminar se pone el algodón con el alcohol sobre el dedo afectado y en

presencia del deportista se arroja la lanceta ya utilizada a la basura.

**Materiales:**

- Lancetas.
- Tiras reactivas.
- Algodón.
- Alcohol.
- Analizador portátil de lactato.

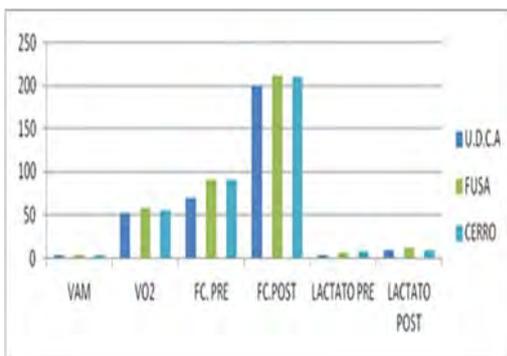
**Resultados**

A continuación se presentan los resultados obtenidos, después de ejecutar la prueba de esfuerzo en las diferentes altitudes:

**Tabla 1: Sujeto 1**

SUJETO 1					
	U.D.C.A		FUSA		CERRO
VAM	3,49	VAM	3,76	VAM	3,62
VO2	53,2528	VO2	58,50038	VO2	55,7746288
FC. PRE	70	FC. PRE	90	FC. PRE	90
FC.POST	200	FC.POST	212	FC.POST	210
LACTATO PRE	3,7	LACTATO PRE	6,3	LACTATO PRE	7,3
LACTATO POST	9,8	LACTATO POST	11,7	LACTATO POST	9,7

**Gráfica 1: Sujeto 1**



En este caso, la velocidad aeróbica máxima (VAM) encontró su punto más alto en el lugar con menos altitud (Fusa), así mismo, encontró

su punto más bajo en la altura intermedia (Bogotá).

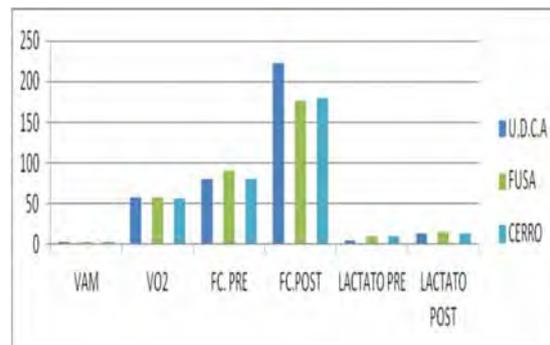
En cuanto al consumo máximo de oxígeno, los resultados muestran que este sujeto alcanzó un mayor consumo de oxígeno en el lugar con menor altura, correspondiente al municipio de Fusagasugá, por el contrario, el lugar en el cual obtuvo menor consumo de oxígeno fue en la altura intermedia, correspondiente a Bogotá.

Después de observar los valores que mostró el analizador de lactato, se encontró que la concentración de ácido láctico es directamente proporcional a la altura; a mayor altura, mayor concentración de lactato en la sangre. La frecuencia cardiaca, en este caso tuvo, el valor más elevado en el sitio de menor altitud, en el cual, se realizó la prueba de esfuerzo.

**Tabla 2: Sujeto 2**

SUJETO 2					
	U.D.C.A		FUSA		CERRO
VAM	3,76	VAM	3,76	VAM	3,62
VO2	58,4903	VO2	58,50038	VO2	55,7746288
FC. PRE	80	FC. PRE	90	FC. PRE	80
FC.POST	222	FC.POST	176	FC.POST	180
LACTATO PRE	4,8	LACTATO PRE	9,3	LACTATO PRE	10,4
LACTATO POST	13,8	LACTATO POST	16	LACTATO POST	13,4

**Gráfica 2: Sujeto 2**



Para este caso, la velocidad aeróbica máxima (VAM) encontró su punto más alto en 2 de los 3 lugares, en el lugar con menos altitud (Fusa) y en el lugar con altura intermedia (Bogotá), así mismo, encontró su punto más bajo en el cerro.

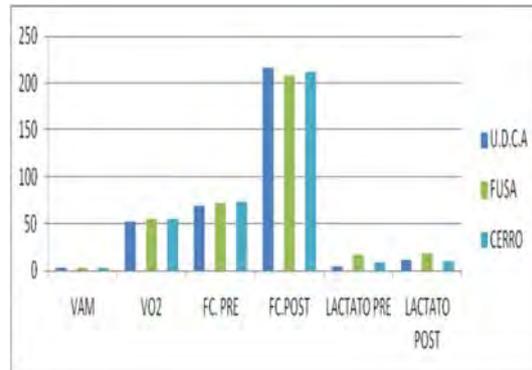
En cuanto al consumo máximo de oxígeno, los resultados muestran que este sujeto alcanzó un mayor consumo de oxígeno, en el lugar con menor altura correspondiente al municipio de Fusagasugá, por el contrario, el lugar en el cual obtuvo menor consumo de oxígeno fue en el cerro.

Después de observar los valores que mostró el analizador de lactato, se encontró que la concentración de ácido láctico es directamente proporcional a la altura; a mayor altura, mayor concentración de lactato en la sangre. La frecuencia cardiaca, en este caso, tuvo el valor más elevado en el sitio de mayor altitud, después de realizar la prueba de esfuerzo.

**Tabla 3: sujeto 3**

SUJETO 3					
	U.D.C.A		FUSA		CERRO
VAM	3,49	VAM	3,62	VAM	3,62
VO2	53,25285	VO2	55,78462	VO2	55,7746288
FC. PRE	70	FC. PRE	72	FC. PRE	74
FC.POST	216	FC.POST	208	FC.POST	212
LACTATO PRE	4,3	LACTATO PRE	17,3	LACTATO PRE	9,4
LACTATO POST	12,1	LACTATO POST	18,1	LACTATO POST	10,1

**Gráfica 3: Sujeto 3.**



Para este caso, la velocidad aeróbica máxima (VAM) encontró su punto más alto en 2 de los 3 lugares, en el lugar con menos altitud (Fusa) y en el lugar con mayor altitud (cerro), así mismo, encontró su punto más bajo en el sitio de altura intermedia (Bogotá).

En cuanto al consumo máximo de oxígeno, los resultados de menor consumo de oxígeno fue en la prueba realizada en Bogotá. Después de observar los valores que arrojó el analizador de lactato, se encontró que después de realizada la prueba, la concentración de ácido láctico es directamente proporcional a la altura.

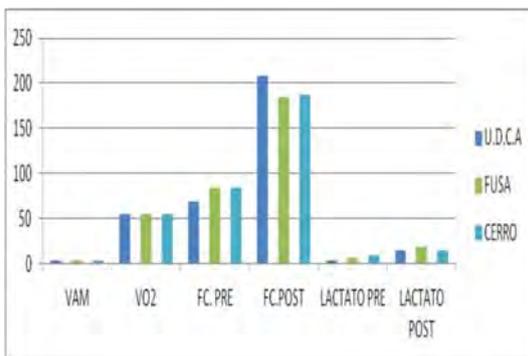
A mayor altura, mayor concentración de lactato en la sangre, pero, en este caso particular, el resultado que mostró el analizador de lactato posterior al análisis pre-esfuerzo, fue superior en el sitio de menor altitud.

La frecuencia cardiaca, en este caso tuvo el valor más elevado en el sitio de altitud intermedia después de realizar la prueba de esfuerzo. Muestran que este sujeto alcanzó un mayor consumo de oxígeno en el lugar con menor altura (municipio de Fusagasugá).

**Tabla 4: Sujeto 4.**

SUJETO 4					
	U.D.C.A		FUSA		CERRO
VAM	3,62	VAM	3,62	VAM	3,62
VO2	54,5283	VO2	54,5383	VO2	54,5283
FC. PRE	69	FC. PRE	84	FC. PRE	84
FC.POST	209	FC.POST	184	FC.POST	187
LACTATO PRE	3,3	LACTATO PRE	6,7	LACTATO PRE	8,4
LACTATO POST	15	LACTATO POST	19,2	LACTATO POST	14,6

**Gráfica 4: Sujeto 4.**



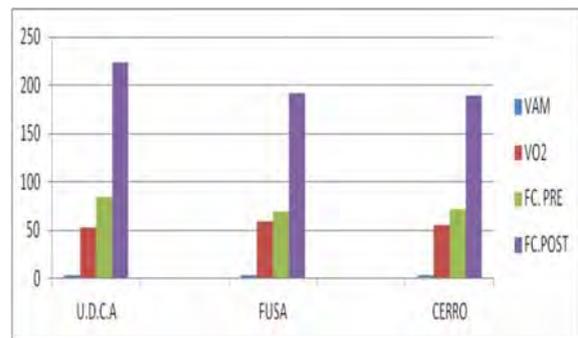
En este caso, la velocidad aeróbica máxima (VAM) fue igual en los tres lugares de estudio, igual que el consumo máximo de oxígeno, los resultados muestran que este sujeto mantiene su rendimiento en cualquier tipo de altura.

Después de observar los valores que señaló el analizador de lactato, se encontró que la concentración de ácido láctico a la altura de Fusagasugá, es más alta, que la de la altura de Bogotá, que puede ser causado por la ansiedad del deportista, porque, lo normal es que a mayor altura mayor concentración de ácido láctico. La frecuencia cardiaca en este caso, tuvo el valor más elevado en el sitio de mayor altitud (cerro), en el cual, se realizó la prueba de esfuerzo.

**Tabla 5: Sujeto 5.**

SUJETO 5					
	U.D.C.A		FUSA		CERRO
VAM	3,49	VAM	3,76	VAM	3,62
VO2	53,25285	VO2	58,50038	VO2	55,7746288
FC. PRE	84	FC. PRE	69	FC. PRE	72
FC.POST	224	FC.POST	192	FC.POST	190
LACTATO PRE		LACTATO PRE		LACTATO PRE	
LACTATO POST		LACTATO POST		LACTATO POST	

**Gráfica 5: Sujeto 5.**



En este caso, la velocidad aeróbica máxima (VAM) encontró su punto más alto en el lugar con menos altitud (Fusa), así mismo, encontró su punto más bajo en la altura intermedia (Bogotá).

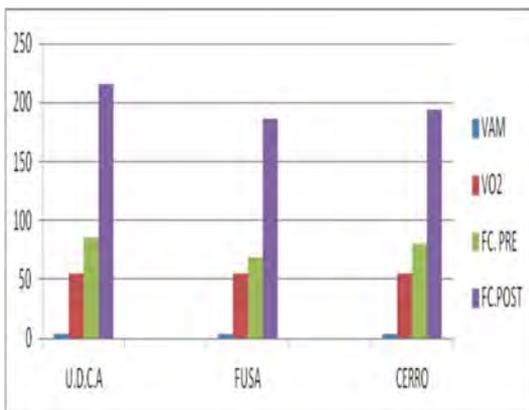
En cuanto al consumo máximo de oxígeno, los resultados muestran que este sujeto alcanzó un mayor consumo de oxígeno, en el lugar con menor altura correspondiente al municipio de Fusagasugá, por el contrario, el lugar en el cual obtuvo menor consumo de oxígeno fue en la altura intermedia, correspondiente a Bogotá.

La frecuencia cardiaca en este caso tuvo el valor más elevado en el sitio de mediana altitud (Bogotá), en el cual, se realizó la prueba de esfuerzo.

**Tabla 6: Sujeto 6.**

SUJETO 6					
	U.D.C.A		FUSA		CERRO
VAM	3,62	VAM	3,62	VAM	3,62
VO2	54,528344	VO2	54,5383	VO2	54,5283
FC. PRE	86	FC. PRE	69	FC. PRE	80
FC.POST	216	FC.POST	186	FC.POST	194
LACTATO PRE		LACTATO PRE		LACTATO PRE	
LACTATO POST		LACTATO POST		LACTATO POST	

**Gráfica 6: Sujeto 6.**



En este caso, la velocidad aeróbica máxima (VAM), fue igual en los tres lugares de estudio, igual que el consumo máximo de oxígeno, los resultados muestran que este sujeto mantiene su rendimiento en cualquier tipo de altitud. La frecuencia cardiaca en este caso tuvo el valor más elevado en el sitio de mediana altitud (Bogotá), en el cual, se realizó la prueba de esfuerzo.

**Relación de resultados en cada altitud**

**Bogotá (U.D.C.A.)**

**Tabla 7. Resultados generales altitud media.**

UD.C.A.				
	VAM	VO2	F.C.F.	LACT-POST
SUJETO 1:	3,49	53,2528	200	9,8
SUJETO 2:	3,76	58,4903	222	13,8
SUJETO 3:	3,49	53,25285	216	12,1
SUJETO 4:	3,62	54,5283	209	15
SUJETO 5:	3,49	53,25285	224	
SUJETO 6:	3,62	54,528344	216	

**Gráfica 7: Resultados generales altitud media.**



En el test realizado en este espacio, los futbolistas tuvieron diferentes reacciones en los diversos aspectos que han sido objeto de este estudio. Con respecto a la VAM por ejemplo, los valores oscilaron entre 3,49 y 3,76, lo cual, quiere decir, que no existió una gran diferencia entre los evaluados.

Por otra parte, en los valores que corresponden al VO2 (consumo máximo de oxígeno), los resultados muestran que el valor mínimo corresponde a 53,2528 y el valor máximo corresponde a 58,4903, estos valores son directamente proporcionales al valor de la VAM.

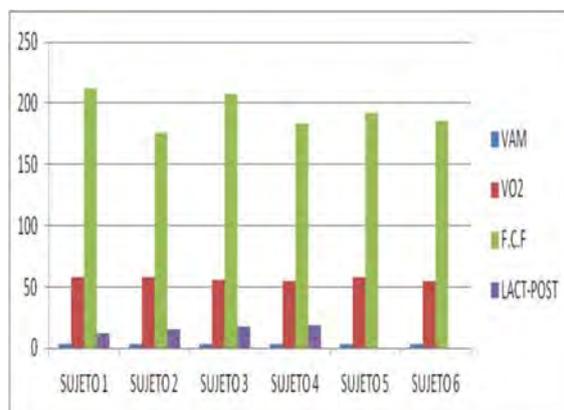
En cuanto al nivel de concentración de ácido láctico después de ejecutar el test, se encontró que a diferencia de la relación que existió entre la VAM y el VO<sub>2</sub>, éste (ácido láctico) no aumenta, ni disminuye de acuerdo a la VAM, ni al VO<sub>2</sub>.

### Fusagasugá

**Tabla 8: Resultados generales menor altitud.**

FUSA				
	VAM	VO2	F.C.F.	LACT-
SUJETO 1:	3,76	58,50038	212	11,7
SUJETO 2:	3,76	58,50038	176	16
SUJETO 3:	3,62	55,78462	208	18,1
SUJETO 4:	3,62	54,5383	184	19,2
SUJETO 5:	3,76	58,50038	192	
SUJETO 6:	3,62	54,5383	186	

**Gráfica 8: Resultados generales menor altitud.**



En el test realizado en este escenario, los 6 futbolistas tuvieron distintas reacciones en los diferentes aspectos que han sido objeto de este estudio. Con respecto a la VAM por ejemplo, los valores oscilaron entre 3,62 y 3,76, lo cual, quiere decir, que no existió un gran desacuerdo entre los evaluados, y la diferencia que se presentó ha disminuido con respecto a la encontrada en el espacio correspondiente a la altura intermedia, por

otra parte, en los valores que corresponden al vo<sub>2</sub> (consumo máximo de oxígeno).

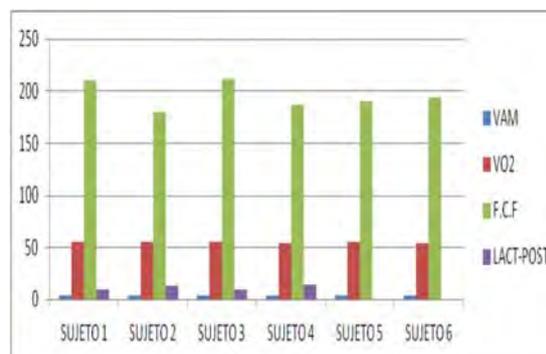
Los resultados muestran que el valor mínimo corresponde a 54,5383 y el valor máximo corresponde a 58,50038, estos valores son directamente proporcionales al valor de la VAM. En cuanto al nivel de concentración de ácido láctico después de ejecutar el test, se encontró que a diferencia de la relación que existió entre la VAM y el VO<sub>2</sub>, éste (ácido láctico) no aumenta, ni disminuye de acuerdo a la VAM, ni al VO<sub>2</sub>.

### Cerro (Guadalupe)

**Tabla 9: Resultados generales mayor altitud.**

CERRO				
	VAM	VO2	F.C.F.	LACT-POST
SUJETO 1:	3,62	55,7746288	210	9,7
SUJETO 2:	3,62	55,7746288	180	13,4
SUJETO 3:	3,62	55,7746288	212	10,1
SUJETO 4:	3,62	54,5283	187	14,6
SUJETO 5:	3,62	55,7746288	190	
SUJETO 6:	3,62	54,5283	194	

**Gráfica 9: Resultados generales mayor altitud.**



En el test realizado en este espacio, los 6 futbolistas tuvieron distintas reacciones en los diferentes aspectos que han sido objeto de este estudio. Con respecto a la VAM por ejemplo, como dato curioso el resultado fue el mismo para todos, por otra parte, en los valores que corresponden al VO<sub>2</sub> (consumo máximo de oxígeno) los resultados muestran que el valor mínimo corresponde a 54,5283 y el valor máximo corresponde a 55,7746288, en este caso, los resultados deberían ser iguales para todos los participantes, teniendo en cuenta, la VAM.

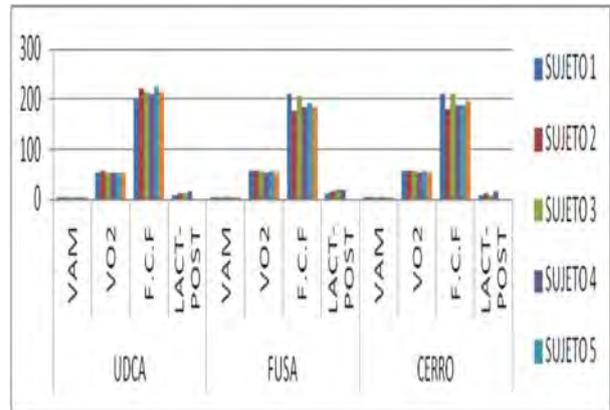
Pero, han variado por la edad correspondiente a cada uno, teniendo en cuenta, que esta influye en la fórmula utilizada para encontrar el vo<sub>2</sub> de cada futbolista. En cuanto al nivel de concentración de ácido láctico después de ejecutar el test, se encontró que a diferencia de la relación que existió entre la VAM y el VO<sub>2</sub>, éste (ácido láctico) no aumenta, ni disminuye de acuerdo a la VAM, ni al VO<sub>2</sub>.

**Resultados generales**

**Tabla 10: Comparación resultados generales.**

	U.D.C.A				FUSA				CERRO			
	VAM	VO2	F.C.F	LACT-POST	VAM	VO2	F.C.F	LACT-POST	VAM	VO2	F.C.F	LACT-POST
SUJETO 1:	3,49	53,2528	200	9,8	3,76	58,50038	212	11,7	3,62	55,7746288	210	9,7
SUJETO 2:	3,76	58,4903	222	13,8	3,76	58,50038	176	16	3,62	55,7746288	180	13,4
SUJETO 3:	3,49	53,25285	216	12,1	3,62	55,78462	208	18,1	3,62	55,7746288	212	10,1
SUJETO 4:	3,62	54,5283	209	15	3,62	54,5383	184	19,2	3,62	54,5283	187	14,6
SUJETO 5:	3,49	53,25285	224		3,76	58,50038	192		3,62	55,7746288	190	
SUJETO 6:	3,62	54,528344	216		3,62	54,5383	186		3,62	54,5283	194	

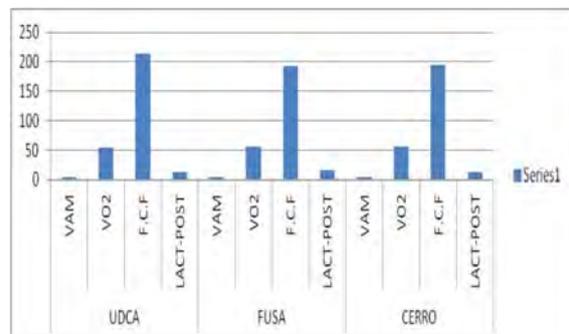
**Gráfica 10: Comparación resultados generales.**



**Promedio de resultados por altitud**  
**Tabla 11: Promedios por altitud.**

UDCA				FUSA				CERRO			
VAM	VO2	F.C.F	LACT-POST	VAM	VO2	F.C.F	LACT-POST	VAM	VO2	F.C.F	LACT-POST
3,578	54,5509	214,5	12,675	3,69	56,727	193	16,25	3,62	55,4	195,5	11,95

**Gráfica 11: Promedios por altitud.**



Después de hacer un promedio en cada una de las variables por escenario, se encontró, que en el escenario en el cual la VAM llegó a su punto más alto, fue en aquel en el que la altitud era la más baja (Fusagasugá) y el menor valor se encontró en la altitud intermedia.

Con respecto al VO<sub>2</sub>, también, se obtuvo el máximo valor en el sitio con menor altitud y el menor en el sitio de altitud intermedia. Por otra parte, la concentración de ácido láctico después de la prueba de esfuerzo, deja ver que este indicador identifica a su mayor valor en el escenario de mayor altitud, y el menor valor, en el escenario de altitud intermedia.

### Discusión

Se realizó el estudio con los 6 deportistas del club: LA MASIA en las 3 altitudes geográficas mencionadas (Bogotá, Fusagasugá, cerro de Guadalupe), con datos interesantes para una evaluación futura en estos deportistas y de gran ayuda para nuevas investigaciones.

Después de revisar los datos obtenidos por los deportistas, se demostró que el consumo máximo de oxígeno VO<sub>2</sub> como por su cercanía al nivel del mar, fue más notable en la altura geográfica de Fusagasugá, que es cercana a la del nivel mar y que dió como consumo máximo de oxígeno 58.50 ml/kg/min. y el menor de 54.53 ml/kg/min. mejorando así, con respecto a lo logrado en la altura geográfica de Bogotá, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 12: porcentaje de mejoría Fusagasugá.**

Num.	Sujeto	Mejoría en %
1	Sujeto 1	9.85%
2	Sujeto 2	0.01%
3	Sujeto 3	4.75%
4	Sujeto 4	0.01%
5	Sujeto 5	9.85%
6	Sujeto 6	0.01%

Para así, demostrar que a menor altura geográfica de la de Bogotá, mayor cantidad de oxígeno se puede consumir, porque los niveles más altos de oxígeno se encuentran a nivel del mar y a medida que aumenta la altura se disminuyen estos niveles de oxígeno.

Pero, como los deportistas evaluados se entrenan a una altura superior a la de Fusagasugá, o sea en Bogotá, no fue mucha la diferencia con la del cerro de Guadalupe, porque, la diferencia es de 660 metros más, demostrando en la mayoría de deportistas un consumo mayor de oxígeno en el cerro de Guadalupe que en Bogotá (con respecto a lo logrado en la altura de Bogotá):

**Tabla 13: Porcentaje de mejoría Guadalupe.**

Num.	Sujeto	Mejoría en %
1	Sujeto 1	4.73%
2	Sujeto 2	-4.64%
3	Sujeto 3	4.73%
4	Sujeto 4	0%
5	Sujeto 5	4.73%
6	Sujeto 6	0%.

En Bogotá el consumo máximo de oxígeno fue de 58.49 ml/kg/min y el menor de 53.25 ml/kg/min y en el cerro de Guadalupe el mayor consumo de oxígeno fue de 55.77 ml/kg/min y el menor 54.52 ml/kg/min. Finalmente, tenemos que el VO<sub>2</sub> disminuyó en la altura de Bogotá y que en donde mayor cantidad de oxígeno se consumió fue en Fusagasugá, sin embargo, el mecanismo por el que esto sucede no está claramente definido.

Para Hurtado (1932): existen diversas causas que se atribuyen para explicar esta disminución. Algunas hablan de una reducción de la fuerza motriz que determina el flujo de O<sub>2</sub> desde el ambiente a la mitocondria producto de una disminución de la PB.

Aunque, podríamos decir, que estos resultados se pueden ver afectados, si no hay un control adecuado de los deportistas en cuanto a la nutrición, estados de ánimo, ansiedad, temperatura, humedad, enfermedades (virosis), deshidratación, entre otros, porque, esto puede alterar cualquier resultado, sin importar el lugar de la prueba.

Si se pudiera controlar estos factores serían más exactos los resultados. Como lo indica Santiesteban (2005): son muchos los factores que hay que tener en cuenta, para que el entrenamiento en altura provoque el efecto requerido.

Según Trasancos (2011): la relación lineal entre **FC** y **VO<sub>2</sub>** dada por la necesidad de abastecerse de **O<sub>2</sub>** de las células durante el ejercicio a medida que se incrementa la intensidad del mismo, ha permitido desde mediados del siglo pasado en adelante la creación y desarrollo de test, para evaluar el **VO<sub>2</sub> máximo** basándose en el monitoreo de la **FC**.

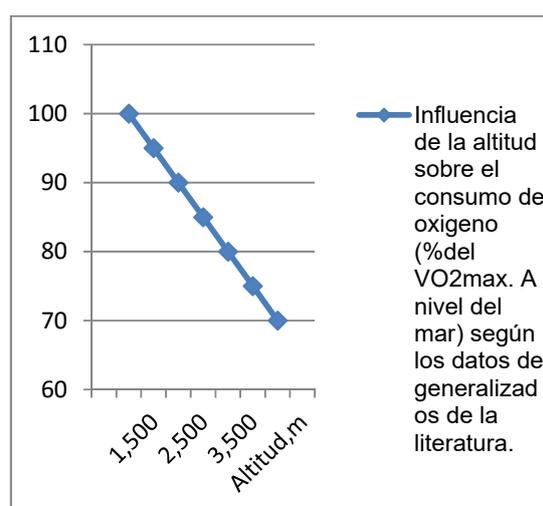
Se ha demostrado un alto nivel de paridad entre los datos obtenidos, a través de test de

campo, de medición indirecta con aquellos efectuados en laboratorio con La VAM que (velocidad aeróbica máxima), que según manifiesta Grosser (1989): mejora la velocidad de carrera alcanzada por un atleta cuando su consumo de oxígeno es máximo (VO<sub>2</sub> MAX), es que las tres tienen en común que necesitan oxígeno.

Porque para una altitud de 2.000-2.500m sobre el nivel del mar, el consumo máximo de oxígeno disminuye un 12-15%, lo que viene determinado principalmente, por la disminución de la presión parcial del oxígeno en el aire inspirado y si el VO<sub>2</sub> máximo disminuye, la VAM y la FC máxima, también.

Para Wilmore (1994): en las personas no adaptadas a las condiciones de altitud puede notarse el aumento de la frecuencia cardiaca en estado de reposo y, particularmente, durante la ejecución de cargas estandarizadas como se puede observar en la siguiente gráfica: como el VO<sub>2</sub> disminuye a medida que la altura a nivel del mar aumenta.

**Gráfica 12: Influencia de la altitud sobre consumo de oxígeno.**



De los 6 deportistas 5 mostraron que la altura de Bogotá fue donde menos VO<sub>2</sub> se consumió, por ende, la VAM también, se vió afectada y siendo este lugar donde se entrenan. Por otra parte, se ha descrito que bajo los efectos de la hipoxia el ritmo cardíaco se incrementa durante el ejercicio submáximo (Reeves, *et al.*, 1987).

Pero, además, se ha visto también, que con cargas de trabajo máximas o cercanas a estas, disminuye la frecuencia cardíaca con respecto al incremento de la altura y al tiempo que se permanece en ella (Richalet, *et al.*, 1989).

Sí, se toman como referencia los niveles de lactato, que se tomaron de los 4 deportistas en las diferentes alturas geográficas, se puede observar que la toma de lactato en reposo más baja fue en la altura geográfica de Bogotá, con un resultado de 3.3 mmol/L (sujeto 4) y la más alta de 10.4 mmol/L (sujeto 2) realizada en el cerro de Guadalupe, con una diferencia de 7.1 mmol/L, entre estos dos deportistas.

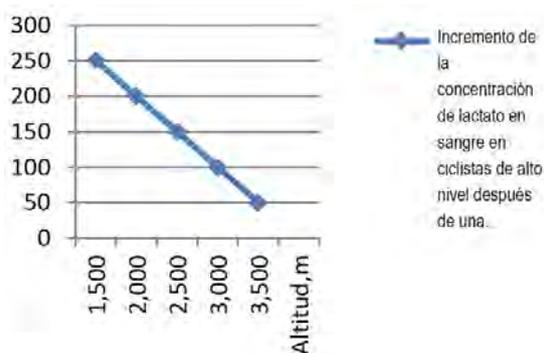
Ahora, sí se miran los resultados de la toma de lactato post, se puede ver que el valor más alto, se dió en la altura geográfica del cerro de Guadalupe, con un resultado de 19.6 mmol/L (sujeto 4) y la más baja fue en la altura geográfica de Bogotá que fue de 9.8 mmol/L (sujeto 1) con una diferencia entre estas de 9.8 mmol/L.

**Tabla 14: Diferencia de lactato pre y post.**

Num.	NOMBRE APELLIDO	LUGAR	LACTATO PRE (mmol/L)	LACTATO POST (mmol/L)	DIFERENCIA DE LACTATO (mmol/L)
1	Sujeto 1:	Bogotá.	3,7	9,8	6.1
		Fusa.	6,3	11,7	5.4
		Cerro.	7,3	9,7	2.4
2	Sujeto 2:	Bogotá.	4,8	13,8	9
		Fusa.	9,3	16	6.7
		Cerro.	10,4	13,4	3.0
3	Sujeto 3:	Bogotá.	4,3	12,1	7.8
		Fusa.	7,3	18,1	10.8
		Cerro.	9,4	10,1	0.7
4	Sujeto 4:	Bogotá.	3,3	15	11.7
		Fusa.	6,7	19,2	12.5
		Cerro.	8,4	14,6	6.2

Sí, la ejecución de las cargas es a una altitud de 1.500 m lleva al aumento del lactato solamente en un 30%, en comparación con los datos obtenidos en el nivel del mar, en una altitud de 3.000-3.500 m., en el incremento de la concentración de lactato llega al 170-240%.

**Gráfica 13: Incremento concentración de lactato.**



Pero, esto según García (s,f) fisiológicamente, se debe a que en altura la vía glucolítica anaeróbica está limitada debido a la disminución de la enzima deshidrogenasa láctica (proteína capaz de acelerar una reacción química) en el músculo durante el entrenamiento o esfuerzos en altitud, y ello provoca, que los dos productos finales de la glucólisis, es decir, el ácido pirúvico (puede liberar un catión hidrógeno formando el anión piruvato) y los átomos de hidrógeno, no completan la reacción y se convierten mediante esta enzima en ácido láctico.

Debido a que la glucólisis es la forma más rápida de generar energía y gastarla, pero, si se genera lactato, como se nota en los deportistas en altas concentraciones el lactato va a dar lugar a una disminución de formación de energía, y por tanto, a una disminución del nivel de intensidad; el deportista ya no es capaz de mantener el nivel anterior y tiene que disminuir su intensidad, es por esto, que su rendimiento no fue el mejor en algunos de los sujetos evaluados, cuando la concentración de lactato fue elevada.

Además, al ejecutar el test propuesto (yoyo-test) y haber obtenido los resultados en cada uno de los escenarios, se entra en la comparación con algunos de los autores, que han sentado algún tipo de precedente o postulado con respecto a las variantes que acarrea el cambio de altitud en cuanto al entrenamiento deportivo.

De este modo y dentro de estos autores se encuentra Hurtado (1956), quien informa sobre valores menores de la concentración de lactato producida durante una carga de trabajo en la altura, en comparación con idéntico trabajo a nivel del mar, comparando el postulado de este autor con los resultados que ha presentado esta investigación, se encuentra que se está de acuerdo, porque los resultados después de ejecutar la misma carga de trabajo en diferentes alturas, muestran que la concentración de ácido láctico ha disminuido en la "alta altitud".

Por su parte, Terrados, N. (1994), ha encontrado que la disminución del consumo máximo de oxígeno en deportistas élites, es ya significativa en los 900 metros y que la altura afecta más a éstos que a los sujetos sedentarios, este enunciado está en contraposición con los resultados que ha identificado esta investigación, porque en el sitio de menor altura en el que se ejecutó la prueba, el consumo máximo de oxígeno fue mayor al de los demás escenarios.

Sin ser ajeno, a este interesante, pero confuso tema, el doctor Juan Carlos Mazza menciona en su presentación del Ejercicio, y procesos de Entrenamiento, en relación a la altura que hasta los 1.000 mt. el  $VO_2$  máx. es del 96-98% del valor de nivel del mar.

Hasta los 1.500-1.600 mt., el  $VO_2$  máximo y el  $VO_2$  sub-máximo no están sensiblemente afectados, con respecto a este precedente se puede decir, que los resultados de este trabajo concuerdan con él, teniendo en

cuenta, que en la altura de Fusagasugá el  $VO_2$  no se vió afectado significativamente, además, el doctor Mazza, también plantea que la producción de Lactato es mayor a cualquier altura comparativa, con similar esfuerzo a nivel del mar, que es exactamente, lo que ocurrió con esta investigación, porque el punto más alto en cuanto a la concentración de ácido láctico, se encontró en el cerro de Guadalupe, siendo éste el denominado como de "alta altitud".

## CONCLUSIONES

- Los cambios en el  $VO_2$ , teniendo en cuenta, las diferentes alturas existieron en cada uno de los evaluados, siendo Fusagasugá como representante de la altitud más baja dentro de esta investigación, el lugar en el cual, cada uno de los futbolistas alcanzó el porcentaje más alto en cuanto a este indicador ( $VO_2$ ).
- Con respecto a la VAM, después de obtener los resultados, es evidente que así como el  $VO_2$ , tuvo su valor más alto en el escenario con menor altitud (Fusagasugá) y los valores más bajos se dieron en la altitud intermedia.
- En cuanto a la frecuencia cardiaca, a pesar de que existieron cambios, estos no tienen relación con la altura; es decir, su aumento o disminución no son directamente proporcionales al cambio de altura geográfica.
- La concentración de ácido láctico según los resultados, encontró su punto más alto en todos los futbolistas evaluados en el escenario con menor altitud sobre nivel del mar y la menor concentración se evidenció en el escenario de alta altitud.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en las evaluaciones que se realizaron en las diferentes alturas (U.D.C.A, FUSA Y CERRO), a los deportistas del club: LA MASIA, se puede concluir que algunos de ellos mostraron un variación en el consumo de oxígeno, en los diferentes escenarios y demostrando que hay un mejor consumo de oxígeno en aquellas alturas cercanas a las del nivel del mar, porque a estas alturas se encuentra mayor cantidad de oxígeno en el ambiente.
- En cuanto a la frecuencia cardiaca se notó un aumento en la altura de la U.D.C.A., a comparación de las otras, pero podría ser, porque la frecuencia cardíaca depende también del estado físico, el estado psicológico, las condiciones ambientales y esto hace que los resultados varíen en los diferentes escenarios.
- La medición de lactato fue un poco complicada por la falta de experiencia en el manejo de los materiales, pero, se consiguieron los resultados, obteniendo así, los valores más altos en el CERRO.
- Los niveles de lactato y la frecuencia cardiaca pueden variar por muchos otros factores como la alimentación, el estrés, la edad, la ansiedad, enfermedades, y esto, puede generar cambios en los resultados de las evaluaciones dando valores que no son los adecuados.
- En un trabajo como éste hay que tener en cuenta muchas cosas para que los resultados sean los esperados o los adecuados, porque de esto, depende una buena evaluación, como a la hora que se realiza, el lugar y las condiciones en las que se encuentran los deportistas a ser evaluados.
- Esta investigación ofrece a los entrenadores, una herramienta para planificar de una mejor manera las sesiones de entrenamiento en cada una de las alturas.

- El consumo de oxígeno, en una altura como la del 3.260 metros es muy poco, porque, a esta altura no se encuentra casi oxígeno en el ambiente y se necesitaría una adaptación para que el resultado sea mejor al identificado.
- El clima logra generar variaciones en los resultados sea por las lluvias, el frío, la humedad, el calor, por eso, es importante escoger una hora donde el clima no interfiera tanto en el resultado y un lugar al aire libre, pero, cubierto para evitar la lluvia y el sol
- La dieta que tiene el deportista, también, debe ser monitoreada a la hora de realizar un trabajo como estos, porque esto influye en el rendimiento del deportista en la prueba.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

---

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## Financiación:

---

Este estudio fue financiado por los autores del mismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Antivero, E. (2004). Consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) directo en jugadores del fútbol profesional argentino, respuestas durante la aplicación de procedimientos indirectos en campo y laboratorio.
- Averhoff, R., León, M. (1981). Bioquímica de los ejercicios físicos. La Habana: Pueblo y Educación. pp. 36-48.
- Bosco, C. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Bangsbo, J. (2002). Entrenamiento de la condición física en el fútbol. Traducido por Josep Padró. 3 ed. Barcelona: Paidotribo.
- Barcroft, J. (1923). Observations upon the effect of high altitude on the physiological Process of the Human Body, carried out in the Peruan Andes, chiefly at "Cerro Pasco". Philos. The Roy Soc. London.
- Berglund, B. (1992). High altitude training. Aspects of hematological adaptation. Sports. Med.
- Billat, V. (2002). Fisiología y metodología del entrenamiento de la teoría a la práctica. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Castello, A. (1966). La aclimatación del deportista a la altura. Resumen del 5to. Congreso de agrupamiento Latino de Med. Fis. e dos Desport. Lisboa: Edicao de Educ. Fis. Desp.
- Cerretelli, P., Prampero, P. (1985). Aerobic and anaerobic metabolism during exercise at altitude. Medicine and Sport Science.

- Cometti, G. (2002). *"La preparación física en el fútbol"*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Bangsbo, J. (2008). El yoyo test. Entrenamiento deportivo (un lugar de encuentro para profesionales del entrenamiento deportivo y la preparación física).
- Galeón. (2008). Cálculo del VO<sub>2</sub> max. Barcelona: INDE.
- García, A. (2003). ¿Por qué y para qué entrenar en la altura?. Madrid: Gymnos.
- Grosser & Brügermann & Zintl. (1989). *"Alto Rendimiento Deportivo"*. Barcelona: Editorial Martínez Roca.
- Gutiérrez, S. (1995). Entrenamiento con niños. *Teoría del entrenamiento y del acondicionamiento físico*. Sevilla: Editorial Martínez Roca; pp. 275-290.
- Guyton, A. (1984). Tratado de Fisiología Médica. 6ta. ed. La Habana: Pueblo y Educación. pp. 645-650.
- Hein, L. (1998). Hipoxia. Madrid: Gymnos.
- Hernández, A. (2002). Altitud y entrenamiento. Barcelona: Martínez Roca.
- Hurtado, A. (1956). Mechanism of Natural Acclimatization. USA: School of Aviation Medicine Report.
- Hurtado, A. (1932). *"Respiratory adaptation in the Indian natives of the Peruvian Andes"*.
- Hernández. (2000). Estudios analíticos, estudios cuasi-experimentales. Barcelona: INDE.
- Latorre, P. (2004). Prescripción del ejercicio físico para la salud en la edad escolar (aspectos metodológicos, preventivos e higiénicos). 1 ed. Barcelona: Paidotribo.
- Levine, B. (1992). The effect of normoxic or hypobaric hypoxic endurance training on the hypoxic ventilatory response. Med. & Sc. in Sports & Exec.
- Lopategui, E. (1999). Sistemas/métodos de entrenamiento deportivo. Salud red. Zaragoza: INDE,
- Miranda, S. (2008). Consumo máximo de oxígeno en respuesta a la exposición a una altura moderada. Efecto del entrenamiento previo. Madrid: Morata.
- Navarro, F. (1998). *Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la resistencia*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Parris, E. (2005). Preparación física, compilación de apuntes. Barcelona: INDE.
- Pérez, A. (2001) Entrenamiento en altitud. Barcelona: Hispano - Europea.
- Shephard, R. (1975). Campamentos de entrenamiento en altitud. Rev. Esp. Educ. Fisc. 37. pp. 71-86.
- Stephan, H. (1984). Rendimiento en altitud y rendimiento al volver a nivel del mar. cuadernos de atletismo. N° 15, 85. pp. 87-96.
- Stephan, H. (2002). Entrenamiento en altitud. Barcelona: INDE.
- Solé, J. (2004). Entrenamiento de la resistencia en los deportes colectivos. Barcelona: Paidotribo.
- Terrados, N. (1994). El entrenamiento en altitud. INFOCOES. Vol I, n° 1,. pp. 26-38.
- González, J. (1992). Fisiología del Ejercicio en altitud. En: González Gallego J., ed. Fisiología de la actividad física y del Deporte. Madrid: Interamericana. McGraw-Hill. pp. 287-298.
- Trujillo, F. (2007). Propuesta para el entrenamiento de la potencia aeróbica en el fútbol. Buenos aires: Editorial Lumne Humanitas.
- Vialt, F. (1890). Argumentation do Nomre des Globules Rouges chez les Habitants des Monts Plateaux de L'Amérique du Sud. Compt. Revid. Acad. S. C. de París. p. 917.

- Wilmor, J. (2007). Fisiología del esfuerzo y del deporte. Traducido por Josep padró. 6 ed.  
Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Zucconi, G. (1975). Altura y Aclimatación. Rev. Prog. Med. Altitude. 16: pp. 605.