

Análisis Comparativo de la Condición Física Aeróbica en Función de la Maduración Somática en Estudiantes de un Liceo Bolivariano del estado Barinas, Venezuela.

José R. Padilla

Jesús L. Lozada

Unidad Educativa de Talentos Deportivos de Barinas
Barinas - Venezuela

(Recibido: Enero 2012. Aprobado para Publicación: Marzo 2012)

RESUMEN

El propósito fundamental del estudio fue analizar la condición física aeróbica en función de la maduración somática en 133 jóvenes estudiantes de un Liceo Bolivariano del Estado Barinas, de los cuales 72 pertenecientes al sexo masculino y 61 al femenino, cuyas edades oscilaban de 11 a 14,8 años. El estudio es de carácter cuantitativo, cuyo diseño es de campo, de nivel descriptivo-comparativo y corte transversal. El protocolo utilizado para la medición de la condición física aeróbica fue una prueba submáxima indirecta en escalón denominada PWC170 y el pico de crecimiento en talla (PHV) para la valoración de la maduración somática. El análisis de datos se realizó a través del software estadístico SPSS versión 17. Los resultados de la condición física aeróbica a través del $Vo_{2m\acute{a}x}$ relativo (ml/kg/min), en ambos sexos, se constata que los chicos obtuvieron mejores promedios que las chicas ($P < 0,05$). Asimismo, para ambos sexos, el comportamiento de los valores indican una tendencia ($P < 0,05$) a la disminución del $Vo_{2m\acute{a}x}$ relativo (ml/kg/min), al alcanzar y superar el PHV, así como incremento ($P < 0,05$) del $Vo_{2m\acute{a}x}$ absoluto al acercarse o superar el PHV, del mismo modo se evidencia que 2 de cada 10 sujetos presentan riesgo cardiovascular futuro, independientemente de su sexo.

Palabras claves: maduración, antropometría, consumo máximo de oxígeno, condición física.

Comparative Analysis of Aerobic Fitness on the Basis of Somatic Maturation Bolivarian High School Students in State of Barinas, Venezuela.

ABSTRACT

The fundamental purpose of the study was to assess aerobic fitness in terms of somatic maturation in 133 young students of Barinas State Bolivarian High School, of which 72 belong to the male and 61 female, whose ages ranged from 11 to 14,8 years. The study is a quantitative, whose design is field-level descriptive and comparative cross-section. The protocol used to measure aerobic fitness was an indirect submaximal step called PWC170 and peak growth in

height (PHV) for the assessment of somatic maturation. Data analysis was performed using SPSS statistical software version 17. The results of aerobic fitness through relative VO_2max (ml/kg/min) in both sexes, it is found that boys had higher averages than girls ($P < 0,05$). Also, for both sexes, the behavior of the values indicate a trend ($P < 0,05$) decrease relative $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min), to meet and exceed the PHV, as well as increased ($P < 0,05$) the absolute VO_2max to approach or exceed the PHV, just as it is evident that 2 out of 10 subjects had future cardiovascular risk, independently of sex.

Keywords: maturation, anthropometry, maximal oxygen uptake, physical condition.

INTRODUCCIÓN

El nivel de la condición física aeróbica constituye un fuerte predictor sobre el riesgo de mortalidad, tanto en adultos sanos, como en sujetos con alguna patología cardiovascular, así como en poblaciones clínicas con hipertensión arterial, síndrome metabólico, diabetes mellitus. En lo que concierne a los niños y adolescentes, el riesgo de desarrollar alguna enfermedad cardiovascular futura se encuentra directamente relacionado con la obesidad, amén del exceso de grasa corporal e inversamente con altos niveles de condición física, especialmente durante las primeras décadas de la vida, siendo esta prevalencia más bajas en los jóvenes que en los adultos.

Por lo tanto, el valorar el estado de salud en los jóvenes y relacionarlos con los niveles de condición física aeróbica pueden ser útiles, en el sentido de identificar la población con futuro de adquirir algún riesgo cardiovascular. Al respecto, Mcvean y cols. (2009), menciona que “muchos estudios en niños y adolescentes obesos han demostrado la relación entre una mala condición física y el futuro de desarrollar enfermedad cardiovascular” (p.8). Indudablemente, que el deterioro de la condición física viene aunado al sedentarismo, el cual es considerado como un problema con connotaciones de salud pública a nivel mundial, en el sentido de sus peligrosas consecuencias para esta.

Cabe destacar, como el proceso de crecimiento hacia la madurez, genera como resultado un incremento en el rendimiento funcional de los diversos órganos y sistemas del cuerpo humano, de manera que se produce un aumento en los indicadores motores, en el sentido de un potencial crecida en el desarrollo de las capacidades físicas en los niños y adolescentes. En el caso de la potencia aeróbica, Malina, Bouchard y Bar-Or, (2004), destacan que “en el proceso de crecimiento, desarrollo y maduración, la potencia aeróbica sufre cambios importantes en la dirección de un mejor rendimiento, tras el aumento de tamaño del cuerpo, especialmente de los órganos y sistemas que son cruciales para el rendimiento aeróbico, el sistema cardiovascular, músculo respiratorio, esquelético y también el sistema metabólico y el termorregulador”.

Por su parte, Brito, Ruiz, Navarro y García, (2009), confirman que “la adolescencia puede ser considerada como un periodo crítico en el desarrollo del consumo máximo de oxígeno, en el cual las bases de la resistencia aeróbica presenta una respuesta muy positiva que choca con los profundos cambios morfológicos que sufren los niños en este periodo” (p.67). En tal sentido es indispensable valorar los factores determinantes del consumo de oxígeno en adolescentes. Por lo tanto, el propósito del estudio fue analizar la condición física aeróbica en función de la maduración somática en estudiantes jóvenes de un Liceo Bolivariano del Estado Barinas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Consumo máximo de oxígeno en niños

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), es generalmente aceptado como el gold estándar en la valoración del nivel de condición física aeróbica, determinándose a través de la potencia aeróbica. La misma no es más que el consumo máximo de oxígeno que un individuo puede captar a través del sistema respiratorio, transportar por medio del aparato cardiovascular y

consumir por el músculo esquelético a nivel mitocondrial, en una unidad de tiempo. La potencia aeróbica se puede expresar en valores absolutos (lts/min o ml/min) y de forma relativa (ml/kg/min). Según Geithner et al. (2004), la potencia aeróbica es un componente muy importante de la salud física de las personas y todavía es visto como un indicador primario de la capacidad cardiorrespiratoria. En tal sentido, en el ámbito de la fisiología del ejercicio, es una de las principales variables de valoración y además frecuentemente usado como un fuerte indicador de la aptitud cardiorrespiratoria.

En el orden de las ideas anteriores, la dinámica evolutiva que presenta el $VO_{2m\acute{a}x}$ se denota un incremento con la edad en ambos sexos cuando son comparados en valores absolutos, mientras que en valores relativos, los niños presentan una estabilización a través de los años de crecimiento. Sobre este particular, Mirwald y Bailey (1986), destacan que durante el crecimiento el $VO_{2m\acute{a}x}$ es lineal con el estado de madurez, expresado en lts/min, siendo este aumento de alrededor de 11,1% al año de 8 a 16 años de edad en los niños. Cuando se expresa en valores relativos para los niños hay una estabilización de los valores que se encuentran de 8 a 16 años (Armstrong y Welsman (1984).

Maduración somática

La maduración puede ser entendida como el ritmo de progreso que presenta un individuo hacia el estado de madurez adulta, evidentemente en términos biológicos, presentando además alta variación interindividual. Al respecto, García y Flórez, (2001), mencionan que "la maduración, es una época de profundos cambios y riesgos de acuerdo con el principio biológico y también es una etapa de mayor vulnerabilidad debido a la velocidad del crecimiento que se experimenta" (p. 95). Existen diversos indicadores de valoración de la maduración biológica,

siendo los más utilizados los siguientes: madurez esquelética, sexual, dental, somática, entre otros. En el ámbito de la maduración somática el indicador más práctico utilizado en adolescentes es el PHV (pico de crecimiento en talla), el cual es definido por Del Rosso (2010), "como la máxima tasa de crecimiento durante la pubertad y la edad en que se produce esto se denomina edad del PHV, ofreciendo información sobre la temporalidad del crecimiento" (p. 7).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño metodológico

El presente estudio se realizó bajo un diseño de campo, al caracterizarse por trabajar con datos tomados directamente de la realidad en estudio, a través de mediciones antropométricas y evaluación funcional, para su posterior análisis mediante técnicas estadísticas, como descriptivas e inferenciales, ajustadas a los objetivos concretos de la investigación, sustentándose de igual manera en un enfoque cuantitativo, al buscar analizar los fenómenos observables, siendo estos susceptibles de ser medidos y los datos a presentar análisis estadísticos.

En cuanto al nivel de la investigación, por su propósito de describir y establecer el grado de comparación entre grupos en dos (2) o más variables, la investigación es de carácter descriptiva-comparativa, por cuanto se requirió "una descripción más o menos profunda de uno o más atributos del fenómeno descrito" Hernández, Fernández y Baptista (2006, p.115).

Por su parte, la población objeto de estudio la comprendieron 250 estudiantes del Liceo Bolivariano Guanipadel estado Barinas, pertenecientes a la tercera etapa de educación básica en dicha institución, cuyas edades se comprenden desde 11 a 16 años.

La muestra, por su parte, es según Márquez (2000) “una parte del universo que interesa investigar y del cual se obtendrán los datos” (p.44). En tal sentido, para orientar las conclusiones se seleccionó una muestra de 133 sujetos (72 pertenecientes al sexo masculino y 61 al femenino). El tipo de muestreo utilizado es no probabilístico intencional, al seleccionar los casos típicos de la unidad de análisis. En el cuadro 1 se puede visualizar con detalles las características de la muestra.

Cuadro 1.

Datos básicos descriptivos de los sujetos.

		N	Media	DS	Mínimo	Máximo	
Sexo	Masculino	Edad (años)	72	13,60	0,76	11,80	14,97
		Masa C. (kg)	72	46,632	12,468	30,400	83,000
		Estatura (cms)	72	154,8	9,4	136,0	184,0
		IMC (kg/mts²)	72	19,24	3,85	14,76	33,89
	Femenino	Edad (años)	61	13,35	0,95	11,10	14,86
		Masa C. (kg)	61	47,126	8,487	28,700	65,600
		Estatura (cms)	61	152,4	6,6	136,0	168,0
		IMC (kg/mts²)	61	20,18	2,73	13,84	25,34

DS: Desviación Estándar. Masa C.: Masa Corporal.

Procedimientos e instrumentos de recolección de datos

Todos los sujetos estaban familiarizados con el Test PWC170 con escalones (Test submáximo indirecto de $VO_{2máx}$), utilizado durante el estudio, aplicándose la misma durante dos (2) sesiones. Por otra parte, con el propósito de resguardar los principios de ética, se realizó un consentimiento informado (ver anexo a), en donde se resumen las condiciones bajo las cuales los

sujetos participaron en la investigación, dándoles una explicación detallada sobre los principales objetivos, beneficios y riesgos que se podían presentar en el desarrollo de la misma. Asimismo, fueron informados de que se encontraban en libertad para retirarse del estudio en cualquier momento cuando así lo requerían.

Mediciones antropométricas

El protocolo que se empleó para las mediciones antropométricas, obedece a los estándares establecidos por *la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (I.S.A.K. - The International Society for the Advancement of Kinanthropometry)*. La razón por la que se utilizó los lineamientos de la ISAK es porque dicha organización internacional cuenta ya con las directrices concretas para las mediciones antropométricas, producto de un arduo trabajo durante muchos años en la protocolización de las mismas, siendo estas utilizadas a escala mundial en proyectos de gran envergadura.

Primeramente, se les explicó a los sujetos los objetivos y contenidos de cada una de las mediciones, indicándoseles acudir a la sala de evaluación con pantalón corto o licra corta, con el objetivo de facilitar las mediciones. Los sujetos fueron evaluados en el departamento de educación física, perteneciente al liceo bolivariano, en horario comprendido desde las 8:00 am hasta las 12:00 m.

Todas las medidas fueron tomadas por los autores del presente trabajo, ambos con acreditación nivel II expedido por la ISAK. Para la toma de las medidas se contó con el apoyo de los docentes de educación física, quienes realizaron las anotaciones de las mismas en la proforma para la recolección de los datos antropométricos. Se contó con un error técnico de medida dentro de los márgenes aceptados en la bibliografía de referencia. Se tomaron las medidas de masa

corporal (ver figura 1), estatura (ver figura 2), estatura sentada y la longitud de la pierna (medida ésta desde el trocánter mayor del fémur hasta el suelo).



Figura 1. Medición de la masa corporal.

Figura 2. Medición de la estatura.

Estimación del Pico de Crecimiento en Talla (PHV)

En función a la edad cronológica y las medidas antropométricas se calculó la distancia (en años) para alcanzar el pico de crecimiento en talla (Peakheightvelocity PHV), de acuerdo a la ecuación propuesta por Mirwald y cols. (2002), quienes desarrollaron una técnica práctica y no invasiva, que requiere unas mediciones antropométricas básicas, capaz de predecir la distancia en años en que un individuo se encuentra para alcanzar su PHV. Los niveles de confiabilidad de las fórmulas de predicción fluctúan alrededor de un r^2 : 0,89 y el error estándar de estimación de SSE: 0,569. Una puntuación de cero (0) indica que el individuo se encuentra en pleno pico de crecimiento en talla. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

PHV Chicos (años): $-9,236 + 0,0002708 (\text{longitud de la pierna} * \text{estatura sentada}) - 0,001663$
 $(\text{edad} * \text{longitud de la pierna}) + 0,007216 (\text{edad} * \text{estatura sentada}) + 0,02292$
(peso: estatura).

PHV Chicas (años): $-9,376 + 0,0001882$ (longitud de la pierna*estatura sentada) + $0,0022$ (edad*longitud de la pierna) + $0,005841$ (edad*estatura sentada) – $0,002658$ (edad*peso) + $0,07693$ (peso: estatura).

La longitud de la pierna fue obtenida entre la diferencia de la estatura parado menos la estatura sentado. De acuerdo a los valores obtenidos en las fórmulas de predicción, los sujetos fueron divididos en función del PHV, tomando en consideración la estrategia de recodificación de variables a partir de un análisis de frecuencias. Sobre este particular, Ortega, Ortiz y Artés, (2009), señalan que “esta situación es la más utilizada en los trabajos de investigación, ya que permite comparar grupos de casos con tamaños parecidos, aspectos siempre más interesantes que comparar grupos de casos en que el tamaño de un grupo es muy superior al del resto” (p. 26). En tal sentido, los grupos quedaron distribuidos de la siguiente manera:

Grupos del PHV para los Chicos:

G1 (PHV): < -2,2; G2 (PHV): [-2,2 _ 1,4]; G3 (PHV): >1,4.

Grupos del PHV para las Chicas:

G1 (PHV): < -0,1; G2 (PHV): [-0,1 _ 0,7]; G3 (PHV): > 0,7.

Es importante considerar estas clasificaciones para comprender las diferencias en función de su PHV, destacando que a pesar de que los grupos obtenidos para el género femenino varían en edad cronológica se presentan con valores cercanos al PHV 0, es decir las chicas del g1 que presentan menor edad (12,4 años) están alcanzando el pico de crecimiento y las del g3 y de mayor edad (14,29 años) apenas están superándolo, lo cual indica una concentración de los grupos alrededor del PHV 0, independientemente de la edad cronológica para el sexo femenino del grupo en estudio.

En el caso del sexo masculino se observan con claridad como el g1 aún no alcanza el PHV, el g2 se ubica alrededor del PHV y el g3 lo ha superado. Para una mejor identificación de lo señalado anteriormente obsérvese el cuadro 2, donde se presentan los estadísticos descriptivos de los grupos en función del PHV y el sexo.

Estimación del consumo máximo de oxígeno ($Vo_{2máx}$)

Para la valoración de la potencia aeróbica se utilizó el test PWC 170 utilizando escalones (test submáximo indirecto de $Vo_{2máx}$). Sobre este particular, Alba (2005), recomienda seguir la siguiente metodología: en los niños y adolescentes se evalúa la capacidad física de trabajo mediante el test PWC170 utilizando escalones. En este caso se utilizan las dos cargas de 3 minutos cada una con un descanso intermedio de 3 minutos. Para el ajuste de la intensidad de las mismas se pueden seguir las siguientes indicaciones:

Cuadro 2.

Datos básicos descriptivos de los sujetos en función del PHV y sexo.

Sexo		PHV_G1 (n: 28)		PHV_G2 (n: 20)		PHV_G3 (n: 24)	
		Media	DS	Media	DS	Media	DS
Masculino	Edad (años)	12,97	0,59	13,93	0,54	14,13	0,56
	Masa Corporal (kg)	39,071	7,256	43,360	6,727	58,170	12,750
	Estatuta (cms)	147,1	6,1	154,7	6,1	164,0	6,3
	IMC (kg/mts ²)	18,00	2,73	18,06	2,20	21,66	4,89
Femenino		PHV_G1 (n: 22)		PHV_G2 (n: 22)		PHV_G3 (n: 24)	
		Media	DS	Media	DS	Media	DS
	Edad (años)	12,40	0,67	13,57	0,47	14,29	0,53
	Masa Corporal (kg)	39,900	5,798	48,200	6,011	55,080	6,160
	Estatuta (cms)	146,7	4,7	153,6	4,2	158,2	5,3
	IMC (kg/mts ²)	18,54	2,61	20,43	2,42	21,99	18,60

DS: Desviación Estándar.

1. Paso N°1: Pesar al evaluado.

2. Paso N°2: Seleccionar la altura del escalón de acuerdo a lo largo de la pierna, medida ésta desde el trocánter mayor de fémur hasta el suelo con el mismo calzado que ejecutará el test. Los datos del cuadro 3 permiten determinar la altura del cajón.

Cuadro 3.

Altura del escalón durante la investigación Step-Ergometrica de niños y adolescentes.

(Longitud de la Pierna cms)	(Altura del Escalón cms)
50	15 – 20
60	20
70	25
80	25 – 30
90	30 – 35
100	35 – 40

3. Paso N°3: Determinar la potencia de trabajo y la frecuencia de escalamiento:

- Para la primera carga (kgm/min.): Peso del evaluado (kg) x 6 kgm/min.

- Frecuencia de escalamiento (subidas por min.): $6 / (\text{altura del escalón (mts)} \times 1,3)$.

- Para la segunda carga (kgm/min.):

- Si el evaluado tiene hasta 12 años de edad (kgm/min.): Peso del evaluado (kg) x 9 kgm/min.

- Frecuencia de escalamiento (subidas por min.): $9 / (\text{altura del escalón (mts)} \times 1,3)$.

- Si el evaluado tiene más de 12 años de edad (kgm/min.): Peso del evaluado (kg) x 12 kgm/min.

- Frecuencia de escalamiento (subidas por min.): $12 / (\text{altura del escalón (mts)} \times 1,3)$.

Nota: La frecuencia de sonidos por minuto del metrónomo coincidentes con cada paso durante el ascenso y descenso al escalón, se determina multiplicando la frecuencia de subidas hallada por 4.

4. Paso N°4: Tome las pulsaciones por minuto al finalizar cada una de las cargas.

5. Paso N°5: Sustituya los valores de pulsaciones por minuto al finalizar estas dos cargas en la ecuación de Karpman para obtener el resultado de PWC170. Fórmula de Karpman y Col. (1988):

$$\text{PWC170 (kgm/min): } N1 + (N2 - N1) \times \frac{170 - F1}{F2 - F1}$$

En la cual:

PWC170: Es el valor de la potencia en correspondencia con el pulso de 170 por minuto expresado en kgm/min.

N1 y N2: Son los valores de potencia de la primera y segunda cargas del test en kgm/min.

F1 y F2: Son los valores de pulso al finalizar la primera y segunda cargas en puls/min.

6. Paso N°6: Una vez realizado el test PWC170 y calculado su valor absoluto, se puede predecir el $Vo_{2m\acute{a}x}$ a través de la utilización de la siguiente fórmula de regresión lineal, según Karpman(1988, para individuos no entrenados):

$$Vo_{2m\acute{a}x} \text{ (ml/min): } 1,7 \times \text{PWC170} + 1240$$

7. Paso N°7: Expresar el $Vo_{2m\acute{a}x}$ en forma relativa, es decir, en ml/kg/min. Para ello se divide $Vo_{2m\acute{a}x}$ (ml/min)/ el peso del evaluado (kg).

La frecuencia cardiaca durante el test se estableció con pulsómetros digitales (Polar 610 RS100) (ver figura 3).



Figura 3. Chico realizando la prueba del escalón.

Técnicas de procesamiento y análisis estadístico de los datos

Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar que las variables no se alejaban significativamente del comportamiento normal. Sobre este particular, Ordaz (2010), señala que “conocer la forma de distribución de la variable es importante para elegir la prueba adecuada; por ello en muchas ocasiones es imprescindible utilizar pruebas previas que nos permitan decidir qué técnica, prueba, test o contraste se utilizará en el análisis” (p.108).

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística cuantitativa. En la estadística descriptiva se calcularon medias, desviación típica, valores máximos y mínimos. Para la comparación entre grupos se llevó a cabo un Análisis de varianza (ANOVA de un factor): condición física aeróbica vs maduración somática, seguido de la prueba post hoc de Scheffe para localizar posibles diferencias en función de los grupos.

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS - Statistical Package for the Social Sciences) versión 17.0 para Windows. Todos los análisis estadísticos se han realizado con un nivel de significación estadística de $p < 0,05$; para garantizar una confianza del 95% en la aseveración de cada conclusión.

Hipótesis del trabajo

Hipótesis estadísticas de normalidad

- **HO:** Los datos de la potencia en el PWC1710, $VO_{2máx}$ y el PHV **proviene** de una distribución normal.
- **HA:** Los datos de la potencia en el PWC1710, $VO_{2máx}$ y el PHV **NOproviene** de una distribución normal.

Hipótesis estadísticas de la investigación

- **HO:** No existe diferencia entre los promedios en el PWC1710, $V_{O_{2máx}}$ y el PHV entre los sexos.
- **HA:** Existe diferencia entre los promedios en el PWC1710, $V_{O_{2máx}}$ y el PHV entre los sexos.
- **HO:** No existen diferencias significativas entre los promedios de las variables PWC1710 y $V_{O_{2máx}}$ entre los grupos, asignados en función del PHV.
- **HA:** Existen diferencias significativas entre los promedios de las variables PWC1710 y $V_{O_{2máx}}$ entre los grupos, asignados en función del PHV.

Regla de decisión estadística

Si Sig. < 0,05 se rechaza la hipótesis nula.

Si Sig. > 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

RESULTADOS

Previo a la presentación y tratamiento de los resultados de la investigación, se procedió al análisis exploratorio de los datos a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov para contrastar la distribución de normalidad en todas las variables. Siendo verificado que los mismos proceden de una distribución normal, son presentados, los estadísticos descriptivos como la media, desviaciones típicas, valores máximos y mínimos de las variables estudiadas. Asimismo, son mostrados los valores p para el análisis de varianza.

En el cuadro 4 se presentan los resultados de la significación asintótica bilateral de dos colas (resaltados en gris) de la Prueba No paramétrica Kolmogorov-Smirnov, todas las variables, en ambos sexos, se comportan aproximadamente normal, dado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el comportamiento de los datos empíricos y el modelo de distribución normal. Examínese también la comparación entre los histogramas de frecuencia de

estas variables y su aproximación a la curva normal en los gráficos siguientes (ver gráficos 1, 2, 3, 4 y 5).

Cuadro 4.

Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de las variables.

Sexo		PWC	VO2	VO2	VO2	PHV
		170	(ml/kg/m)	(lts/m)	(ml/m)	(años)
	N	72	72	72	72	72
Masculino	Z de Kolmogorov	1,067	0,865	1,103	1,060	0,611
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,205	0,443	0,175	0,211	0,850
	N	61	61	61	61	61
Femenino	Z de Kolmogorov	1,202	0,670	1,187	1,200	0,927
	Sig. Asintót. (bilateral)	0,111	0,760	0,119	0,113	0,356

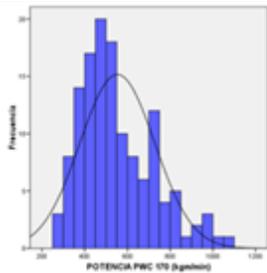


Gráfico 1. Histograma de frecuencias para el PWC 170(kgm/min).

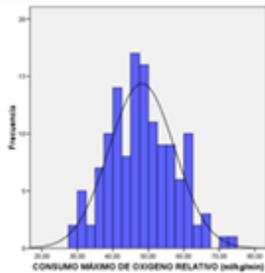


Gráfico 2. Histograma de frecuencias para el Vo₂máx(ml/kg/min).

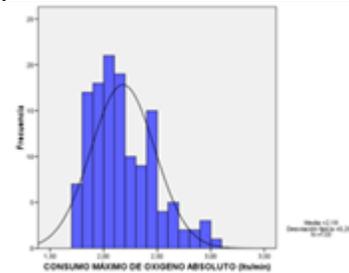


Gráfico 3. Histograma de frecuencias para el Vo₂máx(lts/min).

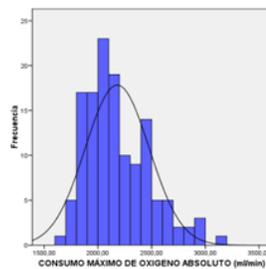


Gráfico 4. Histograma de frecuencias para el Vo₂máx(ml/min).

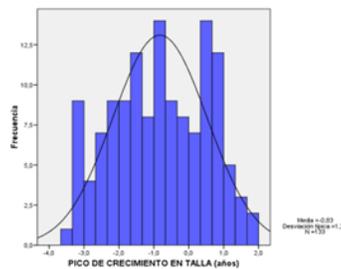


Gráfico 5. Histograma de frecuencias para el PHV (años).

En el cuadro 5 muestran los resultados de las variables en estudio, en ambos sexos, donde se constata que los chicos lograron mejores resultados que las chicas en todas las variables.

Cuadro 5.

Datos básicos descriptivos funcionales de los sujetos.

Sexo	Medida Descriptiva	PWC 170 (kgm/min)	VO2 (ml/kg/m)	VO2 (lts/min)	VO2 (ml/min)	PHV (años)
Masculino	N	72	72	72	72	72
	Media	621**	51,40**	2,30**	2296,16**	-1,8**
	DS	181	9,81	0,31	307,51	1,0
Femenino	N	61	61	61	61	61
	Media	471	44,30	2,04	2041,58	0,3
	DS	128	6,77	0,22	217,16	0,8

** : P < 0,05; para la comparación entre géneros.

A continuación se pueden observar el total de casos que presentan riesgo cardiovascular futuro (RCF) siendo 12 casos en el sexo masculino para un 16,7% y en el femenino se observaron 14 casos representando un 22,9%. Por lo tanto en el Cuadro 6 se identifica con claridad la distribución porcentual de los casos observados y como a medida que el valor del PHV aumenta y supera a cero (0), también incrementa de manera brusca el riesgo cardiovascular futuro en función de los valores del VO₂ relativo (ml/kg/min), siendo el grupo masculino quien manifiesta el más alto porcentaje con 34% para el Grupo 3.

Por su parte el grupo femenino presenta el más alto porcentaje total con 53,1% de los casos identificados, además es notorio el incremento del riesgo cardiovascular futuro a medida que se alcanza y supera el PHV, obsérvese como el RCF pasa del 3,8% en el g1, al 19% para el g2 hasta el 30,3% en el g3. Es de destacar finalmente que el g3 en ambos sexos acumula el 65% del total de casos con RCF observados.

Cuadro 6.

Frecuencia de riesgo cardiovascular futuro de los sujetos en función del VO₂ (ml/kg/min) para los diversos grupos del PHV.

	Sexo	PHV_G1		PHV_G2		PHV_G3		Total	
		Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Riesgo cardiovascular futuro	Masculino	2	7,7	1	3,8	9	34,6	12	46,1%
	Femenino	1	3,8	5	19,0	8	30,3	14	53,1%
	Total	3	12%	6	23%	17	65%	26	100%

RCF: Riesgo cardiovascular futuro.

Por otra parte, en el cuadro 7, se muestran los promedios y desvíos estándar, así como el análisis de varianza para las variables en estudio en los chicos en función del PHV. En tal sentido, se tiene que los chicos que se ubicaron con un PHV perteneciente al Grupo 3 (G3) registraron valores significativamente superiores que los de sus contrapartes del G1 en todas las variables, por su parte en comparación con los del grupo G2 no se hallaron diferencias significativas, exceptuando en el Vo₂máx relativo (ml/kg/min), en donde el G3 presenta valores inferiores y superiores para la masa Corporal (kg). Asimismo, examínense los gráficos 6, 7, 8 y 9, para una mejor interpretación de dichos hallazgos.

Cuadro 7.

Datos básicos descriptivos y Análisis de varianza según el grupo de PHV para el sexo masculino.

	Medida Descriptiva	PHV_G	PHV_G	PHV_G	P Anova	Análisis Post hoc		
		1 (n: 28)	2 (n: 20)	3 (n: 24)		1vs2	1vs3	2vs3
Masa Corporal (kg)	Media	30,071	43,360	58,170	<0,05	NS	<0,05	<0,05
	DS	7,256	6,727	12,750				
PWC 170 (kgm/min)	Media	513	628	742	<0,05	NS	<0,05	NS
	DS	137	144	180				
VO2 (ml/kg/min)	Media	55,28	53,97	44,73	<0,05	NS	<0,05	<0,05
	DS	8,82	6,87	9,83				
VO2 (lts/min)	Media	2,11	2,31	2,50	<0,05	NS	<0,05	NS
	DS	0,23	0,25	0,31				
VO2 (ml/min)	Media	2112,26	2307,73	2501,07	<0,05	NS	<0,05	NS
	DS	232,74	244,23	306,50				

NS: indica no significativo, P > 0,05.

Por otra parte, en el cuadro 8, se muestran los promedios y desvíos estándar, así como el análisis de varianza, de las variables en estudio para las chicas en función del PHV. Sobre este particular, se tiene que las chicas que se ubicaron con un PHV dentro del grupo 3 (G3) registraron promedios significativamente mayores que sus homólogas del G1, en todas las variables, excepto en el $Vo_{2máx}$ relativo (ml/kg/min). Cuando se compara con el G2 presenta valores significativamente mayores para la masa corporal, y no significativos pero menores para el $Vo_{2máx}$ relativo (ml/kg/min) y $Vo_{2máx}$ Absoluto (L/min). Por su parte, el G2 presenta superioridad significativa que el G1 en todas las variables, e inferioridad significativa en el $Vo_{2máx}$ relativo (ml/kg/min).

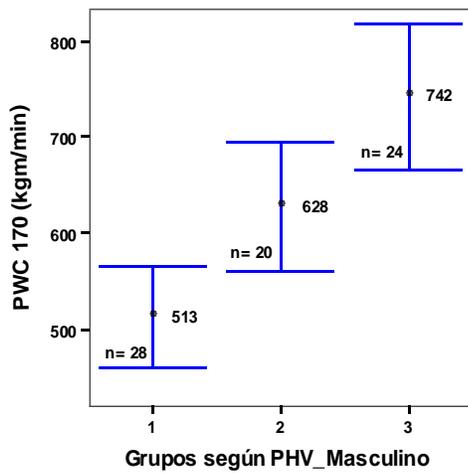


Gráfico 6. Representación gráfica del PWC 170 de los 3 grupos.

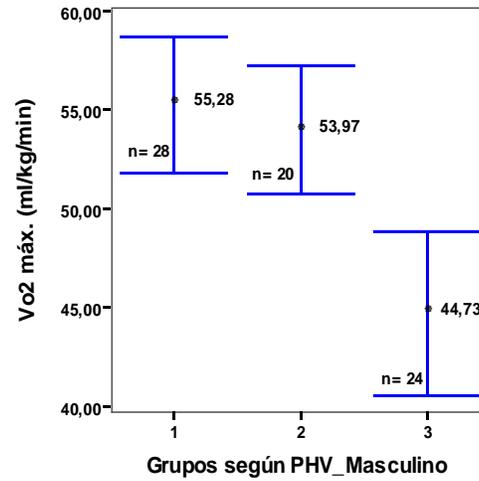


Gráfico 7. Representación gráfica del Vo₂máx (ml/kg/min) de los 3 grupos.

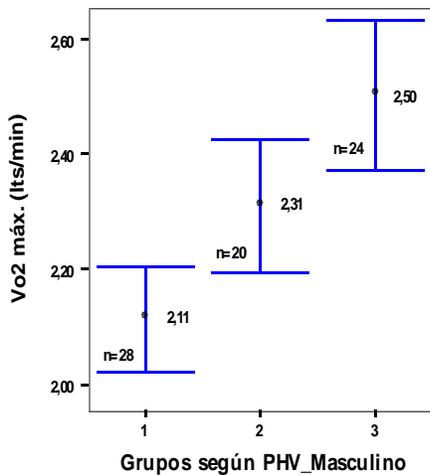


Gráfico 8. Representación gráfica del Vo₂máx (lts/min) de los 3 grupos.

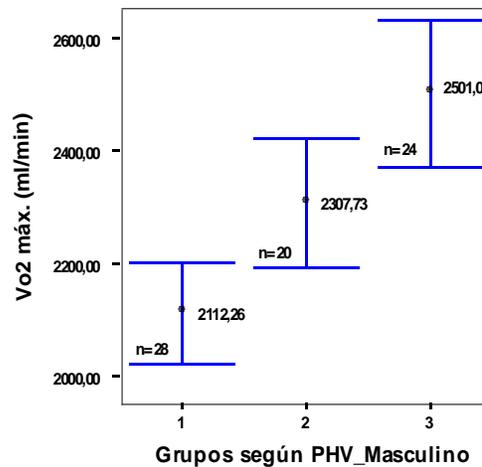


Gráfico 9. Representación gráfica del Vo₂máx (ml/min) de los 3 grupos.

Para una mejor comprensión de lo mostrado, examínense los gráficos 10, 11, 12 y 13. En tal sentido, para ambos sexos, el comportamiento de los valores indican una tendencia al incremento del rendimiento al acercarse o superar el PHV, exceptuando para el Vo₂máx relativo (ml/kg/min), en ambos géneros, donde la propensión en el grupo G3 es disminuir sus valores, es decir, presentan diferencias significativas con el resto de los grupos, con la excepción del G2 del femenino que es igualmente menos pero sin hallar evidencia estadística de diferencia con el G3.

Pudiendo ser esto atribuible a que se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) y mayores para la masa corporal en ambos sexos, del grupo 3 con respecto de los demás grupos en función del PHV.

Cuadro 8.

Datos básicos descriptivos y Análisis de varianza según el grupo de PHV para el sexo femenino.

	Medida Descriptiva	PHV_G	PHV_G	PHV_G	P Anova	Análisis Post hoc		
		1 (n: 22)	2 (n: 22)	3 (n: 17)		1vs2	1vs3	2vs3
Masa Corporal (kg)	Media	39,900	48,200	55,080	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	DS	5,798	6,011	6,160				
PWC 170 (kgm/min)	Media	391	483	561	<0,05	<0,05	<0,05	NS
	DS	58	142	112				
VO2 (ml/kg/min)	Media	48,62	43,11	40,26	<0,05	<0,05	<0,05	NS
	DS	6,91	5,14	5,43				
VO2 (lts/min)	Media	1,91	2,06	2,19	<0,05	<0,05	<0,05	NS
	DS	0,10	0,24	0,19				
VO2 (ml/min)	Media	1904,65	2060,57	2194,20	<0,05	<0,05	<0,05	NS
	DS	99,11	241,54	190,67				

NS: indica no significativo, $P > 0,05$

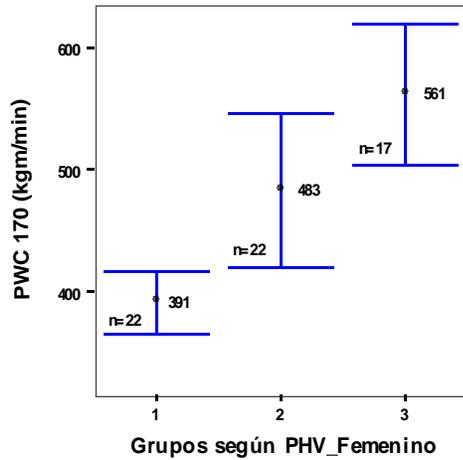


Gráfico 10. Representación gráfica del PWC170 de los 3 grupos.

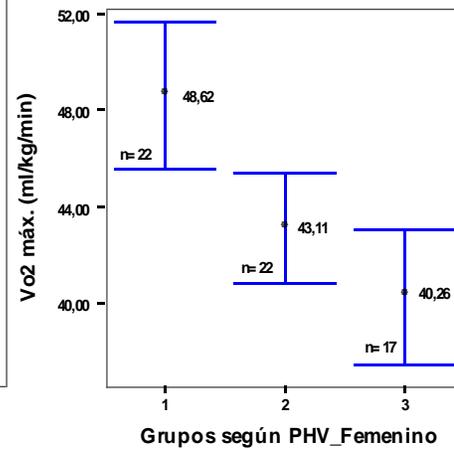


Gráfico 11. Representación gráfica del Vo₂máx (ml/kg/min) de los 3 grupos.

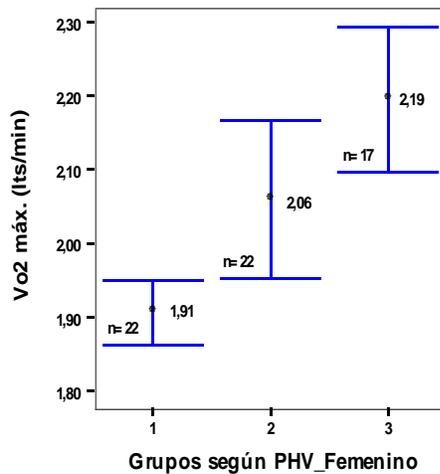


Gráfico 12. Representación gráfica del Vo₂máx (lts/min) de los 3 grupos.

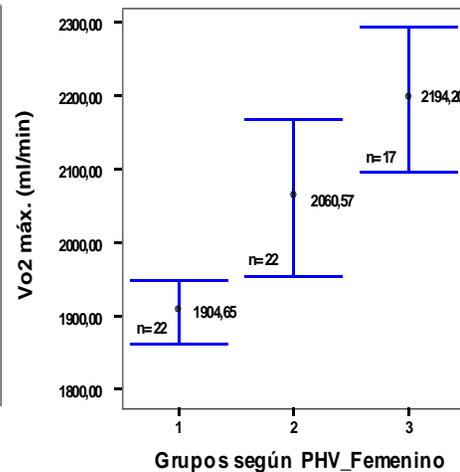


Gráfico 13. Representación gráfica del Vo₂máx (ml/min) de los 3 grupos.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como propósito general analizar comparativamente la condición física aeróbica en función de la maduración somática en estudiantes de un Liceo Bolivariano de Barinas. En tal sentido, en ambos géneros, los chicos obtuvieron mejores resultados que las

chicas en todas las variables. El $Vo_{2m\acute{a}x}$ (ml/kg/min) promedio para los chicos fue de $51,4 \pm 9,81$; mientras que para las chicas fueron de $44,30 \pm 6,77$.

Estos resultados denotan claramente la tendencia de superioridad y mejor condición física aeróbica en sujetos del sexo masculino, por lo que en este estudio se confirman las diferencias por sexo en el rendimiento aeróbico. Resultados similares fueron encontrados por Geithner et al. (2004), quienes encontraron que $Vo_{2m\acute{a}x}$ aumenta en ambos sexos durante la adolescencia, siendo superior en los hombres que en las mujeres en todas las edades. Beunen et al. (2002), por su parte, reportaron que el aumento del $Vo_{2m\acute{a}x}$ se aproxima a la linealidad entre 7 a 16 años de edad en ambos sexos, sin embargo, con valores casi dos veces mayor para los niños sobre las niñas. Asimismo, Armstrong y Welsman (2000), mencionan que los valores de $Vo_{2m\acute{a}x}$ difieren entre los sexos, siendo estos más altos en los niños que en las niñas en todas las edades.

Dichos hallazgos pueden ser explicados, en parte, a las diferencias del desarrollo físico entre los sexos masculino y femenino, siendo que los sujetos de sexo masculino tienden a presentar una mayor masa muscular, especialmente alrededor del PHV, y en el caso de las chicas se han observado incrementos en la acumulación de grasa subcutánea al acercarse y superar el PHV, tal como lo corroboran Malina y cols. (2004). Por lo tanto, este incremento de tejido, se puede considerar como metabólicamente menos activo, ya que debe ser transportado como tejido de exceso.

Adicionalmente, Vaquero (2006), destaca que estas diferencias para el potencial aeróbico también pueden ser atribuibles a factores hormonales y a la menor concentración de hemoglobina que presentan las mujeres después de la pubertad. Asimismo, Krahenbuhl y cols. (1985), adicionan las diferencias sexuales para el componente aeróbico, en el tiempo que pasan los niños realizando ejercicios vigorosos.

Por otra parte, es necesario destacar la importancia de poder analizar los valores de $VO_{2máx}$, en el sentido de establecer si la muestra estudiada goza de una condición física satisfactoria en el ámbito de la salud cardiovascular. Sobre este particular, el grupo Fitnessgram del Instituto Cooper (2011), delimita los umbrales cardiosaludables tomando como criterio el $VO_{2máx}$ (ml/kg/min), en donde para la adolescencia destaca el límite inferior en 42,5 ml/kg/min para los chicos menores o iguales a 14 años de edad y de 39,4 ml/kg/min a partir de los 14 años y de 39,7 ml/kg/min para edades inferiores en el caso de las chicas. En este sentido, tomando dichos valores como el umbral inferior de $VO_{2máx}$, la prevalencia de estudiantes con posible riesgo cardiovascular futuro se encuentra en torno al 23% para las chicas y al 17% en el caso de los chicos.

Con referencia a lo anterior, aproximadamente 2 de cada 10 estudiantes se encuentran en posibilidades demostrar cierto riesgo cardiovascular cuando se encuentren en edad adulta, por lo que se hace evidente entonces, que dicha prevalencia demanda de atención, en el sentido de confeccionar programas de intervención que permitan mejorar su condición física cardiovascular actual, y por ende la salud de esta población en estudio. Cabe destacar, que para poder establecer comparaciones con otros trabajos, deben tomarse en cuenta la forma como fue estimado el $VO_{2máx}$ indirecto, puesto que en función de la metodología a utilizar para su pronóstico, los mismos pueden subestimar o sobreestimar.

En este orden de ideas se debe considerar de igual manera la unidad de medida utilizada para evaluar el $VO_{2máx}$, ya que al manejar valores absolutos se observan incrementos propios del desarrollo biológico y funcional para estas edades. Sin embargo, al evaluar en función de valores relativos se identifican potencialidades de acuerdo a la capacidad individual de cada sujeto, es decir, este manifiesta sus posibilidades aeróbicas en función de su rendimiento metabólico y de

los aumentos reales que logre a este nivel, sin permitir que el incremento de peso pueda afectar el rendimiento aeróbico relativo.

Por otra parte, al valorar los resultados de la condición física aeróbica en función del PHV, los valores indican una tendencia al incremento del rendimiento al acercarse o superar el mismo, exceptuando para el $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo (ml/kg/min). Similares resultados fueron hallados por Geithner et al. (2004), los cuales determinaron que el $VO_{2m\acute{a}x}$ pico para la edad se producía, en promedio, casi coincidente con el PHV y antes del pico de crecimiento en peso, en ambos sexos, mostrando una clara aceleración de su crecimiento en ambos sexos durante la adolescencia, siendo antes en las mujeres, pero de mayor magnitud en los hombres.

Asimismo, Beunen et al. (2002), quienes encontraron que el máximo pico de consumo de oxígeno, absoluto lts/min, coincidía con el promedio de edad para el pico de crecimiento en talla, en ambos sexos. Mirwald (1980), por su parte, encontró que este momento aparecía entre los 13-14 años, más concretamente cuatro meses después de que apareciera el PHV de su crecimiento (altura), confirmando la dependencia que existe con respecto al crecimiento de otras estructuras corporales.

Al respecto, Bar-Or (citado por Brito y cols, 2009), destaca que “entre los 6 y 16 años de edad los valores relativos de $VO_{2m\acute{a}x}$ se mantienen inalterados en los chicos y disminuyen en las chicas pocas activas al final de este periodo” (p. 66). Lo anterior denota lo estable que se debe presentarse el $VO_{2m\acute{a}x}$ durante el crecimiento, no obstante, se pueden producir mejoras en el rendimiento en pruebas aeróbicas, tal como lo señala Bar-Or (citado por Brito y cols. 2009).

Sin embargo, en este estudio se observaron tendencias a la disminución del $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo y aumento del riesgo cardiovascular futuro, a medida que se alcanzó y supero el PHV, por lo cual se identifica la disminución de la condición aeróbica en esta población. Posiblemente atribuible al

incremento de la masa corporal para los sujetos a medida que superaron el PHV. Al respecto, Mirwald y Bailey, (1986), mencionan que “en las niñas, el comportamiento del $VO_{2m\acute{a}x}$ de 8 a 13 años aumenta en función de la edad cronológica, un promedio de alrededor de 11,6%, después de esta edad, hay una disminución progresiva en el mantenimiento o la potencia aeróbica y al final de la maduración, las mujeres tienen un $VO_{2m\acute{a}x}$ aproximadamente 25% menores en comparación con los hombres en las mismas condiciones de aptitud física”.

En este contexto, se puede concluir que el conocimiento de los valores de VO_2 máx. de los niños y adolescentes, y su relación con el estado de maduración, es una herramienta importante para la determinación del rendimiento del motor, así como la valoración del estado de su salud.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación realizada sobre el análisis comparativo de la condición física aeróbica en función de la maduración somática en jóvenes estudiantes, se presentan las principales conclusiones de la presente investigación, constituyendo un enfoque general en lo que concierne a los resultados del trabajo, en función de los objetivos que fueron planteados. En tal sentido, se concluye que los chicos presentan mejores promedios que las chicas en la condición física aeróbica. Asimismo, en ambos sexos a medida que se alcanza o supera el PHV se denota una disminución del potencial aeróbico relativo, además del incremento del rendimiento aeróbico absoluto. Del mismo modo, se identifica en esta población que 2 de cada 10 sujetos presentan riesgo cardiovascular futuro independiente de su sexo.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Sobre la base de los estudios anteriores y de los resultados encontrados en la investigación, se presentan algunas recomendaciones prácticas a los profesores de educación física, en el ámbito

de la clase de educación física: el pico de crecimiento en talla se constituye en una técnica práctica y no invasiva para la valoración de la maduración somática, por lo que se recomienda su utilización para el cálculo del nivel de maduración en los estudiantes. De igual manera realizar monitoreo continuo al $VO_{2máx}$ de sus estudiantes a través de la realización de test físicos. Asimismo, incrementar la frecuencia de estímulos semanales, además de la implementación de programas de intervención extracurriculares de la potencia aeróbica, con el objetivo de retardar la involución que presenta el $VO_{2máx}$ con la edad, mejorando con ello los niveles de salud cardiovascular. Sin lugar a dudas esto se convierte en una necesidad educativa, al contribuir con el progreso de la salud pública y por consiguiente en un bienestar a corto, mediano y largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a los profesores Ricardo Godoy, Norman Prieto y Rafael Martínez, por su ayuda en la recolección de los datos. Asimismo, a la dirección de la institución por el apoyo brindado en la logística. También agradecemos a los estudiantes que participaron en este estudio por su colaboración comprometida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, A. (2005). *Test Funcionales, cineantropometría y prescripción del entrenamiento en el deporte y la actividad física* (2 ed). Colombia: Kinesis.
- Armstrong, N. y Welsman, J. (2000). *Aerobic fitness*. [Documento en línea], Disponible en <http://web.ebscohost.com/http://www.sportsci.org/>. Consultado el 22 de marzo de 2012.
- Beunen, G., Baxter, J. y Mirwald, R. (2002). *Intraindividual allometric development of aerobic*. [Documento en línea], Disponible en <http://web.ebscohost.com/http://www.sportsci.org/>. Consultado el 22 de marzo de 2012.
- Brito, E., Ruiz, J., Navarro, M, y García, J. (2009). *Valoración de la condición física y biológica en escolares*. España: Wanceulen.

- Del Rosso, S. (2010). *Fisiología de la maduración y el crecimiento*. Materia dictada en el Curso a distancia de Entrenamiento en Poblaciones Infanto-Juveniles (1era Ed.). www.sobreentrenamiento.com
- Fitnessgram (2011). *Interpretingfitnessgramresults*. [Documento en línea], Disponible en <http://http://www.fitnessgram.net/FG-59-68.pdf>. Consultado el 12 de enero de 2012.
- García, P. y Flórez, S. (2010). Edad biológica, fases sensibles y periodos adecuados para el entrenamiento en el deporte menor. En P. García (Comp.), *adaptaciones biológicas en niños y adolescentes deportistas para el alto rendimiento (pp. 87-103)*. Caracas-Venezuela: Ediciones olímpicas.
- Geither, C., Thomis, M., Eynde, B., Maes, H., Loos, R., Peeters, M., Claessens, A., Vlietinck, R., Malina, R. y Beunen, G. (2004). *Growth in peak aerobic power during adolescence*. [Documento en línea], Disponible en <http://web.ebscohost.com/http://www.sportsci.org/>. Consultado el 22 de marzo de 2012.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista P. (2006) *Metodología de la Investigación*. 4ta ed. México: McGrawHill.
- Krahenbuhl, G. y cols. (1998). *Developmental aspects of maximal aerobic power in children*. Exerc Sport Sci Rev.
- Márquez, O. (2000). *El proyecto de investigación. Guía para la elaboración de proyectos en pre y post-grado*. Barinas – Venezuela: Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora.
- McVean J, Carrel A, Eickhoff J, y Allen, D. *Fitness level and body composition are associated with inflammation in non-obese children*. [Documento en línea], Disponible en <http://web.ebscohost.com/http://www.sportsci.org/>. Consultado el 12 de enero de 2012.
- Malina, R., Bouchard, C., y Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity*. 2da ed.
- Mirwald, R. (1980). *Saskatchewan growth and development study*. [Documento en línea], Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/http://www.sportsci.org/>. Consultado el 12 de enero de 2012.
- Mirwald, R., y Bailey, D. (1986). *Maximal Aerobic Power*. London, Ontario. Sports Dynamics Publishers.
- Mirwald, R., Baxter, A., Bailey, D., y Beunen, G. (2002). *An assessment of maturity from anthropometric measurements*. [Documento en línea], Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/http://www.sportsci.org/>. Consultado el 12 de enero de 2012.

Ordaz, E. (2009). Tratamiento de la información en cineantropometría. En D. Cabañas y F. Esparza (Ed.), *Compendio de cineantropometría (pp. 105-118)*. España: CTO. Editorial.

Ortega, E. Ortiz, I. y Artés, E. (2009). *Manual de estadística aplicada a las ciencias de la actividad física y el deporte*. Murcia – España: Diego Marín Librero - Editor.

Vaquero, A. (2006). Capacidad funcional aeróbica y anaeróbica. En J. Chicharro y A. Vaquero (Ed.), *Fisiología del ejercicio. (pp. 405-415)*. Madrid-España: Editorial Panamericana.