

Ortiz-Pulido, R.; Ortiz-Pulido, R. y Ortiz-Pulido, R. (2018) Consumo máximo de oxígeno en mexicanos universitarios: correlación entre cinco test predictivos / Maximal Oxygen Consumption in Mexican University Students: Correlation between Five Predictive Tests. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 18 (71) pp. 521-535  
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista71/artnohaydiferencia950.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista71/artnohaydiferencia950.htm)  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2018.71.008>

## ORIGINAL

# CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN MEXICANOS UNIVERSITARIOS: CORRELACIÓN ENTRE CINCO TEST PREDICTIVOS

## MAXIMAL OXYGEN CONSUMPTION IN MEXICAN UNIVERSITY STUDENTS: CORRELATION BETWEEN FIVE PREDICTIVE TESTS

Ortiz-Pulido, R.<sup>1</sup>; Ortiz-Pulido, R.<sup>2</sup> y Ortiz-Pulido, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor, Doctor en Ciencias. Laboratorio de Rendimiento Deportivo, Dirección de Actividades Deportivas, Universidad Veracruzana (México) [pulidoortizricardo@gmail.com](mailto:pulidoortizricardo@gmail.com)

<sup>2</sup> Investigador, Doctor en Ciencias. Universidad Pedagógica Veracruzana (México) [rubenortizpulido@yahoo.com](mailto:rubenortizpulido@yahoo.com)

<sup>3</sup> Profesor-Investigador, Doctor en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (México) [raulortizpulido@yahoo.com](mailto:raulortizpulido@yahoo.com),

**Código UNESCO / UNESCO Code:** 2411 Fisiología Humana / Human Physiology.  
**Clasificación del Consejo de Europa / Council of Europe classification:** 11 Medicina del deporte/Sport Medicine.

**Recibido** 29 de septiembre de 2016 **Received** September 29, 2016

**Aceptado** 24 de agosto de 2017 **Accepted** August 24, 2017

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar si existen diferencias en los valores de VO<sub>2max</sub> indirecto obtenido con cinco pruebas físicas: UTMM, VAM-EVAL, Ida-Vuelta, 1000 m y Ramsbottom. Los sujetos fueron hombres mexicanos en edad universitaria sin entrenamiento previo y sin experiencia en deportes, con los siguientes parámetros: edad 19,33 ± 1,09 años (media ± 1 desviación estándar), peso 68,47 ± 9,93 kg, estatura 1,71 ± 0,06 m e IMC 23,62 ± 2,82. El VO<sub>2max</sub> indirecto (ml/kg/min, media ± 1 error estándar) por prueba fue de: 44,26 ± 3,74 para UMTT,

44,14  $\pm$  3,01 para VAM-EVAL, 42,78  $\pm$  2,80 para Ida y vuelta, 44,92  $\pm$  2,33 para 1000 m y 42,67  $\pm$  2,96 para Ramsbottom. No se encontraron diferencias significativas entre el VO<sub>2</sub>max indirecto obtenido por los sujetos de estudio en las cinco pruebas. Concluimos que las cinco pruebas son equivalentes y pueden ser usadas indistintamente para evaluar el VO<sub>2</sub>max indirecto.

**PALABRAS CLAVES:** Jóvenes universitarios, VO<sub>2</sub>max, UMTT, VAM-EVAL, Ida-Vuelta, 1000 m y Ramsbottom.

## ABSTRACT

The objective of this study was determining if there are differences in the measurement of indirect VO<sub>2</sub>max among five different physical tests: UMTT, VAM-EVAL, 20 MST, 1000 m and Ramsbottom. The subjects were Mexican college-age men without previous training and without sport experience with the following parameters: years 19,33 $\pm$ 1,09 (mean  $\pm$  1 standard deviation), weight 68,47  $\pm$  9,93 kg, height 1,71  $\pm$  0,06 m and body mass index 23,62  $\pm$  2,82. VO<sub>2</sub>max indirect (ml/kg/min, average  $\pm$  1 standard error) by test were: 44,26  $\pm$  3,74 for UMTT, 44,14  $\pm$  3,01 for VAM-EVAL, 42,78  $\pm$  2,80 for 20 MST, 44,92  $\pm$  2,33 for 1000 m and 42,67  $\pm$  2,96 for Ramsbottom. We do not detect significant differences between the indirect VO<sub>2</sub>max obtained in the five tests. We concluded that the five tests are equivalent and can be used interchangeably to assess the indirect VO<sub>2</sub>max.

**KEY WORDS:** Colleges students, VO<sub>2</sub>max, UMTT, VAM-EVAL, 20 MST, Ramsbottom.

## INTRODUCCIÓN

El consumo máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max) es una medida que ayuda a conocer la capacidad aeróbica del sujeto (1,2). Es útil porque a partir de ese dato se puede prescribir ejercicio físico (3).

En la actualidad el VO<sub>2</sub>max puede ser evaluado en laboratorio y en campo (4,5,6). En el laboratorio la medición es más exacta, más cara, consume más tiempo y requiere personal más capacitado que la medición en campo (7,8,9). Por esta razón es mucho más económico medir el VO<sub>2</sub>max indirectamente con diferentes pruebas de campo. Entre estas pruebas indirectas están la de carrera en pista de la Universidad de Montreal (UMTT), la de pista Velocidad Aeróbica Máxima-Evaluación (VAM-EVAL), la de ida y vuelta de 20 m (Ida-Vuelta), la corrección a esta última prueba propuesta por Ramsbottom *et al.* (14). y la de 1000 m planos (1000 m) (10,11,12,13,14,15,16,17).

Cada una de estas pruebas de campo tiene sus características. La UMTT es una prueba máxima indirecta progresiva de carrera continúa, basada en el costo energético que implica al individuo probado incrementar la velocidad cada 2 minutos (10,18). Esta prueba ha sido utilizada para evaluar a más de 3000 estudiantes de clase de acondicionamiento físico en la Universidad de Montreal (10), a jóvenes estudiantes de educación física (19,20,21,22) a atletas entrenados moderadamente (23), a sujetos moderadamente entrenados (18) y a soldados (24). La prueba VAM-EVAL es una prueba continua progresiva de carrera continua con incrementos de velocidad cada minuto (25), ha sido usada para evaluar estudiantes jóvenes de educación física (26,27) y para comparar respuestas fisiológicas en sujetos saludables (28). La Ida-Vuelta tiene características intermitentes e incrementales, con aumento de velocidad cada minuto, y consiste en ir y venir en 20 m (12,13). La prueba ha sido utilizada para evaluar a jóvenes universitarios de India (29) y Kenia (30). La prueba de 1000 m es lineal o continua (31,15,16,17) y ha sido usada en una muestra de jóvenes mexicanos (15) y universitarios jóvenes varones de China (16); también ha sido utilizada para describir el perfil de aptitud física en población escolar (32), el hábito deportivo, aptitud físico motora y cardiorrespiratoria en escolares de 7 a 9 años (33), así como para conocer la influencia que tiene el nivel de resistencia aeróbica en jóvenes, principiantes voleibolistas (34) e identificar y evaluar jóvenes con talento en fútbol (17) Por su parte los resultados de la prueba Ramsbottom se puede obtener ocupando datos de la prueba de Ida-Vuelta, usando para ello tablas especiales (14).

A la fecha las pruebas UMTT, VAM-EVAL, Ida-Vuelta y 1000 m, pero no así Ramsbottom, han sido validadas de manera separada contra pruebas de laboratorio (10,14,35,25,36,15,37,38). En general la comparación de resultados entre una prueba de campo y otra de laboratorio ha indicado que los resultados no son diferentes (19,15,39). Sin embargo, hasta ahora nadie ha comparado las cinco pruebas de campo indicadas con el mismo grupo humano. En el presente estudio compararemos los resultados de  $VO_2$ max indirecto obtenido con las cinco pruebas (i.e. UMTT, VAM-EVAL, Ida-Vuelta, 1000 m y Ramsbottom), usando para ello un mismo grupo de jóvenes universitarios saludables sin experiencia deportiva. Pretendemos con ello establecer si existe equivalencia entre los resultados de dichas pruebas. Colateralmente, dado que en tres de estas pruebas (i.e. UMTT, VAM-EVAL e Ida-Vuelta) es posible medir la distancia en m recorrida por los sujetos evaluados, compararemos si estas distancias son equivalentes entre las pruebas y si la distancia recorrida en las diferentes pruebas puede ser usada indistintamente para catalogar el desempeño físico de los sujetos analizados.

## MÉTODO

El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero y mayo del año 2014. Los sujetos de estudio fueron 71 voluntarios universitarios saludables de sexo masculino sin entrenamiento previo y sin experiencia en entrenamiento deportivo

viviendo en la Ciudad de Xalapa, Veracruz, México (19°32' N, 96°54' O; 1460 m.s.n.m.). Ningún participante en esta investigación ingirió medicamentos ni fue fumador. Además, los sujetos no realizaron actividad física organizada seis meses antes del estudio. Los participantes se mantuvieron realizando sus actividades normales durante el periodo de toma de datos. El grupo tuvo los siguientes parámetros (media  $\pm$  1 de): edad 19,33  $\pm$  1,09 años, peso 68,47  $\pm$  9,93 kg; estatura 1,71  $\pm$  0,06 m e índice de masa corporal (IMC) 23,62  $\pm$  2,82.

Los participantes considerados en el estudio fueron alumnos regulares en la Universidad Veracruzana, que eligieron libre y previamente tomar una materia de la Dirección de Actividades Deportivas de dicha universidad. El criterio de inclusión de los sujetos fue que no realizaran actividad física (i.e. fueran sedentarios). Se excluyó de la muestra a sujetos que realizaron actividad física ligera, moderada o intensa (40), o hubiesen sido seleccionados para competir en algún deporte en su infancia o juventud o si participaron en algún equipo deportivo de la Universidad Veracruzana.

Todos los sujetos fueron previamente informados de las diferentes pruebas del VO<sub>2</sub>max indirecto y del objetivo del estudio. Posteriormente dieron su consentimiento firmado siguiendo los procedimientos de la declaración de Helsinki para participar en todas las evaluaciones.

Los sujetos fueron familiarizados con las pruebas durante cuatro semanas antes de la evaluación. Para ello se siguió un cronograma específico (Tablas 1 y 2). El primer día de la primera semana los sujetos recorrieron una pista atlética sintética (tartán) de 400 m con un campo de fútbol en su centro. Después de ello se les explicó en que consistía la ejecución de cada prueba (ver detalles abajo). En días posteriores, antes de iniciar los ejercicios específicos de adaptación a las diferentes pruebas de medición indirecta de VO<sub>2</sub>max realizaron un calentamiento y estiramiento previo con una duración de 15 a 20 minutos. Una vez concluido, los sujetos realizaron los ejercicios descritos en las Tablas 1 y 2. Durante las primeras cuatro semanas se les explicó cómo deberían de tomarse la frecuencia cardiaca (FC) manualmente. Para ello aplicaron sus dedos índice y medio a la región del cuello, donde localizaron la pulsación de la arteria carótida. Una vez que percibieron el pulso registraron el número de pulsaciones durante 15 segundos y después lo multiplicarlo por 4, para de esta forma obtener su FC en un minuto (41,7). La práctica de tomarse FC la realizaron todos los días cinco veces, antes e inmediatamente después de los ejercicios propuestos en las Tablas 1 y 2.

Para que los sujetos conocieran como determinar su índice de esfuerzo percibido (IEP) (42) se les explicó, el primer día de la semana 1 antes de iniciar los ejercicios, en qué consistía la escala de Borg (CR 10), para que relacionaran cada uno de los números de la escala con la exigencia de esfuerzo. Cada día, diez

minutos después de terminar los ejercicios indicados en las tablas 1 y 2 cada sujeto reportó su IEP.

Todos los sujetos fueron capaces de reportar su FC e IEP al terminar la cuarta semana del estudio. La veracidad de la medida de FC fue evaluada en cada sujeto. Esto se logró la cuarta semana verificando, tres veces, que la FC reportada por cada sujeto coincidiera con la tomada en el mismo momento por los autores de este trabajo.

**Tabla 1.** Ejercicios realizados por los sujetos participantes en este estudio en la semana 1. En esta semana se trabajó con la familiarización de los sujetos con las diferentes pruebas de V02max. Se indica día, test trabajado, tiempo de carrera, distancia recorrida e intensidad de carrera (km/h).

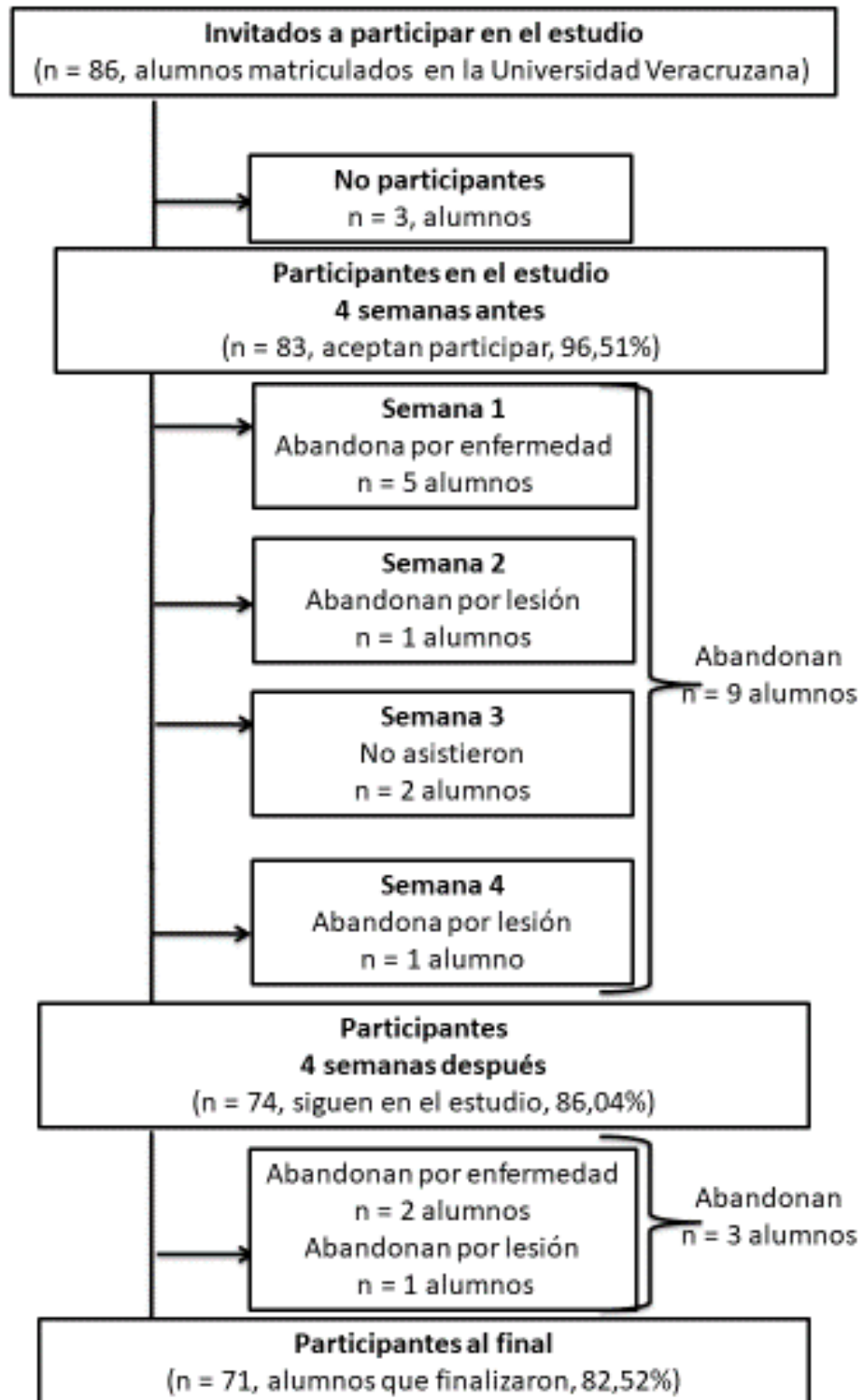
Día	Prueba	Tiempo (minutos)	Distancia (m)	Intensidad (km/h)
Lunes	UMTT	2	280	8
Martes	VAM-EVAL	1	140	8,5
		1	160	9,0
Miércoles	Ida-Vuelta	1	140	8,5
		1	160	9,0
Jueves	1000 m	1	200	10

**Tabla 2.** Ejercicios realizados en las semanas 2, 3 y 4 por los sujetos participantes en este estudio. En estas semanas se trabajó con la familiarización de los sujetos con las pruebas de VO2Max usadas. Nótese que la práctica de las pruebas UMTT, VAM- EVAL e Ida-Vuelta se repitieron cada semana, mientras que en la prueba de 1000 m existió un incremento de 100 m cada semana. Todo lo demás similar a la Tabla 1.

Día/semana	Prueba	Tiempo (minutos)	Distancia (m)	Intensidad (km/h)
Lunes/semana 2, 3 y 4	UMTT	2	280 m	8
			600 m	9
Martes/semana 2, 3 y 4	VAM-EVAL	1	140 m	8,5
			160 m	9,0
Miércoles/semana 2, 3 y 4	Ida-Vuelta	1	140 m	8,5
			160 m	9,0
Jueves/semana 2	1000 m	Sin tiempo	200 m	-----
Jueves/semana 3	1000 m	Sin tiempo	300 m	-----
Jueves/semana 4	1000 m	Sin tiempo	400 m	-----

En las últimas cuatro semanas de este estudio (semanas 5, 6, 7 y 8) se realizaron las cuatro pruebas de VO<sub>2</sub>Max, evaluando a los sujetos los martes, llevando a cabo una prueba por semana (43): semana 1 UMTT, semana 2 VAM-EVAL, semana 3 Ida-Vuelta y semana 4 1000 m.

Los sujetos fueron revisados previamente por el equipo médico de la universidad para certificar que podrían realizar ejercicio sin ningún problema. Además, los sujetos se abstuvieron de realizar ejercicio vigoroso durante las 48 horas antes de cada prueba. Durante las evaluaciones los participantes fueron los responsables de llevar consigo agua suficiente para hidratarse libremente durante el período que desearan o que se les indicara. Quienes cumplieron con el 100% de la evaluación fueron incluidos en el estudio. Doce sujetos abandonaron el estudio, debido a enfermedad (n= 4), lesiones (n=3) y a no asistir (n=5) durante todo el protocolo de pruebas. En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo del proceso descrito arriba.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso seguido para determinar participantes en este estudio. Se indica el número de participantes por fase.

Para realizar las pruebas UMTT, VAM-EVAL y 1000 m se usó la pista de tartán de 400 m planos, que fue marcada con conos cada 20 m; mientras que para la Ida-Vuelta se usó el campo de fútbol central de dicha pista, mismo que estuvo cubierto con pasto natural, en el que se marcó un carril de 20 m de largo por 1,20 m de ancho. Durante el desarrollo de la UMTT, VAM-EVAL e Ida-Vuelta se usaron altavoces para indicar el ritmo de carrera a los sujetos. En UMTT los sujetos iniciaron a correr en la pista a una velocidad de 8,0 km/h. Después de cada periodo de 2 minutos se les pidió incrementaran 1 km/h la velocidad de su carrera. En la VAM-EVAL e ida-vuelta los sujetos iniciaron a correr a 8,5 km/h al escuchar la señal sonora y se les pidió que incrementaran su velocidad de carrera 0,5 km/h cada minuto. En la ida-vuelta los sujetos corrieron solo en el carril señalado arriba, haciendo recorridos de ida y vuelta sobre el. En la 1000 m los participantes recorrieron la pista de 400 m. En UMTT, VAM-EVAL e Ida-Vuelta la prueba finalizó cuando en dos ocasiones el sujeto no logró recorrer la distancia de 20 m en el tiempo requerido por la señal sonora. Para cada sujeto en cada prueba se registró la distancia recorrida, el tiempo que tardó en realizarla, FC máxima (FCmax) e IEP.

Para obtener el  $VO_2\max$  en cada prueba se usaron las siguientes formulas. En UMTT y VAM-EVAL se usó:  $VO_2\max=3,5(v)$ , donde  $v$  = velocidad alcanzada en el último periodo completado (12). En Ida-Vuelta se utilizó:  $VO_2\max=(6(v))-27,4$  (13). En 1000 m  $VO_2\max = 71,662-(5,850 (t))$ , donde  $t$  = tiempo en segundos (15). Para Ramsbottom se recurrió a la tabla de (14).

Al término de cada prueba se le pidió a cada sujeto que se tomara la FCmax entre los segundos 5 y 20 del período de recuperación. Estos 15 segundos fueron convertidos en pulsaciones/minuto y registradas manualmente (41,7). El IEP (44) de cada individuo fue reportado por cada sujeto 10 minutos después de terminada cada prueba.

Análisis. Para probar diferencias entre las pruebas en cuanto a  $VO_2\max$  y distancia recorrida se usó una ANOVA de una vía. En el primer caso,  $VO_2\max$  tuvo cinco niveles (i.e. UMTT, VAM-EVAL, Ida-Vuelta, 1000 m y Ramsbottom), y en el segundo, la distancia recorrida tuvo tres niveles (i.e. UMTT, VAM-EVAL e Ida-vuelta). En ambos casos la variable de respuesta ( $VO_2\max$  y distancia recorrida) tuvo una distribución normal (probada con un Q-Q plot con límites de distribución al 95% de confianza). En las ANOVA se consideró una variable offset (llamada CP1), que fue usada para estandarizar a los sujetos quitando con ello del análisis la varianza ocasionada por sus diferencias en edad, peso, estatura e IMC. El CP1 fue obtenido mediante un Análisis de Componentes Principales, que consideró como variables base: edad, peso, estatura e IMC de cada sujeto medido. Con estas variables se construyó el CP1, mismo que explicó el 96% de la varianza de las variables usadas para su construcción. En el caso de las ANOVA, si los datos presentaron sobre dispersión, este se corrigió ajustando el parámetro escalar (45).



Cuando existieron diferencias significativas entre tratamientos de una ANOVA, se ocupó una prueba *a posteriori* de Holm-Sidak para determinar entre que pares de pruebas ocurrían dichas diferencias. En todos los casos se usó un  $P < 0.05$  para rechazar  $H_0$ , y salvo que se indique lo contrario en todos los casos se reporta media  $\pm 1$  ee.

## RESULTADOS

No encontramos diferencias estadísticas entre las cinco pruebas en cuanto a  $VO_{2max}$  indirecto registrado ( $F=0,34$ ,  $gl= 1, 353$ ,  $P=0,56$ ; Tabla 3a). Los valores de  $VO_{2max}$  obtenidos fueron:  $44,26 \pm 3,74$  para UMTT,  $44,14 \pm 3,01$  para VAM-EVAL,  $42,78 \pm 2,80$  para Ida - Vuelta,  $44,92 \pm 2,33$  para 1000 m y  $42,67 \pm 2,96$  para Ramsbottom.

Detectamos diferencias significativas entre las distancias recorridas en las tres pruebas en que esta medida pudo ser registrada ( $F=111,2$ ,  $gl= 2, 210$ ,  $P < 0,001$ ; Tabla 3b). En UMTT los sujetos recorrieron  $2140,3 \pm 425,4$  m, en VAM-EVAL  $1717,5 \pm 332,9$  m y en Ida-Vuelta  $1335,9 \pm 135,4$  m. Las pruebas de comparaciones múltiples indicaron que las distancias recorridas son estadísticamente distintas entre todas las pruebas (en todos los casos Holm-Sidak  $>7$ ,  $P < 0,001$ ).

No encontramos diferencias significativas en la  $FC_{max}$  y IEP registradas en los sujetos después de realizar las pruebas.

**Tabla 3.** Resultados de ANOVA de una vía (con cinco niveles: UMTT, VAM-EVAL, Ida-Vuelta, 1000 m y Ramsbottom) con variable de respuesta (a)  $VO_{2max}$  indirecto y (b) distancia recorrida en metros. Antes de correr los ANOVA las variables de respuesta fueron estandarizadas para eliminar la varianza ocasionada por las diferencias entre sujetos en edad, peso, estatura e IMC.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
<b>a) VO2Max</b>					
Regresión	1	41	40,6	0,34	0,562
Residual	353	42486	120,4		
Total	354	42527			
<b>b) Distancia recorrida (m)</b>					
Regresión	2	22987307	11493654	111,2	<0,001
Residual	210	21705947	103362		
Total	212	44693254			

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados indican que no existen diferencias significativas entre los valores de  $VO_{2max}$  indirecto obtenidos en las cinco pruebas (i.e. UMTT, VAM-EVAL, Ida-Vuelta, 1000 m y Rambosttom). Por el contrario, registramos que existen diferencias estadísticas en la distancia recorrida en metros entre tres pruebas (i.e. UMTT, VAM-EVAL e Ida-Vuelta).

La similitud entre valores de  $VO_{2max}$  entre pruebas ha sido hallada en otros estudios, aunque comúnmente solo en comparaciones de pares de pruebas. Por ejemplo, la UMTT ha sido comparada, usando diferentes sujetos de estudio (e.g. con y sin entrenamiento, hombres y mujeres, jóvenes y adultos), con seis pruebas: test de Balke, carrera inclinada en banda sin fin, test-retest del UMTT, Test con ciclo-ergómetro, Canadian Home Fitness Test y test de Cooper (10). En todas estas comparaciones no se encontraron diferencias significativas entre pruebas (10). Además, Berthoin et al. (19) contrastó la UMTT contra el test de laboratorio con banda sin fin y el test de Ida-Vuelta, en estudiantes de educación física, tampoco encontrando diferencias significativas.

El test de Ida-Vuelta ha sido comparado, usando futbolistas amateurs y adultos, con VAM-EVAL, test de laboratorio, test intermitente con recuperación y rendimiento de 10 km (46,47). En todos los casos no hubo diferencias significativas. Sin embargo, Bandyopadhyaya(39) comparo sus resultados de  $VO_{2max}$  en laboratorio ( $39,80 \pm 4,06$  ml kg min) con el test de Ida-Vuelta ( $35,35 \pm 4,90$  ml kg min) en jóvenes hombres estudiantes de india y encontró diferencias significativas ( $P < 0,001$ ). Debido a ello este investigador sugirió que la fórmula original usada en la prueba no podía ser aplicada en este tipo de población. Por ello, él propuso modificar la ecuación para la obtención del  $VO_{2max}$  indirecto. Cuando así lo hizo no encontró diferencias significativas entre  $VO_{2max}$  obtenido entre pruebas.

El test de 1000 m se ha confrontado contra sí mismo (test-retest), contra el protocolo de laboratorio en banda sin fin y en ciclo-ergómetro con un analizador de gas portátil (15,16). Todas estas comparaciones fueron realizadas en estudiantes mexicanos y la última en estudiantes chinos. Al confrontar estos test no existieron diferencias en el  $VO_{2max}$  obtenido.

Nuestros resultados indican que no existen diferencias significativas en  $VO_{2max}$  indirecto entre las pruebas analizadas. Sin embargo, no sabemos si este resultado se mantendría si se midiera el  $VO_{2max}$  directo en laboratorio después de cada prueba. Obtener el  $VO_{2max}$  directo permitiría planear de mejor manera el entrenamiento de cada sujeto (e.g. sus cargas de trabajo). En el futuro sería interesante investigar si las pruebas de laboratorio son equivalentes a las pruebas indirectas. En el pasado otros estudios han comparada alguna de las pruebas

indirectas ocupadas aquí con una (12,7,39,9) o dos prueba de laboratorio (48), y no han encontrado diferencias significativas.

Las diferencias que encontramos entre pruebas en cuanto a distancia recorrida pueden deberse a las características de cada una de ellas. Por ejemplo, en la prueba de Ida-Vuelta los sujetos de estudio recorrieron en promedio una menor distancia (1336 m) en comparación a lo que registraron los mismo sujetos en UMTT (2140 m) y VAM-EVAL (1718 m). Las diferencias pueden deberse a que en Ida-Vuelta el sujeto cambia de dirección cada 20 m, lo que implica que tenga que desacelerarse y acelerarse durante toda la prueba, limitando así la distancia recorrida (49,28,21); mientras que en UMTT y VAM-EVAL los sujetos hacen una carrera continua, sin desacelerar, aumentando así la distancia recorrida (10,12). La diferencia en m recorrida entre UMTT y VAM-EVAL puede explicarse porque en la primera los sujetos aumentan su velocidad cada dos minutos, mientras que en la segunda cada minuto, ocasionando posiblemente que en la UMTT recorran más distancia que en la VAM-EVAL. Estos resultados son semejantes a lo encontrado por (50), en las tres pruebas, Ida-Vuelta, UMTT y VAM-EVAL, donde estudiantes de educación física de Argentina recorrieron  $1339,2 \pm 370,5$  m,  $2209,2 \pm 636,4$  m y  $2229,2 \pm 648,5$ . En este sentido, la distancia recorrida no es equivalente entre pruebas y no debería usarse para comparar rendimiento entre sujetos que realizan una u otra prueba.

## CONCLUSIONES

Nuestros resultados nos permiten decir que las cinco pruebas usadas no son diferentes en cuanto a la obtención del  $VO_2$ max indirecto en estudiantes mexicanos universitarios saludables. Por ello es posible recomendar a los profesores de educación física, entrenadores o científicos del deporte, utilizar cualquiera de estos test dependiendo de la infraestructura y espacio con que se cuente, así como de las características de los sujetos de estudio. Por otra parte, no sugerimos usar la distancia recorrida por prueba pues los registros no son equivalentes entre pruebas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hiruntrakul A, Nanagara R, Emasithi A, Borer KT. Effect of once a week endurance exercise status in sedentary subjects. *Journal of the Medical Association of Thailand= Chotmaihet thangphaet*. 2010; 93(9):1070-1074.
2. Hamlin M, Draper N, Blackwell G, Shearman J, Kimber N. Determination of maximal oxygen uptake using the bruce or a novel athlete- led protocol in mixed population. *Journal of human kinetics*. 2012; 31: 97-104. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0010-z>.
3. ACSM *American College of Sports Medicine's* guideliness for exercise testing and prescription (9<sup>th</sup> ed). New York: Williams and Wilkins; 2006.
4. Talbot LA, Metter EJ, Fleg JL. Leisure-time physical activities and their relationship to cardiorespiratory fitness in healthy men and women 18-95 years old. *Medicine and science in sport and exercise*. 2000; 32(2):417-425. <https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00024>.
5. Fleg JL, Morrell CH, Bos AG, Brant LJ, Talbot LA, Wright JG, Lakatta EG. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*. 2005; 112(5):674-682. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.545459>.
6. Wang CY, Haskell WL, Farrell SW, LaMonte MJ, Blair SN, Curtin LR., Burt VL. Cardiorespiratory fitness levelss among US adults 20-49 years of age finding from the 1999-2004 national health and nutrition eamination survey. *American journal of epidemiology*. 2010; 171(4):426-435. <https://doi.org/10.1093/aje/kwp412>.
7. Chatterjee S, Chatterjee P, Bandyopadhyay A. Validity of Queen`s College Step Test for estimation of maximun oxygen uptake in female students. *Indian J Med Res*. 2005; 121(1):32-35.
8. Nassis GP, Geladas ND, Soldatos Y, Sotiropoulos A, Bekris V, Souglis, A. Relationship between the 20-m multistage shuttle run test and 2 soccer- specific field test for the assesement of aerobic fitness in adults semi-professional soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*. 2010; 24(10):2693-2697. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf0471>.
9. Bandyopahyay A. Validity of cooper`s 12-minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. 2015; 32(1):59-63. <https://doi.org/10.5604/20831862.1127283>.
10. Léger LA, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: the Universite de Montreal track test. 1980; 5(2):77-80.
11. Legér LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict to VO<sub>2</sub> max. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1982; 49(1):1-12. <https://doi.org/10.1007/BF00428958>.
12. Legér LA, Mercier D. Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports medicine*. 1984; 1(4):270-277. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401040-00003>.

13. Legér LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sport science*. 1988; 6(2):93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>. PMID:3184250
14. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Brit. J. Sports Med*. 1988; 22(4):141-144. <https://doi.org/10.1136/bjism.22.4.141>. PMID:3228681 PMCID:PMC1478728
15. Diaz F, Montano J, Melchor M, Guerrero J, Tovar J. Validacion and reliability of the 1,000 meter aerobic test. *Revista de investigacion clinica*. 1999; 52(1):44-51.
16. Wang Y, Zeng Xb, Yao Fj, Wu F, Su C, Fan Zg, . . . Huang Yj. Endurance Capacity Is Not Correlated with Endothelial Function in Male University Students. *PloS ONE*. 2014; 9(8)1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103814>.
17. Louzada FM, Maiorano A, Ara A. iSport: a web -oriented- expert system for talent identification in soccer. *Expert system with applications*. 2015; 44: 400-412. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.09.007>.
18. Dupont G, Berthoin S. Time Spent at a High Percentage of max for Short Intermittent Runs: Active Versus Passive Recovery. *Canadian journal of applied physiology*. 2004; 29(1):3-16. <https://doi.org/10.1139/h2004-054>.
19. Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E, Guerrin F, Lensele-Corbeil G, Vandendorpe, F. Comparison of two field test to estimate maximum aerobic speed. *Journal of sports science*. 1994; 12(4):355-362. <https://doi.org/10.1080/02640419408732181>.
20. López JL, Soler EI, Dopico X, Burló LM. Efectos del entrenamiento continuo e interválico de carga externa similar sobre la frecuencia cardiaca. *Motricidad. European Journal of Human Movement*. 2005; 13: 107-118.
21. García GC, Secchi JD. Relación de las velocidades finales alcanzadas entre el curso navette de 20 metros y el test de VAM-EVAL. Una propuesta para predecir la velocidad aeróbica máxima. *Apunts Medicina de l'Esport*. 2013; 48(177): 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.11.004>.
22. García GC, Secchi JD, Arcuri CR. Comparación de las velocidades alcanzadas entre dos test de campo de similares características: VAM-EVAL y UMTT. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2014; 7(2):48-54. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70061-9](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70061-9).
23. Ahmaidi S, Collomp K, Caillaud C, Prefaut C. Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *International journal of sports medicine*. 1992a; 13(3):243-248. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021261>.
24. Thébault N, Léger LA, Passelergue, P. Repeated-sprint ability and aerobic fitness. *The Journal of Strength Conditioning Research*. 2011; 25(10):2857-2865. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318207ef37>.
25. Cazorla G, Léger L. Comment évaluer et développer vos capacités aérobies: épreuve de course navette et épreuve VAMEVAL. *AREAPS. Association Recherche et Evaluation en -activité Physique et en Sport*. 1993; 1-23.

26. Ahmaidi S, Collomp K, Préfaut C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise tests. *European journal of applied physiology*. 1992a; 5:475-479. <https://doi.org/10.1007/BF00243517>.
27. Chaouachi M, Chaouachi A, Chamari K, Chtara M, Feki Y, Amri M, Trudeau, F. Effects of dominant somatotype on aerobic capacity trainability. *British journal of sport medicine*. 2005; 32(12):954-959 <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.019943>.
28. Carminatti LJ, Possamai CA, De Moraes M, Da Silva JF, De Lucas RD, Dittrich N, Guglielmo LG. Intermittent versus continuous incremental field test: Are maximal variables interchangeable? *Journal of sports science and medicine*. 2013; 12(1):165-170.
29. Chatterjee P, Banerjee AK, Das P, Debnath P. Validity of 20 meter multi stage shuttle run test for prediction of maximum oxygen uptake in Indian female university students. *Kathmandu University Medical Journal*. 2008; 6(2):176-180.
30. Magutah K. Cardio-respiratory fitness markers among Kenyan university students using a 20m shuttle run test (SRT). *African health science*. 2013; 13(1):10-16 <https://doi.org/10.4314/ahs.v13i1.2>.
31. Klissouras V. Prediction of potential performance with special reference to heredity. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1973; 12(2): 100-107.
32. Alexander P, Méndez-Pérez B. Perfil de aptitud física de la población escolar de birucá San Fernando de Apure, Venezuela. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*. 2014; 7(3):120-127.
33. Salas A, Loreto I, Pérez A, Buena L, Canelón E, Cortés K. Hábito deportivo: Efecto en la aptitud físico-motora y cardiorespiratoria en escolares. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*. 2016; 14(2):128-136.
34. Neto AA, Pellegrinotti IL, Montebelo MIL. Effects of a neuromuscular training program on the maximal Oxygen consumption and vertical jump in beginning volleyball players. *Revista Brasileira De medicina Do Esporte*. 2006; 12(1):28-33. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922006000100007>.
35. Leger L, Gadoury C. Validity of the 20 m Shuttle run test with 1 min stage to predict  $\dot{V}O_2$ max in adults. *Canadian journal of sport sciences*. 1989; 14(1):21-26.
36. Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *British Journal of Applied Physiology*. 1995; 29(3):147-152. <https://doi.org/10.1136/bjism.29.3.147>.
37. Grant JA, Joseph AN, Campagna PD. The Prediction of  $\dot{V}O_2$ max: A Comparison of 7 Indirect Tests of Aerobic Power *The Journal of Strength Conditioning Research*. 1999; 12(4):346-352.
38. Stickland MK, Petersen SR, Bouffard M. Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 2003; 28(2):272-282. <https://doi.org/10.1139/h03-021>.
39. Bandyopahyay A. Validity of 20 meter multi-stage shuttle run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Indian journal of physiology and pharmacology*. 2011; 55(3):221-226.

40. Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010; 13(5):496-502. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.09.008>.
41. McArdle WD, Katch FI, Pechar GS, Jacobson L, Ruck S. Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake physical work capacity and step-test scores in college women. *Medicine and science in sports*. 1972; 4(4):182-186. <https://doi.org/10.1249/00005768-197200440-00019>.
42. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE based training load in soccer. *Medicine and science in sport and exercise*. 2004; 36(6):1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>.
43. Chatterjee S, Chakravarti B. Comparative study of maximum aerobic capacity by three ergometries in untrained college women. *The Japanese journal of physiology*. 1986; 36(1):151-162. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.36.151>.
44. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales Champaign, IL: Human kinetics, 1998.
45. Crawley MJ. GLIM for ecologist. London : Blackwell Scientific Publications.
46. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(2):320-325. <https://doi.org/10.1519/R-18065.1>.
47. Paliczka V, Nichols A, Boreham C. A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British Journal of Sports Medicine*. 1987; 21(4):163-165. <https://doi.org/10.1136/bjism.21.4.163>.
48. Dupont G, Defontaine M, Bosquet L, Blondel N, Moalla W, Berthoin S. Yo-Yo intermittent recovery test versus the université of montréal track test: Relation with a high-intensity intermittent exercise. *Journal of science and Medicine in Sport*. 2010; 13(1):146-150. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.10.007>.
49. Metaxas TI, Koutlianos, NA, Kouidi, EJ, Deligiannis, A. Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19(1):79-84. <https://doi.org/10.1519/00124278-200502000-00014>.
50. García GC, Secchi JD, Cappa, DF. Comparison of the maximal oxygen uptake predictive using different incremental field test: UMTT, VAM-EVAL and 20mSRT. *Arch Med Deporte*. 2013; 3:76-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001>.

**Número de citas totales / Total references: 50 (100%)**

**Número de citas propias de la revista / Journal's own references: 0 (0 %)**