

## Efectos del entrenamiento físico en piscina climatizada sobre la capacidad aeróbica de un grupo de niños asmáticos.

## Effects of the physical training in a warm-water pool on the aerobic power of a group of asthmatic children.

**Juan David Fernández Villada**

**Elkin Eduardo Roldán Aguilar**

**María Helena Lopera Zapata**

Facultad de Educación Física Recreación y Deporte  
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

### Resumen

**Objetivo:** Observar cambios en la capacidad aeróbica de un grupo de niños asmáticos después de un entrenamiento físico en piscina climatizada (EFPC). **Método:** 22 niños asmáticos, se dividieron en grupo experimental (GE) y grupo control (GC) de 11 cada uno. El GE se sometió a un EFPC durante 18 semanas de manera controlada, mientras el GC solo hacía sus actividades cotidianas. A ambos grupos se les realizó pruebas de esfuerzo en banda rodante para determinar el máximo consumo de oxígeno en METS y la frecuencia cardiaca máxima (FCM). Se midió en cada sesión de EFPC si los niños presentaban asma inducida por esfuerzo (AIE). **Resultados:** Al iniciar el estudio, el promedio de METS y de la FCM fueron similares en ambos grupos (Anova METS  $p = 0.5568$ ; Anova FCM  $p = 0.5198$ ; METS: GE  $11.61 \pm 2.33$  DS, GC  $11.05 \pm 2.08$  DS; FCM: GE  $165.09 \pm 13.85$  DS, GC  $161.46 \pm 12.12$  DS). Al finalizar, sólo el GE mejoró en los promedios de los METS de la diferencia pre-post según la prueba de observaciones apareadas (METS GE  $6.65 \pm 3.46$  DS; Anova  $p = 0.0006$ ). La FCM también aumentó, siendo significativa en el GE (FCM: GE  $22.45 \pm 19.04$  DS; Anova FCM  $p = 0.0823$ ). Solo el 6,06% de las mediciones presentaron AIE. **Conclusión:** Se encontró aumento significativo de la capacidad aeróbica en el GE, comparado con el GC. Se sugiere que utilizar piscina climatizada para el entrenamiento físico del asmático puede disminuir el AIE.

**Palabras claves:** entrenamiento físico; piscina climatizada; METS; frecuencia cardiaca máxima; asma inducida por esfuerzo.

### Abstract

**Objective:** To observe changes in the aerobic power in a group of asthmatic children after of a physical training in warm-water pool (EFPC). **Method:** 22 asthmatic children, who were divided in to an experimental group (GE) and a control group (GC) of 11 each. The GE was submitted to an EFPC for 18 weeks in a controlled way, while the GC only did their daily activities. Treadmill ergometer testing were conducted to both groups, to determine the maximal oxygen consumption in MET and the maximum heart rate (FCM). Each session of the EFPC was measure to check if Children children presented exercise-induced asthma (AIE). **Results:** At the beginning of the study, the average of METs and of the FCM were similar in both groups (Anova METs  $p = 0.5568$ ; Anova FCM  $p = 0.5198$ ; METs: GE  $11.61 \pm 2.33$  DS, GC  $11.05 \pm 2.08$  DS; FCM: GE  $165.09 \pm 13.85$  DS, GC  $161.46 \pm 12.12$  DS). At the end, only the GE improved in the averages of the difference between the pre-post test, both in the METs and in the FCM, according to the tests of paired observations (METs GE  $6.65 \pm 3.46$  DS; Anova  $p = 0.0006$ ). The FCM also increased, but acceptably in the GE (FCM: GE  $22.45 \pm 19.04$  DS; Anova FCM  $p = 0.0823$ ). Only the 6,06% of the measure have AIE. **Conclusion:** a significant increase of the aerobic capacity in the GE was found compared to the GC. It is suggested that the use of a warm-water pool for asthmatic's physical training can decrease the AIE.

**Key words:** physical training; warm-water pool; METs; maximum hearth rate; exercise-induced asthma.

Correspondencia/correspondence: Juan David Fernández Villada .  
Facultad de Educación Física Recreación y Deporte del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Colombia  
E-mail: judafervi@gmail.com

## Introducción

En los últimos 15 años diferentes estudios epidemiológicos de gran relevancia clínica a nivel mundial, han mostrado que la prevalencia del asma ha aumentado de manera considerable. Por ejemplo, en Australia la prevalencia de esta enfermedad en la niñez aumentó de un 10,1% a un 23%, solo en los últimos 26 años. (Soto, 2004).

El Estudio Internacional de Asma y Alergias en la Niñez de Internacional Study Asthma and Allergy Children (ISAAC), realizado en todo el mundo, revela que con grandes variabilidades entre países, el porcentaje de prevalencia de estas enfermedades se estima en un 10%. Dicho cuestionario se aplicó de manera estandarizada a niños de 56 países de todo el mundo para determinar la frecuencia de asma. El estudio reveló que la prevalencia es mayor en los niños que viven en países industrializados que en aquellos que viven en países en vías de desarrollo. (Equipo Respirar, 2008; Dennis, 2001, 18).

En Colombia, el estudio realizado entre 1998 y 2001 en 6 ciudades, demostró que la prevalencia de asma en la población general era entre 8.1% al 13%, comparada con un 14.8% en EE.UU. y con rangos en la población infantil colombiana que variaron entre 12% y 29%. Este estudio indicó que la prevalencia fue significativamente menor para Bogotá y Barranquilla y mayor para San Andrés y Medellín. (Arévalo, 2003, 34).

Los factores de riesgo más comúnmente asociados con estas enfermedades son: exposición a ácaros, animales domésticos, polen, contaminación ambiental, época del año, estilo de vida, factores dietéticos, exposición pasiva al humo de tabaco e infecciones recurrentes. (Dennis, 2001, 18).

Dentro de los estilos de vida relacionados con una mayor prevalencia de asma en niños está la disminución de la actividad física, lo cual hace que el estilo de vida sedentario se constituya en un riesgo para presentar el asma (Sean, 2005). Existen dos problemas básicos en la interpretación de los efectos de la actividad física sobre el asma: Variabilidad entre los pacientes, pues existen diferentes estados de gravedad de la enfermedad que en unos permiten competir y en otros produce una incapacidad completa para el ejercicio por su gravedad; la segunda, es la variabilidad intrapaciente pues las exacerbaciones son diferentes y a esto se le suma la actitud y los aspectos psicológicos del paciente frente al ejercicio.

De todas maneras, se recomienda que el asmático realice actividad física. Clark sugiere que el entrenamiento físico en piscina climatizada supervisado médicamente puede producir cambios beneficiosos en el asmático (Clark, 1999, 68). El anterior es un concepto popular, incluso entre algunos médicos que lo recomiendan a sus pacientes, pero cuando se realizó una revisión de la literatura, se encontró una revisión sistemática ejecutada hasta mayo de 2005 (Ram, 2006), cuyo objetivo para el grupo investigador era tener un conocimiento mayor sobre los efectos del entrenamiento físico con pacientes asmáticos o con problemas respiratorios donde se excluyeron los pacientes con EPOC. Para el análisis de las investigaciones se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: El entrenamiento debía hacerse mínimo 2 – 3 veces por semana, con una duración de 20 a 30 minutos y que se hubiese realizado por lo menos en 4 semanas. De esta revisión, se pudo concluir que los diferentes estudios indican que la actividad física y la participación en el deporte son consideradas como componentes importantes en el manejo del asma, principalmente en niños y adolescentes. Sin embargo, la relación de la actividad física con el asma no ha sido investigada con tanta profundidad como los efectos del asma inducida por el ejercicio. Además, varios estudios sugieren una relación entre el asma y una pobre condición cardiorrespiratoria, y por lo tanto los programas de

actividad física para sujetos asmáticos mejoran la condición cardiorrespiratoria, la coordinación neuromuscular y la auto confianza, pero los resultados son bastantes variables pues hay dificultad para comparar los estudios debido a los diferentes protocolos de entrenamiento. Subjetivamente, muchos asmáticos reportan mejoría en la condición física pero las bases fisiológicas de esta percepción no han sido sistemáticamente investigadas. Estos trabajos también han reportado que la actividad física habitual incrementa la condición física, disminuye la ventilación minuto en ejercicio leve y moderado, y reducen igualmente las crisis de AIE. Puede también reducir la percepción de la disnea por medio de múltiples mecanismos, incluyendo el fortalecimiento de los músculos respiratorios. En la revisión también se encontraron 7 estudios que midieron el consumo máximo de oxígeno  $VO_2\text{max}$  - ml/kg/min, en los cuales se encontró un incremento significativo en los grupos que realizaban el entrenamiento en 4 investigaciones y cuya magnitud dependió del nivel inicial de la forma física y de su edad, concluyendo que un asmático responde en forma semejante a una persona sana.

Sin embargo, uno de los limitantes para realizar el ejercicio en niños y adolescentes asmáticos es el Asma Inducida por Esfuerzo (AIE), el cual ocurre entre el 70-80% de los que no reciben tratamiento anti-inflamatorio (Carlsen, 2002). Las crisis de AIE son provocadas por el incremento en la ventilación durante el esfuerzo, el cual no deja que se caliente y humedezca el aire que ingresa en las vías aéreas, produciendo pérdida de calor, incremento en la osmolaridad por la pérdida de agua y eventos vasculares asociados, lo cual desencadena la liberación de mediadores inflamatorios por parte de los mastocitos. Por lo tanto, no es sorprendente que los asmáticos sientan adversidad por el ejercicio e incluso cuando lo realizan, lo hacen a una intensidad limitada, y por lo tanto, hace que no sea posible tener un estímulo adecuado de entrenamiento para producir adaptaciones fisiológicas importantes. (Sánchez, 2007)

La natación es considerada frecuentemente el deporte de elección para asmáticos y para aquellos con una tendencia hacia el broncoespasmo por ejercicio debido a sus muchos factores positivos: un ambiente caluroso y húmedo. Al parecer, también la posición horizontal ayuda a movilizar el moco de la parte inferior de los pulmones, aparte de colaborar en la tonificación de los músculos superiores del cuerpo. Este es un hecho curioso, si partimos de la base que en muchos países hasta el momento actual no se orienta a los niños asmáticos a que practiquen algún deporte. Por lo anterior, algunos autores recomiendan que desde pequeños se debiera buscar una mejoría en la adaptación específica de los músculos respiratorios al ejercicio, mediante la realización de un trabajo de resistencia coordinado, como por ejemplo nadar (Ram, 2006). Sin embargo, aunque el manejo rutinario de ejercicio físico en los niños asmáticos es dificultoso, si se realiza una planificación cuidadosa de un programa de entrenamiento bajo supervisión médica, definido en términos de frecuencia, duración, intensidad, progresión y modo de actividad física el asmático puede mejorar (Cochrane, 1990). Se encontró también en la revisión sistemática (Ram, 2006) que han sido pocos los estudios que se dedican al entrenamiento específico en el agua con niños asmáticos, y ninguno de ellos menciona la posibilidad de la utilización de la piscina climatizada, como posible control de la pérdida de calor y humedad en las vías respiratorias.

Con las anteriores consideraciones y revisiones de trabajos, uno de los objetivos de este estudio fue verificar que, si controlando los desencadenantes del asma inducida por ejercicio, como la pérdida de la humedad y el calor, utilizando para el ejercicio una piscina climatizada, *Principio hidrodinámico de humidificación del aire* (Bird, 1982), y teniendo en cuenta para el entrenamiento un buen calentamiento y una vuelta a la calma de tipo prolongado, además del manejo del ejercicio en forma lúdica, se podría prevenir el asma inducida por ejercicio, y por

lo tanto lograr una mayor carga de entrenamiento en cuanto a tiempo del programa, duración de la sesión, e intensidad del ejercicio, que permitiera lograr adaptaciones fisiológicas que llevaran a una mejor condición aeróbica, demostrada por el incremento en máximo consumo de oxígeno en METS en la prueba de esfuerzo en banda rodante.

## **Materiales y Métodos**

Para la realización de la investigación, la cual se considera de tipo cuasiexperimental, se realizó una convocatoria pública de manera abierta en los medios de comunicación de la ciudad de Medellín (Colombia), dirigida especialmente a aquellas familias con niños asmáticos. Dicha convocatoria invitaba a una reunión donde se hizo una sensibilización respecto a las bondades esperadas del programa, quiénes podían participar y los compromisos de asistencia a los diferentes eventos. A la convocatoria asistieron 58 niños con sus respectivos padres.

El grupo investigador realizó dos selecciones hasta quedar con el número de niños a participar en la investigación. Un primer tamizaje fue una encuesta conjunta entre los padres y niños en la cual se preguntaba la edad, si había estado en algún programa de actividad física o deportiva en los últimos 6 meses, si sabía leer y escribir el niño, el grado de escolaridad, y si el asma era diagnosticada por un médico. La segunda selección se produjo a través de la evaluación por un médico especialista en Medicina Deportiva en donde se clasificaba el asma según la NHIBI/OMS (NHIBI/OMS, 1995), la madurez sexual (Tanner, 1962) y si el niño tenía trastornos músculo-esqueléticos o neuromusculares.

Después de aplicar ambos tamizajes quedaron sólo 22 niños, pues dentro de los criterios de exclusión estaban: que no se encontraran realizando ningún programa de ejercicio controlado en la actualidad ni 6 meses antes del estudio, y que no tuvieran ningún trastorno o patología músculoesquelética o neuromuscular que les impidiera realizar ejercicio. Además, que tuvieran edades entre los 6 y 12 años. La razón principal para elegir este rango de edad es que la evaluación del desarrollo puberal por Tanner fuera igual o menor que 2, para controlar que sus cambios en el máximo consumo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) no sucedieran por el hecho del incremento en el desarrollo muscular y cardiorrespiratorio que sucede durante la pubertad. Otra razón secundaria, no menos importante, es que los niños tuvieran 6 o más años, puesto que los menores de esta edad muestran atención dispersa y a veces poca colaboración por su etapa de desarrollo. No era necesario que supieran nadar pues el entrenamiento con agua climatizada se realizó en una piscina con una profundidad no mayor de un metro. Así, las condiciones de trabajo aeróbico fueron similares en todos los niños, debido a que la mayor parte de la duración del programa fue encaminada al desarrollo aeróbico y en menor medida al dominio del medio acuático.

Los 22 niños, se dividieron al azar en grupo experimental (GE) y grupo control (GC) de 11 niños cada uno. A ambos grupos se le realizaron pruebas de esfuerzo en banda rodante con incremento gradual del 2% de inclinación cada 2 minutos y 0.5 millas por hora de velocidad cada 4 minutos, hasta llegar a la fatiga. Esta prueba se realizó tanto al inicio de la investigación como al finalizar el entrenamiento físico en piscina climatizada (EFPC), con supervisión médica. Durante la prueba de esfuerzo se monitorizaba la frecuencia cardíaca, y se estimulaba al niño para que realizara el esfuerzo hasta llegar a la fatiga, donde se obtenía la frecuencia cardíaca máxima (FCM) y el máximo consumo de oxígeno en METS, obtenido al multiplicar estos por 3,5 ml de oxígeno/Kg/minuto. (Gómez, 2001)

El GC mantuvo sus actividades cotidianas, y se logró el compromiso de los padres y de los niños de este grupo para la no participación en programas de ejercicio o deporte en esas 18 semanas que duró el EFPC. Al igual que al GE, se le controlaba periódicamente por el médico y se les citaba para capacitaciones sobre prevención de las crisis asmáticas, junto con sus padres. El GE realizó el entrenamiento físico en piscina climatizada a temperaturas entre 29° a 32° centígrados, durante 18 semanas con una frecuencia de 3 veces por semana y una hora de duración (un total de 54 sesiones en cada uno de los niños del GE). Aunque en los adultos es suficiente 12 semanas para llegar a las adaptaciones fisiológicas e incremento de su capacidad aeróbica, en los niños se recomienda hasta 16 semanas (Martínez, 1996). En este estudio se prolongó la duración del EFPC a 18 semanas, pues se consideró que al trabajar con niños se requiere de un periodo inicial de adaptación más largo y más aún cuando son actividades en el agua donde algunos niños están temerosos. Las sesiones del EFPC se diseñaron con juegos y actividades lúdicas, para facilitar la participación, la motivación y realización de los ejercicios, pues se consideró que era la mejor manera para que los niños no desertaran y además pusieran el mejor empeño posible en el ejercicio, en un programa de larga duración. Cada sesión tenía 3 etapas: calentamiento de 10 minutos, central de 35 minutos y vuelta a la calma de 10 minutos. En la etapa de calentamiento se hacía énfasis en ejercicios respiratorios, como soplar bolas de tenis de mesa, movilidad articular y juegos para aumentar la temperatura como: ejercicios motrices, percepción del espacio y tiempo, saltar la cuerda y trote suave alrededor de la piscina. En la etapa central, se enseñaban algunas destrezas natatorias básicas, fortalecimiento de miembros inferiores y superiores utilizando su propio cuerpo, ejercicios de resistencia dentro de la piscina por medio de juegos, pero con pausas activas para que mantuvieran una intensidad entre el 65-80% de la frecuencia cardiaca máxima. En la etapa final una vuelta a la calma igualmente prolongada donde se hacían actividades de relajación, estiramiento y nuevamente ejercicios respiratorios en el agua. La intensidad del ejercicio se controló en cada niño por percepción del esfuerzo con la escala de Borg modificado (Mahler, 1994) y se monitorizaba la frecuencia cardiaca (FC) con un monitor Polar A3® (Finlandia). En los niños todavía no hay convención con respecto a la intensidad adecuada para el entrenamiento aeróbico. Lo que sugiere el COI (Comité Olímpico Internacional), es que se debe trabajar a intensidades semejantes a las del adulto joven (20 años), proponiendo que se deben entrenar a pulsaciones cercanas a 170 por minuto, es decir, cerca a la zona del umbral anaeróbico, para obtener un incremento del VO<sub>2</sub>max. Por esta razón, se procuró mantener durante el calentamiento frecuencias cardiacas no mayores de 120 pulsaciones por minuto (< 60% de la frecuencia cardiaca máxima FCM) y durante la etapa central rangos entre 130 – 170 pulsaciones por minuto (65-80% de la FCM), para terminar en la fase de vuelta a la calma con frecuencia cardiaca no mayor de 120 pulsaciones por minuto (Martínez, 1996). La participación de los padres era muy activa pues se formaron con anterioridad sobre la importancia de que los niños mantuvieran la frecuencia cardiaca en los rangos establecidos, y por ello ayudaron a llenar la planilla de cada uno de los niños en la cual se anotaban los valores de las frecuencias cardiacas y de Borg. Estas mediciones se realizaban por lo menos 2 veces en el calentamiento, 7 en la etapa central y 2 en la vuelta a la calma. Es decir, aproximadamente cada 5 minutos, con lo cual se aseguró que los niños se mantuvieran en los rangos de frecuencia cardiaca entre 65-80% de la FCM y entre 4-7 de la escala de Borg. Como uno de los objetivos de la investigación era observar si la realización del ejercicio en el medio acuático climatizado podría evitar que el niño desencadenara una crisis de asma inducida por ejercicio, a los niños del GE no se les inhaló con beta 2 adrenérgicos previamente al ejercicio y se les realizó mediciones de pico-flujo con flujómetro personal, antes y después de cada sesión del EFPC en las instalaciones de la piscina. El pico flujo corresponde al flujo máximo conseguido durante una maniobra de espiración forzada, antes

de haber expulsado el 15% de la capacidad vital forzada (FVC). Estos valores también se anotaron en la planilla de cada niño con ayuda de sus padres y los investigadores los motivaban y controlaban si la maniobra se hacía correctamente. Esto se utilizó para valorar la velocidad con la cual salía el aire espirado y determinaba si presentaba broncoespasmo. Los motivos por los cuales se prefirió el flujómetro en vez del espirómetro son los siguientes: es un instrumento sencillo de transportar y no necesita estar conectado a la corriente eléctrica, ya que las sesiones de ejercicio se realizaban en una piscina abierta y las mediciones se hacían cerca de ella. Además, era más seguro pues con los niños mojados se tenía el peligro de corto circuito y una descarga eléctrica a los niños, por estar conectado a una toma de energía. En este orden de ideas, a los 11 niños del GE se les realizó dos mediciones de pico flujo por cada sesión y fueron en total de 54 sesiones, el uso de un solo espirómetro incrementaría en forma importante los costos del estudio y el tiempo para hacer dichas mediciones, las cuales se realizaron niño por niño. Por el contrario, como cada niño tenía su propio flujómetro, las mediciones se realizaron en forma simultánea. El pico-flujo se medía nuevamente tres minutos después de terminar la sesión de EFPC, para detectar si mostraba crisis de asma inducida por esfuerzo, la cual se diagnosticaba si presentaba una reducción del 10% o más en el valor del pico flujo previo al ejercicio (Kyle, 1994). Para controlar el sesgo que puede ocurrir cuando se mide con flujómetro, ya que se necesita que el niño realice la maniobra correctamente, un médico especialista en Medicina Deportiva, que estuvo siempre en las sesiones de entrenamiento, verificaba clínicamente los hallazgos compatibles con broncoespasmo: disnea, sibilancias y retracciones intercostales. A los niños que presentaron estas crisis se inhalaban con un agonista beta 2 adrenérgico inmediatamente y eran manejados por el médico. Si no mejoraban a los 10 minutos, se les remitían a un centro hospitalario. Se contabilizaban el número de veces que presentaban trastornos en el pico flujo y asma inducida por esfuerzo comprobada clínicamente por el médico.

Para este estudio se tuvieron en cuenta los siguientes factores que recomiendan otros autores (Wardell, 2000): Evaluación médica que soporte el estado de salud y la medicación de rutina, realizar un calentamiento y una vuelta a la calma de manera prolongada y realizar ejercicios respiratorios como la maniobra de los labios fruncidos antes de empezar el acondicionamiento. Lo novedoso de este estudio es que las actividades se realizaron en una piscina climatizada para controlar la pérdida de la humedad y el enfriamiento de las vías aéreas en el niño, y así tratar de evitar el AIE, para poder realizar la carga de entrenamiento adecuada, con el objetivo de observar los cambios en la capacidad aeróbica comparados con el GC.

## **Resultados**

En la tabla 1 se muestran los resultados sobre las variables máximo consumo de oxígeno en METS (METS máximo) y FCM, al inicio y al término del experimento en cada uno de los 11 niños que hacen parte del grupo experimental (GE), así como de los que conforman el grupo control (GC). Igualmente, se dan los resultados de las diferencias sobre las dos variables en los dos grupos.

Tabla 1. Matriz de Datos.

Obs	Grupo Experimental						Grupo Control					
	METS Máximo			FRECUENCIA CARD. Máxima			METS Máximo			FRECUENCIA CARD. Máxima		
	Antes	Después	Después-Antes	Antes	Después	Después-Antes	Antes	Después	Después-Antes	Antes	Después	Después-Antes
1	9.4	21.8	12.4	152	200	48	10.4	14.3	3.9	153	179	26
2	13.6	21.3	7.7	183	187	4	9.4	10.4	1	155	144	-11
3	7.8	13.3	5.5	162	181	19	10.4	11.7	1.3	152	166	14
4	12.3	21.3	9	177	197	20	9.4	11.7	2.3	181	175	-6
5	12.3	19.9	7.6	158	182	24	9	12.8	3.8	171	197	26
6	13.5	15	1.5	164	156	-8	16.1	19.3	3.2	169	195	26
7	12.8	19.9	7.1	145	198	53	10.4	12.8	2.4	165	183	18
8	7.4	11.7	4.3	148	178	30	10.4	10.4	0	152	157	5
9	14.2	19.3	5.1	187	189	2	10.4	11.7	1.3	154	144	-10
10	12.1	13.9	1.8	170	186	16	12.8	9.4	-3.4	179	164	-15
11	12.3	23.4	11.1	170	209	39	12.8	15.6	2.8	145	166	21

Las tablas 2 y 3 contienen los resultados de algunos indicadores estadísticos de posición, de variabilidad y de forma distribucional, observados en los dos momentos de medición, así como los correspondientes a la diferencia en los dos grupos de estudio para cada una de las dos variables.

Tabla 2. Estadísticas Resumen para METS máximo y Frecuencia Cardiaca máxima en el grupo experimental según antes, después y diferencia.

Estadísticas	GRUPO EXPERIMENTAL					
	METS máx.			FRECUENCIA CARDIACA máx.		
	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia
Frecuencia	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
Media	11,61	18,25	6,65	165,09	187,55	22,45
Mediana	12,30	19,90	7,10	164,00	187,00	20,00
Moda	12,30			170,00		
Desviación típica	2,33	4,01	3,46	13,85	14,07	19,14
Mínimo	7,40	11,70	1,50	145,00	156,00	-8,00
Máximo	14,20	23,40	12,40	187,00	209,00	53,00
Rango	6,80	11,70	10,90	42,00	53,00	61,00
Primer cuartil	9,40	13,90	4,30	152,00	181,00	4,00
Tercer cuartil	13,50	21,30	9,00	177,00	198,00	39,00
Asimetría tipificada	-1,38	-0,70	0,10	0,15	-1,12	0,16
Curtosis tipificada	-0,21	-0,93	-0,39	-0,68	1,16	-0,48
Coef. de variación	20,10%	21,99%	52,10%	8,39%	7,50%	85,25%

Tabla 3. Estadísticas Resumen para METS máximo y Frecuencia Cardiaca máxima en el grupo control según antes, después y diferencia.

Estadísticas	GRUPO CONTROL					
	METS máx.			FRECUENCIA CARDIACA máx.		
	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia
Frecuencia	11	11	11	11	11	11
Media	11,05	12,74	1,69	161,46	170,00	8,55
Mediana	10,40	11,70	2,30	155,00	166,00	14,00
Moda	10,40	11,70	1,30	152,00		26,00
Desviación típica	2,08	2,81	2,08	12,12	17,94	16,41
Mínimo	9,00	9,40	-3,40	145,00	144,00	-15,00
Máximo	16,10	19,30	3,90	181,00	197,00	26,00
Rango	7,10	9,90	7,30	36,00	53,00	41,00
Primer cuartil	9,40	10,40	1,00	152,00	157,00	-10,00
Tercer cuartil	12,80	14,30	3,20	171,00	183,00	26,00
Asimetría tipificada	2,22	1,82	-2,05	0,63	0,02	-0,42
Curtosis tipificada	1,83	1,39	2,02	-0,80	-0,54	-1,23
Coef. de variación	18,86%	22,07%	123,02%	7,51%	10,55%	192,03%

Al observar las dos tablas, se encontró que los promedios del GE y del GC son similares en el momento antes en las variables METS y FCM. (METS: GE  $11.61 \pm 2.33$  DS, GC  $11.05 \pm 2.08$  DS; FCM: GE  $165.09 \pm 13.85$  DS, GC  $161.46 \pm 12.12$  DS).

Estadísticamente no hay diferencia en los promedios de ambos grupos sobre las dos variables, de acuerdo al análisis de varianza realizado y presentados en las tablas 4 y 5.

Para la variable METS máximos, el valor de P de la prueba fue de 0.5568 y de 0.5198 para la frecuencia cardiaca máxima. Las figuras 1 y 2 corroboran la similitud distribucional entre los grupos.

Tabla 4. Análisis de Varianza para METS máximo (antes) según el tipo de grupo.

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,74727	1	1,74727	0,36	0,5568
Intra grupos	97,8364	20	4,89182		
Total (Corr.)	99,5836	21			

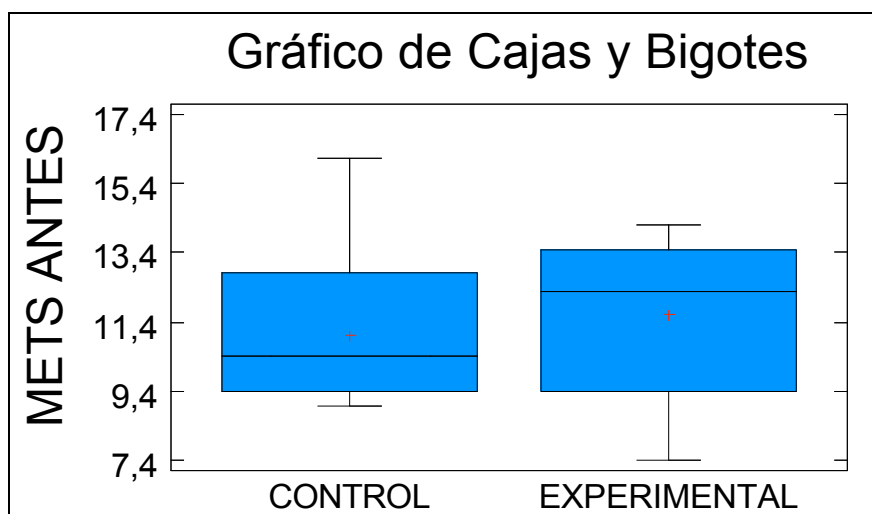


Figura 1. Diagrama de Cajas y Bigotes para METS máximo (antes) según el tipo de grupo.

Tabla 5. Análisis de Varianza para la Frecuencia Cardiaca máxima (antes) según el tipo de grupo.

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	72,7273	1	72,7273	0,43	0,5198
Intra grupos	3387,64	20	169,382		
Total (Corr.)	3460,36	21			

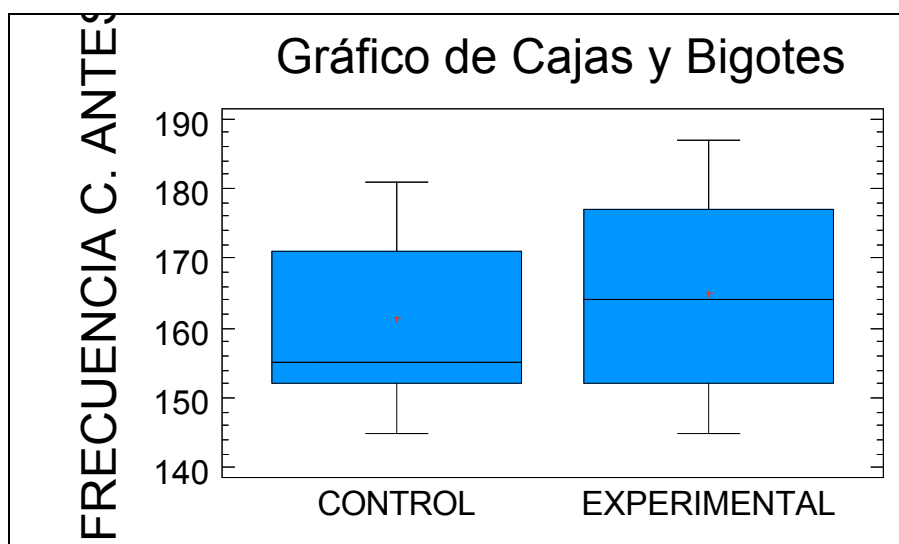


Figura 2. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Frecuencia Cardiaca máxima (antes) según el tipo de grupo.

Para analizar los resultados del efecto del experimento es necesario considerar las observaciones como apareadas, lo que conlleva el cálculo de las diferencias. Los resultados sobre el promedio y la desviación en los dos grupos considerando el cambio observado en cada niño en las dos variables, permiten decir que ya no hubo similitud entre los dos grupos

en términos del promedio aritmético presentándose mejores resultados en el GE en ambas variables.

La hipótesis nula de que el entrenamiento en piscina climatizada no diferencia al GE del GC se rechaza categóricamente cuando se considera la variable METS máximo, (METS GE  $6.65 \pm 3.46$  DS) pues el valor P de la prueba F, en el análisis de varianza, fue de 0.0006 (ver tabla 6 y figura 3).

Tabla 6. Análisis de Varianza para la diferencia entre después y antes en el METS máximo según el tipo de grupo.

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	G1	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	135,011	1	135,011	16,55	0,0006
Intra grupos	163,156	20	8,15782		
Total (Corr.)	298,168	21			

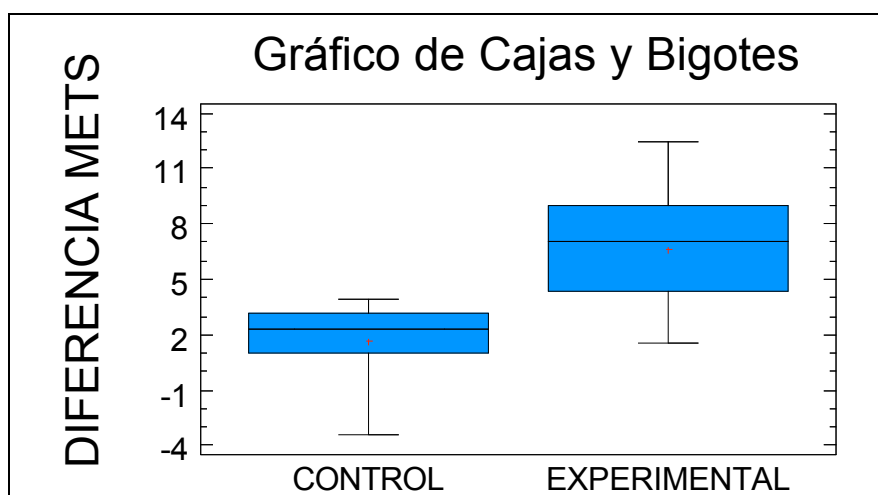


Figura 3. Diagrama de Cajas y Bigotes para la diferencia entre después y antes en el METS máximo según el tipo de grupo.

Desde el punto de vista estadístico se percibe también una leve superioridad en el grupo experimental cuando se analizan los resultados en la variable frecuencia cardiaca máxima, (FCM: GE  $22.45 \pm 19.04$  DS) pues el valor P de la prueba F en el análisis de varianza fue de 0.08 inferior a 0.10, valor a partir del cual definitivamente no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de los promedios. (Ver tabla 7 y la figura 4).

Tabla 7. Análisis de Varianza para la diferencia entre después y antes en la Frecuencia Cardiaca máxima según el tipo de grupo.

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	G1	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1064,05	1	1064,05	3,35	0,0823
Intra grupos	6357,45	20	317,873		
Total (Corr.)	7421,5	21			

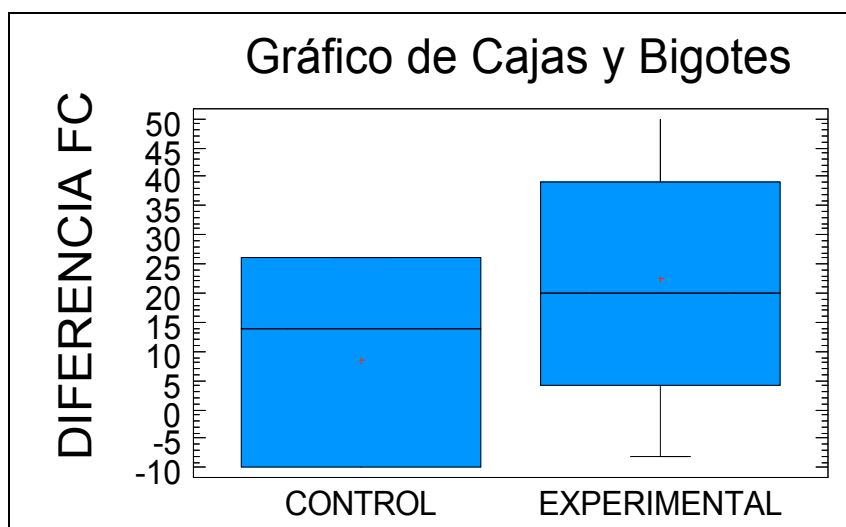
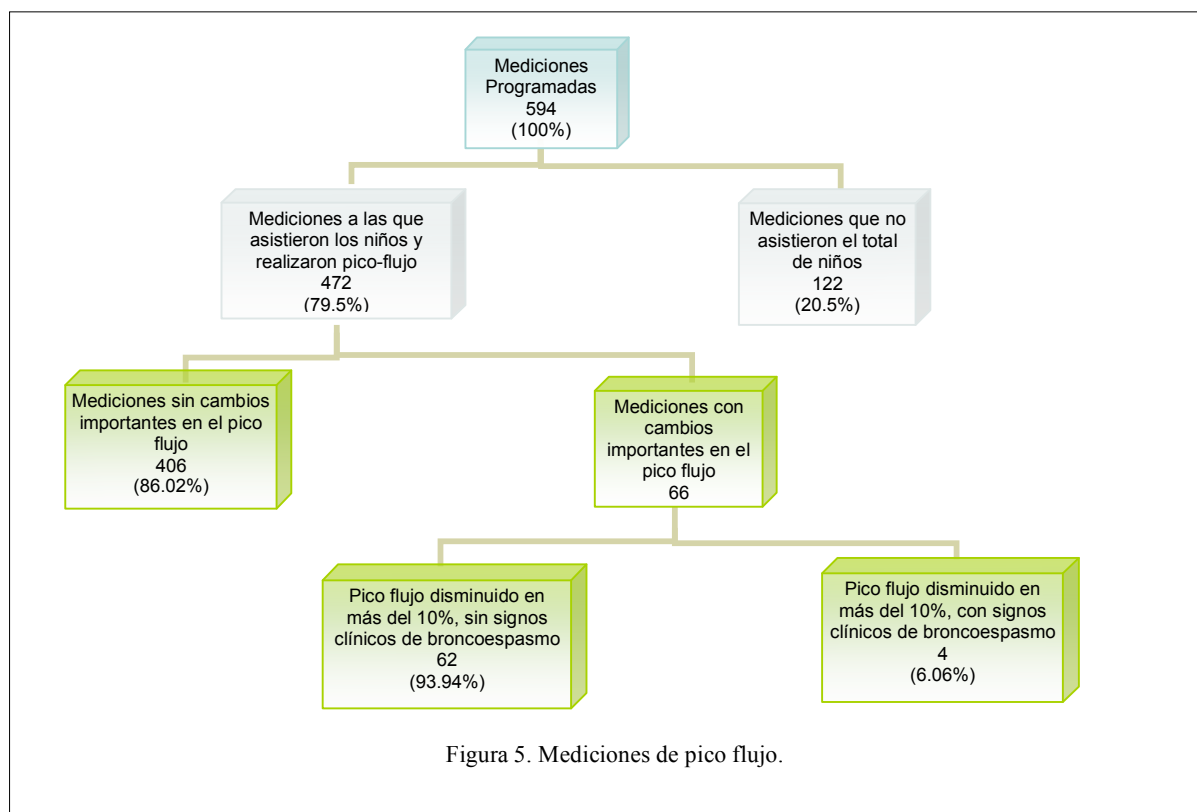


Figura 4. Diagrama de Cajas y Bigotes para la diferencia entre después y antes en la Frecuencia Cardiaca máxima según el tipo de grupo

Así pues, desde el punto de vista estadístico, es evidente el beneficio que tiene “el entrenamiento físico en piscina climatizada de niños con asma, en edades entre 6 y 11 años”, pues los agrupados en el GE al inicio del experimento no se diferenciaron de los que hicieron parte del GC, y sí se diferenciaron positivamente al final, y de manera contundente, sobre la variable METS y un poco menos evidente sobre la variable FCM. La no total evidencia sobre esta última variable, invita a realizar una investigación con un número mayor de niños para confirmar la hipótesis del beneficio del tratamiento realizado.

La similitud de resultados en la desviación, por otra parte, dice que la investigación se desarrolló utilizando el protocolo establecido de manera adecuada, pues no se realizaron intervenciones que provocaron cambios disímiles en los niños.

Otro análisis importante es aquel que se realizó con el GE sobre las mediciones de pico flujo, las cuales se calcularon de la siguiente forma: el GE integrado por 11 niños con los cuales se realizaban 3 sesiones semanales durante 18 semanas, sumaron un total de 594 sesiones (100%). Pero debido a que algunos niños faltaban a algunas sesiones porque estaban enfermos o por otras situaciones, en realidad se realizaron 472 mediciones de pico flujo (79.5%). De estas 472, 406 mediciones (86.02%) no presentaron ningún tipo de problema al finalizar la sesión de entrenamiento; en otras palabras, la medición del Pico Flujo al final no disminuyó a más del 10% de la medición inicial y sólo en 66 mediciones (13.98%) presentaron una disminución del pico flujo mayor del 10%. Pero de estas últimas, sólo en 4 mediciones (6.06%) se demostró clínicamente broncoespasmo evaluado por el médico. Ver figura 5.



## Discusión

En la revisión sistemática acerca de los efectos del entrenamiento físico sobre el asma (Ram, et al, 2000) se mencionan 5 estudios que muestran incrementos en la capacidad aeróbica con promedio de 5.57 ml/kg/min (3.94 a 7.19), lo que sugiere que la respuesta al entrenamiento en los sujetos asmáticos es similar a la de los sujetos sanos (Robinson, et al, 1992). Es de hacerse notar que en este estudio el incremento fue mucho mayor sí se tiene en cuenta que la diferencia entre los promedios del después menos el antes en el GE fue de 6.65 METS ( $p < 0.05$ ). Por otro lado, el GC mejoró también, aunque en menor magnitud en 1.69 METS, a pesar de que este último grupo no realizó actividad física diferente al de sus actividades normales. Lo anterior puede sugerir que por el crecimiento y maduración que presentan los niños en estas edades cercanas a la pubertad, su capacidad aeróbica pudo incrementarse en los 4 meses del estudio, a pesar de que se trató de controlar este incremento fisiológico de la capacidad aeróbica, excluyendo del estudio niños con un Tanner mayor de 2. Sin embargo en el GE había 5 niños y en el GC 2 niños con edades entre los 10 a 12 años, los cuales podrían mostrar incrementos importantes del  $VO_{2max}$ , a pesar de su Tanner infantil, debido a su alta tasa de crecimiento en estas edades. Otra posibilidad del incremento del  $VO_{2max}$  en ambos grupos es que a estos niños no se les había realizado previamente pruebas de esfuerzo máximas y, por lo tanto, no tenían una concepción clara de lo que significa el esfuerzo máximo y necesitaban ser estimulados para que realizaran una prueba máxima, pues a menudo querían ponerle fin antes de su agotamiento fisiológico. Esta es una de las razones por las cuales algunos autores recomiendan hacer 2 pruebas para determinar el  $VO_{2max}$  en niños (Docherty, 1996). Es posible que en la prueba inicial haya pasado lo mencionado anteriormente y para la segunda prueba o al finalizar el estudio, los niños por su experiencia previa se exigieron más y llegaron al agotamiento fisiológico.

Otros autores plantean que la pobre condición física de los asmáticos solo es debida a estilos de vida sedentaria y a su inseguridad para realizar actividad física por miedo al AIE y no por alguna limitación en la capacidad cardiopulmonar. (Ambrosetti, 2000; Zhao, 2000). Lo que es claro en este estudio es que aunque ambos grupos incrementan el máximo consumo de oxígeno en METS, en el GE fue muy superior este aumento. Por lo anterior, la actividad física y la participación en el deporte es considerada como componente importante del manejo del asma principalmente en niños y adolescentes, e incluso varios estudios han sugerido una relación entre el asma y una pobre condición cardiorrespiratoria (Sean et al., 2005, 929). Los programas de actividad física para sujetos asmáticos mejoran la condición cardiorespiratoria, la coordinación neuromuscular y la auto confianza, pero los resultados de dichos programas son variables y esto dificulta la comparación debido a los diferentes protocolos de entrenamiento. Subjetivamente, muchos asmáticos reportan mejoría en la condición física pero las bases fisiológicas de esta percepción no han sido sistemáticamente investigadas. Sin embargo se ha reportado que la actividad física habitual de por lo menos 3 veces por semana y mínimo 30 minutos de duración, como lo planteamos en este estudio, incrementa el  $VO_{2max}$ , disminuye la ventilación minuto en ejercicio submáximo, incrementa la ventilación expiratoria máxima en 6.0 L/min, reduciendo las crisis de AIE. Puede también reducir la percepción de la disnea por medio de múltiples mecanismos incluyendo el fortalecimiento de los músculos respiratorios. (Ram, 2005).

Típicamente el entrenamiento físico no produce efectos sobre la frecuencia cardiaca máxima (Ram, 2000), puesto que esta depende principalmente de la edad y no del nivel de entrenamiento (López, 2006). Sin embargo en este estudio se encontró un incremento en la FCM en ambos grupos, pero mucho más en el GE, como se puede observar en la Figura 4. Otros estudios han encontrado también incrementos en la FCM después del entrenamiento. (Ahmaidi, 1993) (Cochrane, 1990; Fitch, 1986). Esto sugiere que los factores cardiacos no limitan el ejercicio antes del entrenamiento y que otros factores como la disnea y debilidad muscular, los cuales son mecanismos no cardiovasculares, podrían terminar la prueba de esfuerzo inicial antes de que la FCM verdadera sea alcanzada. En este orden de ideas, es posible que con el entrenamiento combinado de fuerza y resistencia los niños, al mejorar su condición muscular, puedan realizar un ejercicio más prolongado que les permita desarrollar su máximo potencial cardiovascular.

Con respecto a la utilización del agua para realizar el entrenamiento, otros autores corroboran la importancia desde el punto de vista fisiopatológico de deportes menos asmogénicos que tengan condiciones de calor y humedad adecuado como la natación. (Cypcar, 1994).

Si bien el medio acuático es recomendado, la climatización de la piscina no es mencionada por los autores encontrados en la revisión sistemática que se realizó en las siguientes bases de datos: MEDLINE, EMBASE, THOMSON GALE, SPORTDISCUS y CURRENT CONTENTS INDEX desde 1949 hasta 2005, encontrándose un total de 455 estudios sobre el entrenamiento físico en asmáticos (Ram, 2000). Entre los estudios revisados hay varios que utilizan la natación como forma de entrenamiento, pero ninguno nombra un entrenamiento físico en piscina climatizada como medio de prevención de AIE. El único que se aproxima es un estudio realizado en Japón (Kurabayashi, 1997) en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), donde utilizaban una piscina a 38° C con agua de manantial para realizar un programa de ejercicios, obteniendo mejoría en parámetros espirométricos pero no mencionan si se disminuían las crisis de broncoespasmo.

En este estudio se encontró que sólo en el 6.06% de las mediciones con el GE ocurrió el AIE, demostrado clínicamente por el médico. No se tuvo en cuenta aquellos niños cuyo valor en el pico flujo se reducía más del 10% del valor inicial, pero que en el examen del médico no presentaban disnea, retracciones, ni sibilancias, pues es posible que esta reducción haya sido por una inadecuada maniobra en el pico flujo por parte del niño, lo que puede producir error en el resultado y dar falsos positivos. En este orden de ideas, es posible que al disminuir la posibilidad de presentar AIE, por la utilización de la piscina climatizada, haya permitido un mayor estímulo de entrenamiento y por ende una mayor ganancia de la capacidad aeróbica en los niños asmáticos.

### **Conclusión**

De acuerdo con los hallazgos hubo un incremento considerable de la capacidad aeróbica en el GE con el EFPC, comparado con el GC; igualmente sugerimos que realizar ejercicio en una piscina climatizada puede ser un factor preventivo para tener en cuenta y evitar las crisis inducidas por esfuerzo durante el entrenamiento, permitiendo una mayor intensidad y por ende un mayor estímulo para lograr una mejor capacidad aeróbica. Dado el carácter descriptivo que tiene la investigación con respecto al AIE, se recomienda la implementación de futuras investigaciones de tipo cuasiexperimental que posibiliten pruebas específicas para el diagnóstico del AIE con un grupo control al cual se le realice ejercicio en seco, y así poder determinar si el entrenamiento en agua climatizada es más efectivo y de menor riesgo para producir el AIE.

#### *Agradecimientos*

Al Politécnico Colombiano JIC por su financiación. A la Liga de Natación de Antioquia, especialmente a Javier Gómez Restrepo. A la institución prestadora de servicios IPS universitaria. Al médico Jorge Osorio Ciro coordinador y a los estudiantes del postgrado de medicina deportiva de la Universidad de Antioquia.

### **Bibliografía**

- Ahmaidi, S. B.; Varray A. L.; Savy-Pacaux A.M., et al. (1993). Cardiorespiratory fitness evaluation by the shuttle test in asthmatic subjects during aerobic training. *Chest*, 103, pp 1135-1141
- Ambrosetti, M. (2000). Exercise training in asthma. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol 40.
- Arévalo, M.; Reyes, M.; Victoria, L. et al. (2003). Asma y rinitis alérgica en pre-escolares en Cali. *Colombia Medica*, 34.
- Bird, B; Warren, S; y Lighthfoot, E. (1982). Fenómenos de transporte. *Transporte de interfase de varios componentes*. 21.1-21.45, Reverte SA, Barcelona
- Carlsen, K.(2002). Exercise Induced asthma. *Paediatric Respiratory Reviews*, 3, pp 154-160.
- Clark, C.; Cochrane. L., y Lorna. M. (1999). Physical activity and asthma. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 5, 68.
- Cochrane, L.M. & Clark, C. (1990). Benefits and problems of a physical training programme for asthmatic patients. *Thorax*, 45, pp 345-351.

- Comunicación del Workshop Nhibi/Oms. (1995). *Estrategia global para el tratamiento y prevención del asma*. NIH publication N° 02-3659. recuperado el 1 de Julio de 2007, en <http://www.ginasthma.com>
- Cypcar, D. et al. (1994). Asthma and Exercise. En: WEISMAN Idelle, & ZEBALLOS, Jorge (eds.). *Clinical Exercise Testing. Clinics in Chest Medicine*, 15 (2), pp 259-269.
- Dennis, R.; Caraballo, L.; García, E. et al. (2001). Prevalencia de asma y otras enfermedades alérgicas en Colombia. Resultados preliminares en Santa Fe de Bogotá. *Revista de Neumología*, 18.
- Docherty, D. (1996). Testing Aerobic Power, Capacity and Performance. En: Obed Bar-Or. (ed.) *The Child and Adolescent Athlete. Internacional Olympic Comité* (pp 573-601), Barcelona, Panamericana
- Equipo Respirar. El Asma, la epidemia del siglo 21. . [consultado el: 24 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.respirar.org/epidemia/index.htm>
- Fitch KD; Blitvich JD; Morton AR. (1986). The effect of running training on exercise-induced asthma. *Ann Allergy*, 57, pp 90-94
- Gómez, J.(2001). Eclecticismo en la valoración del VO2. En: [http://www.efdeportes.com/Revista Digital - Buenos Aires - Año 7 - N° 42 - Noviembre de 2001](http://www.efdeportes.com/Revista_Digital_-_Buenos_Aires_-_Año_7_-_Nº_42_-_Noviembre_de_2001).
- Kyle, J. (1994). Medicina deportiva. Síndromes pulmonares inducidos por ejercicio. *Clín. Med. North*, 2, pp 425-433. Interamericana
- Kurabayashi, H; Kubota, K; Machida, I. et al. (1997). Effective Physical Therapy For Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Pilot Study Of Exercise In Hot Spring Water. *Am J Phys Med Rehabil*, 76, pp 204-207.
- López J.; Fernández A. (2006). Fisiología del ejercicio. En: Fernández A. Respuesta cardiaca al ejercicio. 3° Edición. Editorial médica Panamericana. Madrid- España. Páginas 321-330. (327)
- Mahler, D. & Horowitz, M. (1994). Clinical Evaluation of Exertional Dysnea: *Clinical Exercise Testing. Clinics in Chest Medicine*, 15, pp 259-269.
- Martínez, C.P. (1996). Desarrollo de la resistencia en el niño. La resistencia en el medio escolar. En Martínez, P. (Eds.), *Ejercicio físico en niños; Entrenamiento deportivo infantil; Resistencia física*. (pp. 53 - 86).España: Inde Publicaciones.
- Ram, F.S.F.; Robinson, S.M.; Black, P.N.; Picot, J. The Cochrane Database of Systematic Reviews. Physical training for asthma. The Cochrane Library, Copyright 2006, The Cochrane Collaboration Volume (1), 2006.
- Ram, F.S.F.; Robinson, S.; Black, P., & Picot J. (2005). Physical training for asthma. *Cochrane Database Syst Rev*, Oct 19; 4:CD001116
- Ram, FSF; Robinson, SM; Black P. (2000). Effects of physical training in asthma: a systematic review. *Br J Sports Med*, 34, pp 162-167
- Robinson, D.M.; Egglestone, D.M.; Hill, P.M. et al. (1992). Effects of a physical conditioning program on asthmatic patients. *N Z Med Journal*, 105, pp 253-256
- Sánchez, J. (s.f) Importancia del ejercicio físico en el paciente respiratorio crónico. fisioterapia respiratoria frente al broncospasmo inducido por el ejercicio, recuperado el 24 de Junio de 2007, en [http://www.uib.es/congres/fr/importancia\\_del\\_ejercicio\\_fisico.htm](http://www.uib.es/congres/fr/importancia_del_ejercicio_fisico.htm)
- Sean, R.L.; Thomas, A.; Platts-Mills, E, (2005). Physical activity and exercise in asthma: Relevance to etiology and treatment. *Journal Allergy Clin Immunol*, 115, pp 928-934.

Soto, M.M., y Soto, Q., M. (2004). Epidemiología del asma en Costa Rica. *Rev. méd. Hosp. Nac. Niños*, 39, 42-53.

Tanner, J. (1962). Growth at adolescence with a general consideration of the effects of hereditary and environmental factors upon growth and maturation from birth to maturity (2da ed). Oxford : Blackwell, Scientific Publications

The Cochrane Database of Systematic Reviews. (2006). Physical training for asthma. *The Cochrane Library*, The Cochrane Collaboration, Vol. 1

Wardell, C. & Isbister, C. (2000). *A Swimming program for children with asthma. ¿Does it improve their quality of life?*, 173, pp 647-648.

Zhao, X.; Lin, Y. (2000). The practicability of increasing exercise tolerance in mild to moderate asthmatic patients. *Zhonghua Jie He Hu Xi Za Zhi*, 23 (6) pp 332-335