

---

---

## **Volúmenes pulmonares en hombres sanos no fumadores en Maracaibo, Venezuela.**

*Gilbert R. Corzo-Alvarez.*

Instituto de Medicina del Trabajo e Higiene Industrial, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

**Palabras clave:** Volúmenes pulmonares, ecuaciones de predicción, valores de referencia.

**Resumen.** La significativa aplicabilidad de las pruebas para medir los volúmenes pulmonares impone la necesidad de manejarlas frecuentemente, lo cual implica comparar los valores registrados para los parámetros de función pulmonar con valores predichos o de referencia, que se obtienen mediante ecuaciones derivadas de estudios en población sana. Se determinó la Capacidad Vital Lenta (SVC), Capacidad Inspiratoria (IC), Capacidad Residual Funcional (FRC), Volumen Residual (RV), Capacidad Pulmonar Total (TLC) y las características físicas, en 50 hombres sanos, no fumadores, con edades entre 17 y 63 años, para deducir ecuaciones de predicción. Las pruebas funcionales se realizaron mediante la técnica de respiración múltiple y Dilución de Helio, utilizando un Analizador de Función Pulmonar Spinnaker TL. Las ecuaciones de predicción se determinaron por análisis de regresión múltiple escalonada, que permitió incluir las variables que agregan predicción con significación estadística (95% de certeza), obteniéndose para SVC:  $R=0,853$ ,  $EEE=0,350$  lts; IC:  $R = 0,822$ ,  $EEE = 0,296$  lts; FRC:  $R= 0.843$ ,  $EEE=0,326$  lts; RV:  $R= 0.891$ ,  $EEE=0,153$  lts y TLC:  $R=0.883$ ,  $EEE=0,458$  lts. El análisis de varianza (ANOVA) para cada uno de los modelos de regresión de los parámetros estimados, resultó altamente significativo ( $p < 0,00001$ ). Se consideró el percentil 5% como el límite inferior del volumen establecido como valor normal. El cálculo del percentil 5%, determinó para la SVC=3,59 lts; IC=2,47 lts; FRC=2,14 lts; RV=1,26 lts y TLC=4,88 lts. Estos valores pueden representar los niveles por debajo de los cuales las pruebas se consideran disminuidas. Valores iguales o mayores se pueden considerar "normal" para cada uno de los parámetros estudiados. Las ecuaciones de predicción para la SVC, IC, FRC, RV, y TLC pueden ser utilizadas con validez y alta confiabilidad para calcular volúmenes pulmonares estáticos de referencia en nuestra población ( $p < 0,00001$ ).

---

## **Lung volumes in non-smoker healthy men in Maracaibo, Venezuela.**

*Invest Clin 1998; 39(1): 3-17.*

**Key words:** Lung volumes, prediction equations, reference values.

**Abstract.** The significant applicability of the tests to measure lung volumes makes it necessary to handle them frequently and this implies the comparison of the registred values for lung function parameters with predicted or referential values which are obtained via derivate equations of healthy population studies. The Slow Vital Capacity (SVC), Inspiratory Capacity (IC), Functional Residual Capacity (FRC), Residual Volume (RV), Total Lung Capacity (TLC) and the physical characteristics, were measured in 50 healthy men, non smokers, with ages between 17 and 63 years, in order to deduct prediction equations. The functional tests were performed by means of the multiple respiratory technique and Helium Dilution, using a Spinnaker TL Lung Functions Analyzer. Stepwise multiple regression analyses were used to derive equations for predicting lung volumes, that allowed the inclusion of the variables that add prediction with statistical significance (95% of confidence), and obtaining for SVC:  $R=0.853$ ,  $SEE=0.350$  lts; IC:  $R=0.822$ ,  $SEE=0.296$  lts; FRC:  $R=0.843$ ,  $SEE=0.326$  lts; RV:  $R=0.891$ ,  $SEE=0.153$ lts y TLC:  $R=0.883$ ,  $SEE=0.458$  lts. The analysis of variance (ANOVA) was highly significant ( $p < 0,00001$ ) for each one of the models of regression of the estimated parameters. The fifth percentile was considered as the lower limit of the established volume as the normal value. The calculation of fifth percentiles determined were SVC=3.59 lts, IC=2.47 lts, FRC=2.14 lts, RV=1.26 lts, and TLC=4.88 lts. Those values can represent the levels under which the test are considered as reduced. Values which are equal o grater can be considered as "normal" for each one of the parameters studied. The equations of prediction for the SVC, IC, FRC, RV and TLC can be utilized with validity and high confidence to calculate referencial static lung volumes in our population ( $p < 0,00001$ ).

*Recibido: 22-10-96. Aceptado: 20-9-97.*

### **INTRODUCCIÓN**

El término "medición de los volúmenes pulmonares" usualmente se refiere a la determinación de la Capacidad Pulmonar Total (TLC), Volumen Residual (RV), Capacidad Residual Funcional (FRC) y Capacidad Vital (VC). Estas pruebas son esenciales en

el análisis de la función pulmonar para proveer información como método diagnóstico, evaluar deterioro y determinar efecto terapéutico.

El estudio de la función pulmonar mediante la espirometría forzada proporciona información fundamental que hace posible la categorización y grado de severidad de la enfermedad

pulmonar. Sin embargo, a través de ella no se puede medir el RV, la FRC y la TLC, que permiten evaluar de manera significativa la diferencia entre síndromes restrictivos y obstructivos. Estos parámetros se miden por pletismografía corporal, dilución de gas inerte, o mediante estudios radiológicos de tórax (1-8).

En el presente estudio se determinó la FRC, VR, y TLC por el Método de Dilución de Helio, por ser un procedimiento simple, que requiere de poca colaboración por parte del sujeto, y la viabilidad de equipo de alta precisión para la realización y cálculo de las pruebas. Conjuntamente, se obtuvo la Capacidad Vital Lenta (SVC) y la Capacidad Inspiratoria (IC), sumamente importantes, ya que: la SVC es la suma del Volumen Corriente (TV), Volumen de Reserva Inspiratorio (IRV) y Volumen de Reserva Espiratorio (ERV); y la IC es la suma del TV y el IRV; y por deducción la SVC es también la suma de la IC y del ERV.

Los volúmenes pulmonares pueden ser modificados por procesos patológicos que afectan los músculos respiratorios, pared torácica, pleura, parénquima pulmonar y vías aéreas. En obstrucción de vías aéreas, la Capacidad Vital Forzada (FVC), el Volumen Espiratorio Forzado en el Primer Segundo de la FVC (FEV1) y la relación FEV1/FVC están disminuidos; mientras que en pacientes con procesos restrictivos la FVC y FEV1 están disminuidos, y la relación FEV1/FVC incrementada. Aunque la relación FEV1/FVC puede ser útil para diferenciar enfermedad obstructiva y restrictiva, ésta no es una "prueba deci-

siva". La medición de todos los compartimientos de los volúmenes y capacidades pulmonares es la forma más rigurosa para diferenciar estos cuadros clínicos. En enfermedad restrictiva, todos los compartimientos están reducidos; en enfermedad obstructiva está disminuida o normal la VC y el ERV, puede estar normal la IC, e incrementados el RV, la FRC y la TLC; y en enfermedad mixta están disminuidos la VC y el ERV, mientras que la IC, FRC, RV y TLC pueden estar normal o disminuidos (6, 8).

La significativa aplicabilidad de las pruebas para medir los volúmenes pulmonares impone la necesidad de manejarlas frecuentemente, lo cual implica comparar los valores registrados con valores predichos.

Existen diversas publicaciones sobre valores de referencia para SVC, FRC, RV, IC y TLC. Estos valores en población sana presentan variaciones significativas al considerar los diversos factores que influyen en los resultados de las diferentes pruebas: sexo, edad, peso, estatura, hábito tabáquico, antecedentes patológicos, exposición ocupacional y ambiental a riesgos para el sistema respiratorio, y ubicación geográfica. Además, pueden variar con el método utilizado, manejo del equipo, los criterios de selección de la población, criterios técnicos, de aceptabilidad y reproducibilidad de las pruebas (2, 6-13). Todas estas posibles variaciones deben ser consideradas en la realización de estudios con el propósito de derivar modelos matemáticos para predecir valores de referencia o normales en una población. Algunas de las ecuaciones

existentes están basadas en muestras que incluyen fumadores y exfumadores, conociéndose el deterioro que causa el cigarrillo sobre el pulmón; así como, falta de documentación en la existencia de antecedentes de enfermedad respiratoria y exposición a contaminantes ambientales. Algunas de las ecuaciones más utilizadas se basan en criterios que tienen más de 30 años de publicados, y otras en muestras que han utilizado pacientes de hospitales. De esto se deriva la necesidad de establecer ecuaciones de predicción acordes con los criterios y avances tecnológicos actuales, para poblaciones y lugares específicos; todo ello enmarcado en la significativa aplicabilidad de estos parámetros al estudio de la función pulmonar (1, 7, 10).

Actualmente a nivel local y regional no se dispone de fórmulas de predicción para la SVC, FRC, RV, IC y TLC. En el presente estudio se incorporan criterios científicos y tecnologías recientes, para minimizar el margen de error y proveer ecuaciones confiables, las cuales podrán ser utilizadas para medir los volúmenes pulmonares predichos o de referencia en adultos del sexo masculino en nuestra región.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se estudiaron 107 personas del sexo masculino, de las cuales 50 cumplieron con los criterios de selección; mayores de 17 años de edad, y estratificados según la distribución de la población masculina para grupos de edad.

Se realizó una historia médica, para recopilar información acerca de la identificación del sujeto, edad, peso, estatura, hábito tabáquico, antecedentes y estado de salud. La evaluación clínica consideró los siguientes criterios de selección, para la realización de las pruebas de función pulmonar (9, 14, 15):

a) No haber fumado nunca más de tres paquetes de veinte cigarrillos en algún momento de su vida.

b) No tener antecedentes de tuberculosis, neumonía, fibrosis pulmonar, asma, enfisema, bronquitis crónica, cáncer o cualquier afección pulmonar crónica.

c) Carecer de antecedentes de tos persistente (con o sin secreción) y de secreción de origen pulmonar, durante tres meses en un año.

d) Excluir los sujetos con tratamiento previo reciente (menos de 1 mes) para alguna afección respiratoria aguda

e) No presentar antecedentes de injurias o intervenciones quirúrgicas en pulmón o caja torácica.

f) No tener antecedentes de exposición a polución atmosférica, o contaminantes respiratorios de origen ocupacional, por un periodo mayor de 6 meses.

g) No poseer antecedentes de afectación cardiovascular.

h) No presentar deformidades de tórax.

i) Radiología de tórax posteroanterior normal, avalada por la interpretación especializada correspondiente.

La FRC se determinó por el método de Dilución de Helio conjuntamente con la medición de la SVC, me-

dante el uso de un Analizador de Función Pulmonar Spinnaker TL de la Corporación Cybermedic (6, 13).

Inmediatamente registrada la FRC y sus subdivisiones, y sin salir del sistema, se determinó la SVC según procedimiento convencional establecido por el fabricante del equipo (13). Este procedimiento se realizó en aproximadamente 30 segundos, y permitió obtener las subdivisiones de la SVC:IC y ERV. El sistema utilizó la información del consumo de oxígeno desde la prueba de FRC para mantener la línea de base durante la maniobra de SVC.

Mediante la técnica de Dilución de Helio se obtuvo un mínimo de dos determinaciones para la FRC, por separado, durante 5 a 10 minutos, considerando los criterios de aceptabilidad de las pruebas (ambas entre  $\pm 5\%$ ). Se hizo una pausa de 15 minutos entre las maniobras. Automáticamente, el equipo calculó el promedio de los resultados de las dos pruebas.

La determinación de la SVC se obtuvo como el promedio de las dos mejores pruebas. Las maniobras se registraron separadas por 5 respiraciones normales entre cada una de ellas, para asegurar que la línea de base se estabilizara en cada prueba. Las pruebas se realizaron lo más cerca de los niveles de inspiración y espiración máximos, y se determinó la reproductibilidad en al menos dos SVC y CI (resultados entre  $\pm 5\%$  o 100 mililitros).

El Analizador de Función Pulmonar permitió registrar y calcular automáticamente la FRC, RV, TLC, SVC y IC; expresados en litros (lts), valor en-

tero y dos decimales; y suministrados a temperatura corporal, presión atmosférica ambiental y saturados de vapor de agua (BTPS).

El volumen del equipo se calibró diariamente con una jeringa de tres litros, y se chequeó la precisión del analizador de helio, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Se verificaron posibles fugas del gas, y se cambiaron regularmente los filtros para la absorción de dióxido de carbono y agua (12, 13).

El análisis de las variables se realizó mediante estadística descriptiva y analítica, utilizando el programa estadístico Statgraphics (16). Para derivar las ecuaciones de predicción se utilizó el análisis de regresión múltiple escalonada, que permitió incluir las variables que agregan predicción con significación estadística (95% de certeza). Se usó la prueba F para evaluar el incremento significativo del cuadrado del coeficiente de regresión, y pruebas t para determinar si las variables son predictores significativos. Además, se determinó el intervalo de confianza para la correlación mediante la transformación Z de Fisher y el error estándar de la estimación.

## RESULTADOS

Las características físicas de las personas designadas como "normales", todas de raza mezclada, se describen en la Tabla I.

La distribución de la población por grupos de edad determinó que la mayor parte de la población (68,0%) tenía menos de 40 años de edad (Tabla II).

La Tabla III describe los valores promedio y desviación estándar de los volúmenes pulmonares registrados en las diferentes maniobras para evaluar la función pulmonar (SVC, IC, FRC, RV, y TLC), distribuidos por edad, donde se puede observar que todos los parámetros estudiados variaron con la edad, existiendo tendencia a disminuir con los años. Asimismo, se pueden apreciar los valores promedio globales de los volúmenes y capacidades registrados.

Al analizar el efecto de la edad, peso y talla sobre los diferentes compartimientos pulmonares, se pudo determinar que los volúmenes promedio del grupo etario de 20-29 años fueron significativamente mayores que los obtenidos en el resto de los grupos de edad ( $p < 0,05$ ), excepto para la FRC, RV y TLC del grupo de menor de 20 años, cuyos valores promedio fueron menores, pero no son estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ) (Tabla III).

Los volúmenes y capacidades registrados en las personas menores de 40 años resultaron mayores que los medidos en los sujetos de 40 y más años de edad ( $p < 0,05$ ). Las personas de talla menor a 170 centímetros presentaron volúmenes más bajos que

los sujetos de 170 y más centímetros ( $p < 0,05$ ). Los sujetos con peso inferior a 70 kilos tuvieron menores volúmenes que las personas con 70 y más kilos ( $p < 0,01$ ), excepto para la FRC y el RV los cuales resultaron con valores más bajos, pero no significativos ( $p > 0,05$ ).

El estudio de regresión entre los volúmenes pulmonares y las variables independientes, determinaron una consistente correlación negativa de los parámetros funcionales con la edad y la temperatura obtenida durante la realización de la maniobra ( $p < 0,05$ ). Además, se demostró correlación positiva de los volúmenes pulmonares con el peso y la talla ( $p < 0,05$ ).

Las ecuaciones de predicción para la función pulmonar obtenidas en este estudio, se describen en la Tabla IV.

Se determinó el intervalo con 95% de confianza para la correlación a través de la transformación Z de Fisher para cada uno de los modelos de regresión, y se obtuvo que el valor verdadero de la correlación en la población está incluido en cada uno de los intervalos de los volúmenes pulmonares correspondientes. El análisis de varianza (ANOVA) para cada uno

**TABLA I**  
CARACTERÍSTICAS DE LOS INDIVIDUOS ESTUDIADOS. MARACAIBO, 1995.

Variabes	Rango	Promedio DE
Edad (Años)	17-63	34,68 ± 13,15
Peso (Kg)	48-108	72,50 ± 14,76
Talla (cm)	155-183	168,28 ± 6,50

D.E = Desviación Estándar

**TABLA II**  
DISTRIBUCIÓN DE LOS INDIVIDUOS SEGÚN LA EDAD. MARACAIBO, 1995.

Edad (Años)	Número	Porcentaje
<20	6	12
20-29	18	36
30-39	10	20
40-49	9	18
50-59	4	8
≥ 60	3	6
Total	50	100

**TABLA III**  
VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES REGISTRADOS SEGÚN EDAD Y GRUPOS ETARIOS. MARACAIBO, 1995.

Edad (Años)	Volúmenes y capacidades pulmonares (lts)				
	SVC	IC	FRC	RV	TLC
< 20 (n=6)	4,52 (± 0,58)	2,96 (± 0,45)	3,50 (± 0,40)	1,95 (± 0,26)	6,47 (± 0,84)
20-29 (n=18)	4,99 (± 0,58)	3,50 (± 0,50)	3,55 (± 0,37)	2,06 (± 0,25)	7,05 (± 0,80)
30-39 (n=10)	4,31 (± 0,57)	3,15 (± 0,54)	2,75 (± 0,49)	1,72 (± 0,20)	3,15 (± 0,54)
40-49 (n=9)	4,00 (± 0,32)	2,90 (± 0,30)	2,61 (± 0,23)	1,52 (± 0,14)	2,90 (± 0,30)
50-59 (n=4)	3,99 (± 0,59)	2,96 (± 0,49)	2,44 (± 0,27)	1,43 (± 0,20)	2,96 (± 0,49)
≥ 60 (n=3)	4,07 (± 0,20)	3,02 (± 0,26)	2,43 (± 0,25)	1,38 (± 0,19)	3,02 (± 0,26)
Global * (n=50)	4,48 (± 0,65)	3,18 (± 0,50)	3,05 (± 0,58)	1,78 (± 0,32)	6,27 (± 0,95)

\* Todas las edades n = número de la muestra (± Desviación Estándar).

de los modelos de regresión de los parámetros de función pulmonar estimados, resultó altamente significativo ( $p < 0,00001$ ).

La Tabla V muestra los resultados del ANOVA para las variables in-

dependientes en adecuado orden de selección, donde se observa que los resultados de la prueba F, corresponden a lo descrito para la Tabla IV.

El estudio de los volúmenes pulmonares, edad, peso y talla por méto-

**TABLA IV**  
**ECUACIONES DE PREDICCIÓN PARA LOS VALORES PULMONARES**  
**REGISTRADOS EN POBLACION MASCULINA**

Pruebas (*)	Ecuación - Coeficientes Regresión					r <sup>2</sup>	EEE	IC95%
	Edad (Años)	Peso (Kg)	Talla (cm)	Constante				
SVC	-0,02385	0,01358	0,04312	-2,929008		0,728	0,350	0,48-0,96
IC	-0,01014	0,01204	0,03675	-3,519497		0,676	0,296	0,52-0,94
FRC	-0,03275	0,01062	0,01652	0,642728		0,711	0,326	0,52-0,95
RV	-0,01801	0,00799	0,01050	0,066639		0,795	0,153	0,81-0,94
TLC	-0,04186	0,02157	0,05362	-2,86237		0,781	0,458	0,44-0,99

\* litros, BTPS.

r<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación.

EEE = Error Estándar de la Estimación en litros.

IC95% = Intervalo de 95% de Confianza para la Correlación.

dos multivariados de Análisis de Correlación, determinó relación significativa de la edad, peso y talla con la SVC, FRC, RV, y TLC ( $p < 0,01$ ). La IC mostró relación significativa con el peso y la talla ( $p < 0,00001$ ). La temperatura se relacionó significativamente con los resultados de la SVC, FRC, RV y TLC ( $p < 0,01$ ); mientras que no mostró relación con la IC.

El cálculo del percentil 5% para estimar los volúmenes y capacidades registradas por debajo del rango esperado (límite por debajo de lo normal) en la población sana, determinó una SVC=3,59 litros, IC=2,47 litros, FRC=2,14 litros, RV=1,26 litros, ERV=0,94 litros y TLC=4,88 litros.

## DISCUSIÓN

El incremento significativo en el uso de las pruebas de funcionalismo pulmonar para el diagnóstico y manejo de enfermedades y determinación del deterioro pulmonar, ha requerido una definición precisa de "normalidad". La innovación y tecnología, estandarización de procesos y cambios del concepto de normalidad, han promovido la obtención de estudios en grupos de individuos, lo cual ha originado la aparición de un elevado número de ecuaciones de predicción. En este estudio se realizó una selección basada en individuos normales y se establecieron criterios rigurosos de

**TABLA V**

ANOVA PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES EN ADECUADO ORDEN DE SELECCIÓN PARA LAS ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE LOS VOLÚMENES PULMONARES EN POBLACIÓN MASCULINA.  
MARACAIBO - 1995

Pruebas (lts)	Variable Independiente	Suma de Cuadrados	Prueba F	Significancia
SVC	Peso	7,56128	61,57	0,00001
	Talla	2,99380	24,38	0,00001
	Edad	4,61888	37,61	0,00001
IC	Peso	5,98857	67,95	0,00001
	Talla	1,66199	18,86	0,0001
	Edad	0,83528	9,48	0,0035
FRC	Peso	2,21156	20,71	0,00001
	Talla	1,19531	11,19	0,0016
	Edad	8,70893	81,56	0,00001
RV	Peso	1,18561	50,04	0,00001
	Talla	0,41462	17,50	0,0001
	Edad	2,63622	111,26	0,00001
TLC	Peso	14,73515	70,01	0,00001
	Talla	5,63672	26,78	0,00001
	Edad	14,23404	67,63	0,00001

selección, que permitieron minimizar posibles sesgos y errores atribuibles a enfermedad, antecedentes patológicos, hábitos, procedencia de la muestra y exposición a riesgos para el sistema respiratorio. No fue posible evaluar el efecto de la capacidad corporal sobre los volúmenes pulmonares (6, 8, 9, 10, 17).

Se evaluaron y analizaron las características físicas y volúmenes pulmonares de cincuenta personas del sexo masculino, sanas, no fumadoras, con diferente nivel socioeconómico y actividad corporal en la vida diaria, con el propósito de deducir modelos de predicción para la SVC, IC, FRC, RV y TLC. La realización de este estudio llevó más de un año, porque fue difícil conseguir personas que cumplieran con los criterios de selección, sobre todo en mayores de 45 años; no obstante se continuará la investigación prospectivamente. Las ecuaciones de predicción en población femeninas son necesarias y tienen valor, pero actualmente no mostramos resultados preliminares porque ha sido más difícil obtener la muestra; sin embargo, continuamos recolectando información en esa población. Es necesario destacar que el tamaño de la muestra es relativamente pequeña; pero cuando se analizan las ecuaciones para pruebas de volúmenes pulmonares recomendadas por la Sociedad del Tórax (ATS) (9, 14) y la Asociación Médica (AMA) (18) de los Estados Unidos, y otras organizaciones internacionales, las mismas tampoco han sido realizadas utilizando muestras numéricamente representativas de las poblaciones a las

cuales pertenecen. Por ejemplo se citan a: Goldman con 44 sujetos en Sudáfrica; Cotes con 127 personas en USA; Black, 83 hombres; Boren, 442 individuos; Crapo, 123 sujetos, Utah-USA; DaCosta, 134 sujetos en Singapur; Grimby, 152 personas de Suecia; Jain, 188 hombres en La India; Wanger, 70 individuos en Colorado-USA y Withers, 162 personas de Australia.

Aunque ellas han sido obtenidas de poblaciones más numerosas que la nuestra, el resultado estadístico de nuestro estudio determinó mayor significancia, probablemente por el control de calidad en la obtención de las pruebas y la aplicación rigurosa de los criterios de selección. Asimismo, este tipo de estudio incluye un factor de incertidumbre determinado por el hecho que es muy difícil calcular el total de personas que cumplen con los criterios de selección, para luego trabajar con una muestra representativa. Es por ello que la ATS ha recomendado, como método empírico, el cálculo de valores de referencia con 20 a 40 personas sanas, no fumadoras, consideradas normales; y su correspondiente comparación con los resultados de las ecuaciones sugeridas por el organismo, para establecer la posibilidad de ser consideradas aceptables (9, 6, 14). De igual forma, se ha descrito (6) que cuando no existan ecuaciones de predicción, se pueden seleccionar 10 a 15 individuos sanos no fumadores, comparando los resultados medidos con los predichos; si su diferencia es cero, la ecuación de referencia puede ser adaptada a la población estudiada (6); lo cual no resultó aplicable a la población de

Maracaibo. De allí el interés de dar respuesta a una situación requerida para la valoración de los trabajadores de nuestra región, expuestos a riesgos para el sistema respiratorio, en quienes se ha observado que existe mejor correlación clínico-funcional y ambiental cuando se aplican las ecuaciones obtenidas en este estudio, que cuando se utilizan las ecuaciones obtenidas de poblaciones de otras latitudes.

Hace años nos ocurría lo mismo cuando al utilizar las ecuaciones recomendadas por ATS para espirometría, las personas normales resultaban clasificadas con disfunción pulmonar, lo cual se solucionó con patrones de referencia local (15, 19). La aplicabilidad de este trabajo a la Salud Ocupacional ha constituido un verdadero aporte para el estudio completo del daño respiratorio de origen laboral. Asimismo, es necesario destacar que desde 1994, sólo en nuestro laboratorio (a nivel regional) se está realizando este tipo de prueba, y actualmente es el único centro que presta este servicio regularmente a nivel nacional.

Estudios recientes señalan que las ecuaciones de predicción más utilizadas son las de Goldman y Becklake, que usaron el método de Dilución de Hidrógeno (similar a la Dilución de Helio) para medir la FRC en 44 hombres y 50 mujeres de Africa del Sur, con un rango de edad entre 17 y 44 años, a una altitud aproximada de 5700 pies, realizadas hace 36 años, con equipos menos sofisticados que los actuales y con criterios de selección menos rigurosos (1, 6).

Nuestra región está habitada principalmente por una población de raza mezclada, a una altitud de 65 metros, con características de edad y antropometría diferentes a las de otras poblaciones del país y del mundo, lo cual determina diferencias importantes al momento de seleccionar la ecuación para calcular valores de predicción o de referencia. Se ha descrito como los habitantes de altitudes elevadas tienen volúmenes pulmonares mayores que las personas que viven a nivel del mar (9, 20). Además, existen factores raciales, nutricionales y genéticos que determinan la conformación corporal, los cuales deben ser considerados al realizar este tipo de estudio (1, 6, 10, 15).

Las diferencias entre las técnicas y procedimientos utilizados para obtener las fórmulas de predicción de los volúmenes pulmonares, requieren el uso de equipos y métodos similares, y aplicabilidad en poblaciones del mismo origen.

Este estudio se realizó en una población con características propias, lo cual hace que las ecuaciones tengan aplicabilidad válida en nuestra población. Así por ejemplo, la diferencia entre valores de población caucásica y negra, que describe una TLC menor en 11% en los negros, no es aplicable a nuestra población (6, 8).

La variabilidad de los resultados obtenidos pudiera ser atribuida no sólo a la selección de la muestra y método utilizado, sino también al manejo del equipo, calibración, mantenimiento y controles técnicos, programa de computación, y concentración ade-

cuada y pureza del gas, entre otros (9, 11, 12, 21, 22).

A diferencia de otros estudios, en los cuales se determinó que la FRC, RV y TLC disminuyen con el incremento del peso, y que la TLC disminuye con los años (6, 23); el presente estudio corrobora la disminución de la TLC con la edad, pero determinó que la FRC, RV y TLC incrementan con el desarrollo ponderoestatural, lo cual pudiera atribuirse a las condiciones de salud física de la muestra seleccionada.

Se demostró que el incremento de la temperatura disminuye la FRC, RV y TLC; tal y como ha sido descrito por otros autores (8). Asimismo, el presente estudio permitió determinar las fórmulas de predicción para la SVC y IC, importantes para la evaluación de la función pulmonar, ya que proporcionan información fundamental sobre los volúmenes y capacidades pulmonares. Esto constituye un aporte significativo para la estandarización y aplicabilidad de estas pruebas en nuestra población.

En la práctica clínica, comúnmente se define como rango de normalidad a los valores que oscilan en  $\pm 20\%$  alrededor del valor predicho. Este criterio es poco científico, y adiciona un error porcentual a la ecuación de predicción, ya que el rango de normalidad disminuye cuando los valores predichos medidos son menores (7); además, tiene carácter arbitrario. Una propuesta estadísticamente más aceptable es el cálculo del percentil 5% como límite inferior del valor considerado como normal. En este estudio, la estimación del percentil 5% de-

terminó valores que pueden representar los niveles por debajo de los cuales las pruebas se consideran disminuidas en población sana, no fumadora. Valores iguales o mayores pueden considerarse como "normal" para cada uno de los parámetros en nuestra población; y aunque esto implica 5% de "falsos positivos" mal clasificados, es un valor generalmente considerado como aceptable.

Cuando no hay suficientes mediciones en cada una de las categorías de datos, los percentiles pueden calcularse directamente desde la información registrada. Asumiendo que las pruebas de función pulmonar varían en una distribución normal, los límites inferior y superior de estos valores pueden ser calculados como: Valor Predicho  $\pm 1,96 \times$  Error Estándar de la Estimación (EEE), para las dos colas de la distribución; o Valor Predicho  $\pm 1,645 \times$  EEE, en una u otra cola de la distribución normal. En caso de observaciones individuales, se ha propuesto que el valor del percentil 5% aproximadamente se calcule como: Límite por Debajo de lo Normal = Valor Predicho -  $1,645 \times$  EEE. Idealmente, el error estándar será constante para todos los elementos. El estudio comparativo de algunas ecuaciones de predicción ha mostrado concordancia significativa con el criterio del percentil 5%, y no cuando se utiliza: -  $1,645 \times$  EEE (2, 9).

Valores de predicción pequeños o cifras elevadas en el EEE de los volúmenes pulmonares, pueden determinar un intervalo de confianza del 95% (inferior) extremadamente bajo o cero, situaciones en las cuales este

análisis no tendría utilidad. Recientemente, se ha propuesto obtener los valores de normalidad dividiendo la diferencia de los valores predichos (Vp) y registrados (Vr) entre el intervalo de confianza (IC) del 95% ((Vp-Vr)/IC), determinando valores que están distribuidos en la curva normal. No obstante, estos límites frecuentemente son utilizados sin considerar reflexivamente la relación entre sus resultados y la significancia clínica. Además, el límite por debajo de lo normal, por sí sólo, no puede ser usado para predecir probabilidad de enfermedad pulmonar, por lo que es necesario establecer una adecuada correlación entre los valores obtenidos, la clínica y otras pruebas de diagnóstico clínico y ambiental (6, 8, 9, 21, 22, 24).

En términos generales, las ecuaciones de predicción para la FRC, RV y TLC obtenidas en el presente estudio difieren de las obtenidas por otros autores, lo cual pudiera ser atribuido a las características físicas de la población, ubicación geográfica de la misma, criterios de selección y control técnico y reproducibilidad de las maniobras, tal y como fuera descrito previamente. Es importante destacar que se consideró no sólo la condición de persona sana, sino la historia de exposición a riesgos ocupacionales y ambientales, que ha sido poco considerado en otros protocolos de investigación, realizados en poblaciones de otras latitudes. Asimismo, nuestra selección no incluye pacientes de hospitales, tal y como han sido utilizados en estudios similares.

Al comparar los resultados del

ANOVA para la regresión completa de las ecuaciones de predicción de FRC, RV y TLC, con los resultados obtenidos por otros autores, se pudo determinar que en las fórmulas nuestras el coeficiente de correlación es más significativo y el error estándar de la estimación es menor, lo cual permite utilizar con certeza estas ecuaciones para evaluar los volúmenes pulmonares en nuestra población (6, 7, 23, 24).

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- GHIO A.J., CRAPO R.O., ELLIOT C.G.: Reference Equations Used to Predict Pulmonary Function. Survey at Institutions with Respiratory Disease Training Programs in the United States and Canada. *Chest* 1990; 97:400-403.
- 2- LEBOWITZ M.D., HOLBERG C.J.: Comparison of spirometric reference values and the proportions of abnormals among male smokers and those symptomatic in a community population. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141:1491-1496.
- 3- PRATT P., KLUGH G.: A method for the determination of total lung capacity from posteroanterior and lateral chest roentgenograms. *Am Rev Respir Dis* 1967; 96:548-552.
- 4- RIES A.L., CLAUSEN J.L., FRIEDMAN P.J.: Measurement of lung volumes from supine portable chest radiographs. *J*

- Appl Physiol 1979; 47:1332-1335.
- 5- RODENTEIN D.O., STANESCU D.C., FRANCIS C.: Demonstration of failure of body plethysmography in airway obstruction. J Appl Physiol 1982; 52:949-954.
  - 6- WANGER J.: Pulmonary Function Testing. A practical Approach. Williams & Wilkins, First Edition, Baltimore, USA, 1992
  - 7- WITHERS R.T., BOURDON P.C., CROCKETT A.: Lung Volume Standard for Healthy Male lifetime nonsmokers. Chest 1988; 92:91-97.
  - 8- WEST J.: Fisiología Respiratoria, 3ra Edición. Editorial Médica Panamericana, S.A. Buenos Aires, 1990.
  - 9- AMERICAN THORACIC SOCIETY: Lung Function Testing: Selection of Reference Values and Interpretative Strategies. Am Rev Respir Dis 1991; 141:1202-1218.
  - 10- FOXMAN B., HIGGINS I., OH M.S.: The effects of occupation and smoking on respiratory disease mortality. Am Rev Respir Dis 1986; 134:649-652.
  - 11- GARDNER R.M., CLAUSEN J.L., EPLER G.R., HANKINSON J.L., PERMUTT S., PLUMMER A.L.: Pulmonary Function Laboratory Personnel Qualifications. Am Rev Respir Dis 1986; 134:623-624.
  - 12- GARDNER R.M., CLAUSEN J.L., CRAPO R.O., EPLER G.R., HANKINSON J.L., JOHNSON R.L., PLUMMER A.L.: Quality Assurance in Pulmonary Function Laboratories. Am Rev Respir Dis 1986; 134:625-627.
  - 13- SPINNAKER: Guide to Operations. Cybermedic, Inc. Louisville, Colorado, U.S.A, 1989.
  - 14- AMERICAN THORACIC SOCIETY: Committee on Proficiency Standards for Pulmonary Function Laboratories. Standardization of spirometry - 1987 update. Am Rev Respir Dis 1987; 136:1285-1298.
  - 15- CORZO G.: Valores Espirométricos de Adultos Sanos no Fumadores en Población Venezolana. Suplemento de las III Jornadas Científicas de la Facultad de Medicina. Universidad del Zulia. 1987
  - 16- STATGRAPHICS. Statistical Graphics System: User's Guide. Statistical Graphics Corporation. U.S.A., 1987.
  - 17- HERINGTON T., MORSE L.: Occupational Injuries. Mosby-Year Book, Inc. U.S.A, 1995.
  - 18- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION: Guides to the Evaluation of Permanent Impairment. Fourth Edition, U.S.A, 1993
  - 19- CORZO G.: Valores de Predicción de las Curvas de Flujo-Volumen en Adultos Sanos no Fumadores. Tesis de Grado. Universidad del Zulia, Facultad de Medicina. Junio 1989.
  - 20- FRISANCHO A.R.: Functional adaptation to high altitude hypoxia. Science 1975; 187:313-319.
  - 21- CORZO G.: Evaluación Espirométrica y Difusión Pulmonar.

Universidad del Zulia, Instituto de Medicina del Trabajo e Higiene Industrial. Noviembre 1.994 (Trabajo Mimeografiado).

- 22- GARDNER R.M., HANKINSON J.L., CLAUSEN J.L., CRAPO R.O., JOHNSON Jr. R.L., EPLER G.R.: ATS statement on stardardization of spirometry. Am Rev Respir Dis 1987; 136:1285-1298.
- 23- DA COSTA J.L.: Pulmonary Function Studies in Healthy Chinese Adults in Singapore. Am Rev Respir Dis 1971; 104:128-131.
- 24- GRIMBY G., SODERHOLM B.: Spirometric Studies in Normal Subjects; III. Static lung volumes and maximum voluntary ventilation in adults, with a note on physical fitness. Acta Médica Scand 1963; 173:199-206.