



Valores referenciales de los parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes niveles de altitud en el Perú

Reference values of spirometry parameters in healthy workers at different altitude levels in Peru

Catherine Llanos-Salcedo^{1,a,c}, Katia Muñoz-Farfán^{1,a,c}, Jorge L. Maguiña^{1,b,d}

¹ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

^a Médico cirujano; ^b tecnólogo médico; ^c magíster en Salud Ocupacional y Medio Ambiente; ^d magíster en Epidemiología Clínica

Correspondencia

Jorge L. Maguiña
jmaguinaq@ucientifica.edu.pe

Recibido: 03/08/2020

Arbitrado por pares

Aprobado: 26/11/2020

Citar como: Llanos-Salcedo C, Muñoz-Farfán K, Maguiña JL. Valores referenciales de los parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes niveles de altitud en el Perú. Acta Med Peru. 2020;37(4):455-62. doi: <https://doi.org/10.35663/amp.2020.374.1061>

RESUMEN

Objetivo: estimar los valores referenciales de los parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes niveles de altitud en el Perú. **Materiales y métodos:** realizamos un análisis secundario de datos de registros de evaluaciones médico ocupacionales de trabajadores de cuatro diferentes niveles de altitud realizadas entre mayo y junio del 2019; nivel 1: 0 - 100 msnm (Trujillo, Pisco, Marcona, Lima), nivel 2: 2 300 – 2 800 msnm (Arequipa y Cajamarca), nivel 3: 3 200 – 3 800 msnm (Huancayo, La Oroya, Orcopampa y Oyon) y nivel 4: 4 000 – 4 400 msnm (Carhuacoto y Cerro de Pasco). Se construyeron y compararon los valores referenciales espirométricos del volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), la capacidad vital forzada (CVF) y la razón VEF1/CVF a través de un modelo de regresión lineal múltiple. **Resultados:** un total de 33 232 registros de trabajadores sanos de diferentes zonas altitudinales del Perú fueron analizados. En varones, el CVF fue de $4,6 \pm 0,64$ (media \pm desviación estándar), límite inferior de normalidad (LIN): de 3,58; $4,8 \pm 0,67$, LIN: 3,78; $4,9 \pm 0,65$, LIN: 3,84 y $4,8 \pm 0,65$, LIN: 3,75 para los niveles 1, 2, 3 y 4, respectivamente. El VEF1 fue de $3,8 \pm 0,54$; LIN: 2,93; $3,9 \pm 0,59$, LIN: 3,06; $4,0 \pm 0,57$, LIN: 3,13; y $4,0 \pm 0,59$, LIN: 3,08 para los niveles 1, 2, 3 y 4, respectivamente. El VEF1/CVF fue de $0,83 \pm 0,05$, LIN: 0,72; $0,83 \pm 0,05$, LIN: 0,71; $0,84 \pm 0,05$, LIN: 0,71 y $0,84 \pm 0,05$, LIN: 0,72 para los niveles 1, 2, 3 y 4, respectivamente. **Conclusiones:** los valores espirométricos de VEF1 y CVF presentan ligeras diferencias según nivel de altitud de la población en donde se evalúa. Futuros estudios son necesarios para confirmar nuestros hallazgos.

Palabras clave: Valores de referencia; Espirometría; Altitud; Trabajadores; Perú (fuente: DeCS-BIREME).

ABSTRACT

Objective: to estimate reference values for spirometry parameters in healthy workers at different altitude levels in Peru. **Materials and methods:** we performed a secondary analysis of records from occupational medical examinations carried out between May and June 2019 in workers at four different altitude levels: level 1: 0-100 m above sea level (ASL) (Trujillo, Pisco, Marcona, Lima), level 2: 2.300–2.800 m ASL (Arequipa and Cajamarca), level 3: 3.200–3.800 m ASL (Huancayo, La Oroya, Orcopampa, and Oyon); and level 4: 4.000–4.400 m ASL (Carhuacoto and Cerro de Pasco). Spirometry reference values for forced expiratory volume during the first second (FEV1), forced vital capacity (FVC), and the FEV1/FVC rate were constructed and compared using a multiple linear regression model. **Results:** we analyzed 33.232 records obtained from healthy workers in different altitude levels in Peru. In male subjects, FVC values were $4,6 \pm 0,64$ (mean \pm standard deviation [SD]); $4,8 \pm 0,67$; $4,9 \pm 0,65$; and $4,8 \pm 0,65$ for altitude levels 1, 2, 3, and 4, respectively. Their corresponding lower limit of normal (LLN) values were 3,58; 3,78; 3,84; and 3,75 for altitude levels 1, 2, 3, and 4, respectively. FEV1 values were $3,8 \pm 0,54$; $3,9 \pm 0,59$; $4,0 \pm 0,57$; and $4,0 \pm 0,59$ for altitude levels 1, 2, 3, and 4, respectively. Their corresponding LLN values were 2,93; 3,06; 3,13; and 3,08 for levels 1, 2, 3, and 4, respectively. FEV1/FVC rates were $0,83 \pm 0,05$; $0,83 \pm 0,05$; $0,84 \pm 0,05$; and $0,84 \pm 0,05$ for altitude levels 1, 2, 3, and 4, respectively. Their corresponding LLN values were 0,72; 0,71; 0,71; and 0,72 for altitude levels 1, 2, 3, and 4, respectively. **Conclusions:** both FEV1 and FVC spirometry values show mild differences according to altitude levels in the different evaluated areas. Further studies are necessary aiming to confirm our findings.

Keywords: Reference values; Spirometry; Altitude; Workers; Peru (source: MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

La espirometría es una prueba que mide la función mecánica respiratoria a través del cambio que se da en los volúmenes y flujos respiratorios de la persona [1-3]. Ésta se utiliza para el diagnóstico y seguimiento de la función pulmonar [4,5] y para evaluar a sujetos que manifiestan signos o síntomas de patología respiratoria [4,6]. Incluso diversas instituciones como la Asociación Americana del Tórax (ATS, por sus siglas en inglés) [3,7], la Asociación Latinoamericana del Tórax y la Sociedad Respiratoria Europea recomiendan la realización de una prueba de espirometría como parte de las evaluaciones que se deben realizar a los pacientes con posible enfermedad respiratoria [8-11].

Los valores espirométricos (VE) de referencia son de ayuda para una correcta interpretación de la espirometría y varían según la edad, el sexo, la estatura y el peso [12,13]. Estudios previos en poblaciones con características heterogéneas mostraron diferencias importantes en los VE, ya sea por sus diferencias étnicas [4], sus diferencias a nivel de altura geográfica [14,15] o por otros factores como: genéticos, anatómicos, estado de salud, variación de los volúmenes pulmonares, factores ambientales y socioeconómicos [12,16,17] y finalmente los relacionados con los equipos y procedimientos que se utilizan para la medición de la espirometría [1].

En la actualidad, el Perú no cuenta con una estimación de los parámetros espirométricos, por lo que la evaluación se realiza utilizando como referencia estudios ejecutados en diferentes poblaciones, en donde han modelado ecuaciones de predicción para los diferentes parámetros espirométricos [1,14,18]. En países latinoamericanos se cuentan con valores referenciales, obtenidos de algunos estudios realizados; sin embargo, presentan algunas limitaciones como la procedencia de los evaluados, el número de sujetos, el uso de diferentes equipos o la forma de analizar

dicha información [11]. Puesto que una adecuada interpretación es un tema de importancia, es necesario que los resultados sean comparados con VE de referencia [19].

En el Perú no se han realizado estudios para establecer VE de referencia predeterminados, por lo tanto, se sigue la recomendación de la tercera Encuesta de Salud y Nutrición de la Unión Americana (NHANES III, por sus siglas en inglés) [16], la cual sugiere aplicar ecuaciones usadas en poblaciones con características similares a la población a estudiar [12]. Lo mismo fue respaldado por el Proyecto Latinoamericano de Investigación en Obstrucción Pulmonar (PLATINO) [11,20] y que obtuvo en pobladores provenientes de América Latina valores espirométricos semejantes con los de origen mexicano, por ello junto con el estudio NHANES III [21], indicaron que este tipo de población tenía similitud con la población peruana, y se podría utilizar esta ecuación para calcular los valores espirométricos referenciales nacionales [4]. No obstante, no se consideró que existen diferencias altitudinales que podrían hacer que estos datos sean diferentes.

Por lo tanto, nos propusimos calcular los valores referenciales de los parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes niveles de altitud en el Perú, estableciendo ecuaciones referenciales que se ajusten a la realidad étnica y geográfica de nuestro país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio

Realizamos un estudio observacional, transversal, analítico y retrospectivo. Realizamos un análisis secundario de la base de datos de los registros de evaluaciones médico ocupacionales

de trabajadores en diferentes niveles de altitud en el Perú de un servicio de apoyo al médico ocupacional (SAMO), el cual es un establecimiento de salud que ofrece actividades de vigilancia de la salud de los trabajadores con diferentes sedes en el país.

Población y muestra

Se tomaron todos los registros comprendidos en el periodo mayo – junio del 2019, se descargaron de la base de datos del SAMO – acreditada por la Dirección General de Salud Ambiental- y luego fueron consolidados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft Corporation®).

Todos los criterios de selección fueron tomados del trabajo previamente presentado por Hankinson et al.^[21] para establecer valores de referencia en espirometría (Figura 1).

Variables de estudio

Las variables sociodemográficas consideradas en el presente estudio fueron: niveles de altitud (0 a 100 metros sobre el nivel del mar [msnm], 2 300 a 2 800 msnm, 3 200 a 3 800 msnm, 4 000 a 4 400 msnm), sexo (masculino/femenino), edad en años, peso (kg), talla (metros), índice de masa corporal (IMC: $\geq 18,5$ a $\leq 29,9$). Así mismo, nuestras variables clínicas de interés correspondientes a la espirometría fueron capacidad vital forzada (CVF), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), y la relación VEF1/CVF. También se ha definido el “rango normal”, el cual comprende al 95% de una población sana y el límite inferior de la normalidad (LIN) el cual es el valor de corte por debajo del cual se halla sólo el 5% de los individuos sanos.

Procedimientos

Mencionaremos brevemente en qué consistió la evaluación hecha a los trabajadores por parte del SAMO. La evaluación se realizó con personal previamente entrenado y supervisores de sede, siguiendo listas de chequeo y el manual de procedimientos estándar establecido por el SAMO, el cual tomo como referencia a la guía de NIOSH sobre entrenamiento en espirometría^[7], la ATS^[8] y la guía técnica para realizar espirometría ocupacional (GEMO 006)^[22]. Todos los participantes tuvieron al menos ocho intentos para consignar su valoración. Así mismo, todas las mediciones espirométricas fueron realizadas con los equipos EASY ON PC 2020 (NDD Medical Technologies®), previamente calibrados semestralmente. Estos fueron adquiridos por el SAMO en una única compra y se usaron a demanda de cada una de las sedes. Los equipos, según casa comercial, mantienen un adecuado performance a altos metros sobre el nivel del mar (msnm) y temperaturas extremas.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Stata 14,0 (Stata Corp., College Station, TX, USA). Las variables VEF1, CVF y la relación de ambas (VEF1/CVF) fueron analizadas empleando un modelo de regresión lineal múltiple, utilizando la

edad y la talla como predictores y estratificando todos los análisis por sexo y niveles de altitud. Previamente las variables VEF1, CVF, VEF1/CVF cumplieron con presentar una distribución normal.

La estimación de las ecuaciones de regresión lineal se realizó por el método de mínimos cuadrados en la que se relacionó cada una las variables espirométricas (VEF1, CVF, VEF1/CVF) con la edad y talla, dado que son los más usados en las ecuaciones referenciales para este tipo de estudios: $Y = B_0 + B_1 \times \text{Edad} + B_2 \times \text{Talla}$ ^[11], donde Y corresponde a los valores esperados para CVF, VEF1, VEF1/CVF, B_0 el intercepto, B_1 el coeficiente de edad y B_2 el coeficiente de talla. Se realizó el cálculo del coeficiente de determinación (R^2) así como el error estándar de los residuales como medidas de la calidad del ajuste de las ecuaciones estimadas. Finalmente, se calculó el LIN (el percentil cinco, el cual se calculó restando al valor promedio multiplicado por 1,645 veces la desviación estándar).

Aspectos éticos

El presente estudio contó con la aprobación del Comité de Institucional de Ética e Investigación de la Universidad Científica del Sur (número de registro 193 – 2019- POS15) y con permiso de la gerencia general del Servicio Médico de Apoyo al Médico Ocupacional (SAMO) de Lima – Perú.

RESULTADOS

De un total de 89 891 registros recolectados de la base de datos del SAMO, se excluyeron del análisis 56 659 registros por no presentar datos completos y de calidad para las variables de nuestro interés ($n = 47\ 372$), tener estado nutricional de bajo peso u obesidad ($n = 5\ 596$), por reportar algún antecedente patológico, tipo infarto de miocardio, cirugías en los últimos seis meses, gestación actual, patologías respiratorias ($n = 2\ 918$) o por ser fumador ($n = 773$).

Finalmente, se incluyeron 33 232 registros en el análisis, los cuales correspondieron a trabajadores de las ciudades de Trujillo, Pisco, Marcona, Lima (altura promedio, 100 msnm); Arequipa, Cajamarca (2 300 a 2 800 msnm); Huancayo, La Oroya, Orcopampa, Oyón (3 200 a 3 800 msnm); Carhuacoto y Cerro de Pasco (4 000 a 4 400 msnm). Un total de 15 809 registros correspondieron a una altitud promedio de 100 msnm, 5 045 de una altitud promedio en 2 300 – 2 800 msnm, 6 457 de una altitud promedio de 3 200 – 3 800 msnm y 5 921 de una altitud promedio de 4 000 a 4 400 msnm.

De los registros analizados, 30 646 (92,2%) fueron varones y la edad promedio en varones varió según los niveles de altura entre 31,1 y 35,5 años y el IMC entre 24,3 y 25,8 m/kg².

Los parámetros de la función pulmonar en varones mostraron que el CVF y del VEF1 en promedio se incrementaba con la altura. El CVF en el grupo con altura 0 – 100 msnm fue de $4,6 \pm 0,64$ (media \pm desviación estándar), en la altura 2 300 - 2 800 msnm

fue de $4,8 \pm 0,67$, en la altura 3 200 - 3 800 msnm fue de $4,9 \pm 0,65$, en la altura de 4 000 - 4 400 msnm fue $4,8 \pm 0,65$.

En el caso del VEF1, en el grupo con altura 0 - 100 msnm fue de $3,8 \pm 0,54$, en el grupo de 2 300 - 2 800 msnm fue $3,9 \pm 0,59$, en el grupo de 3 200 - 3 800 msnm fue de $4,0 \pm 0,57$ y en el grupo de 4 000 - 4 400 msnm fue de $4,0 \pm 0,59$.

En cuanto al parámetro del VEF1/CVF, se evidenció un mayor promedio en las mujeres en los grupos geográficos de mayor altura, siendo los valores para el grupo de 3 200 - 3 800 msnm de 0,83 DE: 0,05, y en los 4 000 a 4 400 msnm de 0,840 DE: 0,05. Ver Tabla 1 para mayores detalles de los parámetros respiratorios por sexo.

En la Tabla 2 se muestra que, para los valores esperados de CVF, VEF1 y VEF1/CVF, por cada año ganado, disminuyen en promedio entre -0,0151 a -0,0238, -0,0227 a -0,0296 y entre -0,0016 a -0,0029, respectivamente, en los cuatro niveles de altitud; se observó, además, un mayor valor de los coeficientes B_1 entre los 0 y 100 msnm. Por otro lado, se observó que por cada unidad de talla ganada los valores de CVF y VEF1 se incrementaron entre

0,0437 a 0,0564 y entre 0,0349 a 0,0435, respectivamente, en los cuatro niveles de altitud. Resultados similares se reportan en la Tabla 3 para el grupo de mujeres.

En las Tablas 2 y 3 se muestran los resultados de las ecuaciones espirométricas de referencia que fueron construidas según las recomendaciones del estudio de Crapo et al. [5], para el modelo $Y = B_0 + B_1 \times \text{Edad} + B_2 \times \text{Talla}$, estratificado por sexo y para cada nivel de altura. Los coeficientes fueron comparados entre ellos y con los reportes de estudios previos, ver Tabla 4.

Finalmente, los resultados del LIN, o también conocido como el intervalo de confianza al 95% se observan en las Tablas 5 y 6. Los resultados de R^2 o el ajuste de los modelos evaluados, se muestran en las Tablas 2 y 3. En varones estos mostraron valores bajos de R^2 , variando entre 25% y 30% para CVF, 32% y 54% para VEF1 y desde 9% hasta 18% para la razón VEF1/CVF, encontrándose los valores más bajos entre los niveles de 10 - 100 msnm y 3 200 - 3 800 msnm. En mujeres se encontraron valores similares que variaron entre 23,8 y 28,3% para CVF, entre 26,9% y 36,1% para VEF1 y entre 5,2% y 18,8% para VEF1/CVF.

Tabla 1. Características generales de la población en estudio, según niveles de altura (n = 33 232).

Característica	Masculino				Femenino			
	10 - 100*	2 300 - 2 800*	3 200 - 3 800*	4 000 - 4 400*	10 - 100*	2 300 - 2 800*	3 200 - 3 800*	4 000 - 4 400*
	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE
Edad	35,5 \pm 9,14	34,6 \pm 8,36	34,6 \pm 8,48	34,7 \pm 9	31,1 \pm 7,93	32,02 \pm 7,59	31,2 \pm 6,78	32,6 \pm 9
Talla	165,1 \pm 6,2	164,4 \pm 6,06	162,3 \pm 5,37	163,2 \pm 5,55	155,8 \pm 5,5	154,2 \pm 6,05	151,8 \pm 5,18	151,9 \pm 5,74
IMC	25,8 \pm 2,47	25,5 \pm 2,48	25,1 \pm 2,49	24,8 \pm 2,56	24,2 \pm 2,76	24,7 \pm 2,74	24,9 \pm 2,53	24,53 \pm 2,73
CVF	4,6 \pm 0,64	4,8 \pm 0,67	4,9 \pm 0,65	4,8 \pm 0,65	3,4 \pm 0,47	3,5 \pm 0,51	3,56 \pm 0,47	3,59 \pm 0,52
VEF1	3,8 \pm 0,54	3,9 \pm 0,58	4 \pm 0,57	4 \pm 0,59	2,8 \pm 0,4	2,9 \pm 0,41	2,95 \pm 0,41	3,02 \pm 0,46
VEF1/CVF	0,8 \pm 0,05	0,8 \pm 0,05	0,8 \pm 0,05	0,8 \pm 0,06	0,8 \pm 0,05	0,8 \pm 0,04	0,83 \pm 0,05	0,84 \pm 0,05
FEF 25 - 75	3,9 \pm 1,02	4 \pm 1,1	4,2 \pm 1,2	4,3 \pm 1,36	3,3 \pm 0,81	3,4 \pm 0,83	3,3 \pm 0,96	3,5 \pm 1,03

* en metros sobre el nivel del mar

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; CVF: capacidad vital forzada; VEF1: volumen espiratorio forzado al primer segundo; FEF: flujo espiratorio medio

Tabla 2. Ecuaciones de referencia en varones entre los 18 y 65 años (n = 30 646)

Variable	10 - 100 msnm (n = 14 490)			2 300 - 2 800 msnm (n = 4 647)			3 200 - 3 800 msnm (n = 6 100)			4 000 - 4 400 msnm (n = 5 409)		
	CVF	VEF1	VEF1/CVF	CVF	VEF1	VEF1/CVF	CVF	VEF1	VEF1/CVF	CVF	VEF1	VEF1/CVF
Edad	-0,0189	-0,0227	-0,0016	-0,0238	-0,0296	-0,0021	-0,0151	-0,0264	-0,0029	-0,0158	-0,0265	-0,0029
Talla	0,0437	0,0349	-0,0001	0,0511	0,0398	-0,0003	0,0541	0,0418	-0,0004	0,0564	0,0435	-0,0006
Intercepto	-18,937	-11,602	0,9037	-26,983	-15,359	0,9496	-33,104	-18,206	0,9965	-38,214	-2,173	10,345
R ²	0,264	0,3236	0,086	0,3026	0,5393	0,1162	0,25	0,3288	0,1761	0,297	0,3579	0,1789

msnm: metros sobre el nivel del mar; CVF: capacidad vital forzada; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; R²: coeficiente de determinación

Tabla 3. Ecuaciones de referencia en mujeres entre los 18 a 65 años (n=2 586).

Variable	10 - 100 msnm (n=1 319)			2 300 - 2 800 msnm (n=398)			3 200 - 3 800 msnm (n=357)			4 000 - 4 400 msnm (n=512)		
	CVF	VEF1	VEF1/CVF	CVF	VEF1	VEF1/CVF	CVF	VEF1	VEF1/CVF	CVF	VEF1	VEF1/CVF
Edad	-0,0069	0,01169	-0,00178	-0,0135	-0,0163	-0,0015	-0,0185	-0,0228	-0,0023	-0,0139	-0,2027	-0,0025
Talla	0,0399	0,0334	0,00001	0,0393	-0,0319	-0,0003	0,042	0,0321	-0,0009	0,0387	0,0305	-0,0006
Intercepto	-25,704	-19,545	0,8942	-21,299	-1,469	0,9414	-22,384	-12,021	10,468	-18,322	-0,9572	10,174
R ²	0,2384	0,2687	0,0753	0,277	0,3278	0,0528	0,2833	0,2972	0,1058	0,2726	0,3607	0,1876

mns: metros sobre el nivel del mar; CVF: capacidad vital forzada; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; R²: coeficiente de determinación

Tabla 4. Resultados de los coeficientes de las ecuaciones planteadas en estudios previos para el cálculo de los valores espirométricos.

Parámetro y fuente	Varones			Mujeres		
	Intercepto	Edad	Talla	Intercepto	Edad	Talla
CVF						
Rodríguez <i>et al.</i> *	-177,525	0,00584	228,261	-184,838	0,0092	237,920
Crapo <i>et al.</i> [5]	-46,500	-0,0214	0,060	-35,900	-0,0216	0,0491
Hankinson <i>et al.</i> [21]	0,2376	-0,0089	-	0,1210	0,0031	-
Pérez-Padilla <i>et al.</i> [11]	-31,713	-0,0289	-	-13,607	0,0374	-
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (0 - 100 msnm)	-18,937	-0,0189	0,0437	-25,704	-0,0069	0,0399
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (2 300 - 2 800 msnm)	-26,983	-0,0238	0,0511	-21,299	-0,0135	0,0393
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (3 200 - 3 800 msnm)	-33,104	-0,0511	0,0541	-22,384	-0,0185	0,0420
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (4 000 - 4 400 msnm)	-38,214	-0,0158	0,0564	-18,322	-0,0139	0,0387
VEF1						
Rodríguez <i>et al.</i> *	-272,134	-0,0217	34,53	-0,1563	0,0045	-
Crapo <i>et al.</i> [5]	-21,900	-	0,0410	-15,780	-0,0255	0,0342
Hankinson <i>et al.</i> [21]	0,6306	-0,0292	-	0,4529	-0,0118	-
Pérez-Padilla <i>et al.</i> [11]	-1,564	-0,0314	0,0398	-0,6354	-0,0269	0,0288
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (0 - 100 msnm)	-11,602	-0,0227	0,0349	-19,545	-0,0117	0,03340
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (2 300 - 2 800 msnm)	-15,359	-0,0296	0,0398	-14,690	-0,0163	0,0319
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (3 200 - 3 800 msnm)	-18,206	-0,0264	0,0418	-12,021	-0,0228	0,0321
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (4 000 - 4 400 msnm)	-21,730	-0,0265	0,0435	-0,9572	-0,2027	0,0305
VEF1/CVF						
Rodríguez <i>et al.</i> *	35,529	-0,0252	-302,900	4,401,3	-0,1096	-553,491
Crapo <i>et al.</i> [5]	110,49	-0,1520	-0,1300	1,265,800	-0,2520	-0,2020
Hankinson <i>et al.</i> [21]	90,024	-0,2186	-	-	923,600	-
Pérez-Padilla <i>et al.</i> [11]	89,95	-0,1926	-	-	890,900	-
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (0 - 100 msnm)	0,9037	-0,0016	-0,0001	0,8942	-0,00178	0,00001
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (2 300 - 2 800 msnm)	0,9496	-0,0021	-0,0003	0,9414	-0,0015	-0,0003
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (3 200 - 3 800 msnm)	0,9965	-0,0029	-0,0004	10,468	-0,0023	-0,0009
Llanos-Salcedo <i>et al.</i> (4 000 - 4 400 msnm)	10,345	-0,0029	-0,0006	10,174	-0,0025	-0,0006

* Rodríguez N, Rojas M, Guevara D, Dennis RJ, Maldonado D. Generación de valores de referencia para la evaluación de la espirometría: estudio en una población colombiana. *Acta Medica Colomb.* 2002;27(6):389-97.

CVF: capacidad vital forzada; mns: metros sobre el nivel del mar; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo

DISCUSIÓN

En el presente estudio se midieron los parámetros espirométricos en 33 232 sujetos entre varones y mujeres peruanos de diferentes altitudes. La toma de espirometría se realizó con procedimientos estandarizados a las recomendaciones de la Guía de NIOSH sobre entrenamiento en espirometría, así como considerar los criterios de inclusión y exclusión del estudio.

De los estudios previamente publicados sobre valores referenciales espirométricos se tomaron los parámetros CVF, VEF1 y VEF1/CVF como variables de interés, se consideraron a la edad y talla como variables predictoras y se hizo estratificaciones el análisis por sexo y altura geográfica. Los análisis mostraron que las ecuaciones cumplieron con los supuestos de normalidad, permitiendo aplicar un modelo de regresión lineal para los cálculos respectivos de los valores del LIN con un intervalo de confianza al 95%.

Si bien se ha demostrado que existe una relación entre el índice de masa corporal o el sexo y los valores espirométricos^[23], también la grasa torácica y la grasa abdominal tienen influencia en los valores espirométricos, relacionándose negativamente con éstos. Los estudios demostraron que la grasa corporal tiene mayor influencia sobre los valores espirométricos que la grasa corporal regional^[5]. En nuestro estudio, aquellos sujetos con IMC > 30 kg/m² no fueron incluidos en el análisis. Así mismo, como lo indica Melo *et al.*^[4] los pacientes con obesidad tienen la característica de tener parámetros espirométricos restrictivos.

Nuestros resultados mostraron que en varones hubo un ligero aumento en el valor promedio de VEF1 en poblaciones que residen desde los 100 – 1 000 msnm hasta los 2 300 a 2 800 msnm. Sin embargo, no hubo diferencias entre los que residen entre 3 200 – 3 800 msnm y 4 000 – 4 400 msnm. En el caso de mujeres se observó un aumento del VEF1 con el aumento de altura geográfica en todos los niveles.

Los distintos estudios realizados a la fecha no ofrecen ecuaciones referenciales para grupos étnicos peruanos, más aún en diferentes zonas de altura geográfica, esto debido a las condiciones climáticas, anatómicas y fisiológicas que podrían complicar los diagnósticos de patologías obstructivas^[16]. El estudio PLATINO^[11] tiene una aproximación con la altura geográfica debido a que realizaron un estudio en cinco poblaciones diferentes; sin embargo, las diferentes características étnicas, así como el tema de la altura sobre el nivel del mar y otras condiciones ambientales podrían hacer notar cambios en la función pulmonar.

El estudio PLATINO^[11,20] basado en grupos étnicos distintos a los presentes en Perú en comparación a los valores usados en estudios realizados en poblaciones peruana, mostró un aumento del valor de 8,4% en el CVF, aumento del 15,5% en el VEF1 y un 4,6% en el cociente. El estudio muestra los valores espirométricos de Sao Paulo, Santiago, México, Montevideo, Caracas, los cuales tienen resultados de CVF, VEF1, VEF1/CVF menores a los hallado en nuestro estudio para pobladores residentes a nivel del mar^[11]. Cabe precisar que este estudio latinoamericano solo considero como rango de edad a mayores de 40 años, lo que generó una

Tabla 5. Estimación del LIN para varones según diferentes niveles de altitud (n= 30 646).

Parámetro	10 - 100 msnm	2 300 - 2 800 msnm	3 200 - 3 800 msnm	4 000 - 4 400 msnm
	LIN (IC 95%)	LIN (IC 95%)	LIN (IC 95%)	LIN (IC 95%)
CVF	3,58 (3,57 -3,58)	3,78 (3,77 - 3,79)	3,84 (3,84 - 3,85)	3,75 (3,74-3,76)
VEF1	2,93 (2,93- 2,93)	3,06 (3,05-3,07)	3,13 (3,12-3,14)	3,075 (3,06-3,098)
VEF1/CVF	0,72 (0,72-0,72)	0,71 (0,71-0,71)	0,71 (0,71-0,71)	0,72 (0,72-0,72)

mmsm: metros sobre el nivel del mar; LIN: límite inferior de la normalidad; CVF: capacidad vital forzada; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo

Tabla 6. Estimación del LIN para mujeres según diferentes niveles de altitud (n=2 586).

Parámetro	10 - 100 msnm	2 300 - 2 800 msnm	3 200 - 3 800 msnm	4 000 - 4 400 msnm
	LIN (IC 95%)	LIN (IC 95%)	LIN (IC 95%)	LIN (IC 95%)
CVF	2,6 (2,61-2,64)	2,64 (2,61-2,66)	2,76 (2,74-2,79)	2,7 (2,67-2,72)
VEF	2,04 (2,19-2,321)	2,26 (2,23-2,28)	2,26 (2,23-2,28)	2,28 (2,26-2,31)
VEF1/CVF	0,74 (0,74-0,74)	0,74 (0,74-0,74)	0,73 (0,73-0,73)	0,74 (0,74-0,75)

mmsm: metros sobre el nivel del mar; LIN: límite inferior de la normalidad; CVF: capacidad vital forzada; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo

desventaja para compararlo con nuestro estudio que abarca una población desde los 18 años.

Existe una similitud en cuanto a los resultados obtenidos en los estudios de Canavari ^[16] y Córdova ^[15], que encontraron una diferencia en litro del CVF de 0,02 y 0,25, respectivamente, una diferencia en litros del VEF1 de 0,33 y 0,16, respectivamente en varones y una diferencia en litro del CVF de 0,12 y 0,22, respectivamente; así mismo, una diferencia en litros del VEF1 de 0,31 y 0,18, respectivamente en mujeres; teniendo en cuenta que fueron estudios realizados en población peruana a más de 3 000 msnm, guardan relación con nuestros resultados.

Nuestros resultados, en cuanto al intercepto, no son similares a los hallados en otros estudios, siendo el más cercano el intercepto del grupo de altura 0 - 100 msnm en mujeres (cuyo valor es de -2,57 frente a -3,59 de Capro et al. ^[5]). Una de las explicaciones sería que estos estudios no contemplaron población a grandes alturas geográficas. Los estudios realizados en México (2 240 msnm) ^[11] presentaron características similares a nuestra población estudiada (Tabla 4).

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones, entre las cuales debemos de mencionar que no se pudo verificar el lugar de origen de la población de estudio, lo cual podría afectar sus valores espirométricos. Empero, la mayoría de los participantes radican gran parte de su tiempo en las zonas de estudio y se espera que después de seis meses de residencia exista ya cierta adaptabilidad.

Adicionalmente, a pesar de que todo el personal encargado de las evaluaciones espirométricas ha sido adecuadamente entrenado y se contaba con supervisores en cada sede, es posible que se haya cometido algún sesgo de medición debido a que la evaluación es personal dependiente y subjetiva.

Es posible que algunos criterios de exclusión, como consumo de tabaco, no se hayan reportado oportunamente por los participantes debido a que todos se encontraban en procesos de admisión a un trabajo. Además, si bien se ha reportado previamente una relación del sobrepeso sobre los valores espirométricos, no incluir a dicha población en nuestro análisis pudo llevarnos a un importante sesgo y el estudio dejaría de tener la representatividad que inicialmente nos planteamos. Finalmente, otro punto a considerar es el tema del efecto del “trabajador sano” ^[24], debido a que se tendrá una población trabajadora que va a ser distinta de la población total, una que tiene un índice menor de enfermedad o fallecimiento que la población en general, sobre todo respecto a enfermedades laborales.

A modo de conclusión indicamos que este es el primer estudio peruano que reporta valores referenciales espirométricos para CVF, VEF1 y VEF1/CVF en cuatro niveles de altitud, siguiendo las recomendaciones internacionales. Las ecuaciones obtenidas para CVF, VEF1, VEF1/CVF en este estudio incluyeron los predictores de

edad y talla, para cada nivel de altitud y según sexo, encontrando ajustes bajos pero que incrementaron con el nivel de altitud. Se recomienda futuros estudios que permitan confirmar nuestros hallazgos, los cuales permitirán una mejor práctica clínica, salud ocupacional e investigación.

Agradecimientos: los autores agradecen a los trabajadores y a las autoridades del SAMO que permitieron los análisis secundarios de datos de los registros médicos ocupacionales. Este manuscrito fue preparado como parte de las actividades del programa de actualización en investigación (PAI) de la Universidad Científica del Sur, el cual permitirá obtener el grado académico de Maestro en Medicina Ocupacional y del Medio Ambiente. Los autores agradecen el apoyo y la guía recibida de los profesores.

Contribuciones de autoría: CLLS, KMF y JMQ diseñaron el estudio; CLLS y KMF gestionaron los permisos y realizaron la obtención de datos para la realización del análisis de datos. JMQ realizó todos los análisis estadísticos. CLLS y KMF redactaron el borrador del manuscrito. CLLS, KMF y JMQ redactaron la versión final y aprobaron el manuscrito final.

Fuente de financiamiento: autofinanciado.

Potencial conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflictos de intereses para la realización del presente estudio.

ORCID

Catherine Llanos-Salcedo, <https://orcid.org/0000-0003-2097-7073>

Katia Muñoz-Farfán, <https://orcid.org/0000-0003-1351-8012>

Jorge L. Maguiña, <https://orcid.org/0000-0002-4136-7795>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Torre-Bouscoulet L, Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC, Franco-Marina F, Sánchez-Gallén E, Corcho-Verdugo A, et al. Ajuste de varias ecuaciones de referencia espirométrica a una muestra poblacional en México. *Salud Publica Mex.* 2006;48(6):466-73. doi: 10.1590/s0036-36342006000600004.
2. Enright PL. How to make sure your spirometry tests are of good quality. *Respir Care.* 2003;48(8):773-6.
3. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38. doi: 10.1183/09031936.05.00034805.
4. Gutiérrez M, Fierro Ana, Vallejo R, Facillongo C. Evaluación de diferentes valores de referencia espirométricos para el diagnóstico de alteración restrictiva en población chilena. *Rev Chil Enferm Respir.* 2006;22(2):86-92. doi: 10.4067/S0717-73482006000200002.
5. Crapo O, Hankinson JL, Irvin C, MacIntyre NR, Voter KZ, Wise RA, et al. Standardization of spirometry: 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152(3):1107-36. doi:10.1164/ajrccm.152.3.7663792.
6. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Galdiz JB, Giner J, et al. *Espirometría.* 2013;49(9):388-401. doi: 10.1016/j.arbres.2013.04.001.

7. Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC). NIOSH. Unidad 5: cálculos espirométricos básicos. En: CDC. Guía NIOSH sobre entrenamiento en espirometría [Internet]. Atlanta: CDC; 2014 [citado 20 setiembre de 2020]. Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c_sp/pdfs/2004-154c-ch5.pdf
8. Rivero-Yeverino D. Spirometry: Basic concepts. *Rev Alerg Mex*. 2019;66(1):76-84. doi: 10.29262/ram.v66i1.536.
9. Pérez-Padilla JR, Regalado-Pineda J, Vázquez-García JC. Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores mexicanos y valores de referencia internacionales. *Salud Publica Mex*. 2001;43(2):113-21.
10. Moore VC. Spirometry: Step by step. *Breathe*. 2012;8(3):233-40. doi: 10.1111/j.1440-1843.2012.02149.x.
11. Pérez-Padilla R, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, Montes de Oca M, et al. Valores de referencia espirométrica en 5 grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 o más años de edad TT. *Arch Bronconeumol*. 2006 Jul;42(7):317-25. doi: 10.1016/s1579-2129(06)60540-5.
12. Rojas MX, Dennis RJ. Valores de referencia para parámetros de espirometría en la población adulta residente en Bogotá, D. C., Colombia. *Biomédica*. 2014;30(1):82-94. doi: 10.7705/biomedica.v30i1.156.
13. Braun L, Wolfgang M, Dickersin K. Defining race/ethnicity and explaining difference in research studies on lung function. *Eur Respir J*. 2013;41(6):1362-70. doi: 10.1183/09031936.00091612.
14. Gutiérrez M, Valdivia G, Villarroel L, Contreras G, Cartagena C, Lisboa C. New spirometric reference equations for healthy Chilean adults. *Rev Med Chil*. 2014;142(2):143-52. doi: 10.4067/S0034-98872014000200001.
15. Córdova EG, Rojas FG, Mujica E. Valores espirométricos en pobladores de altura con sobrepeso. *An la Fac Med*. 2019;79(4):288-92. doi: 10.15381/anales.v79i4.15631.
16. Canaviri-Mauricio V, Canaviri-Mauricio H. Determinación y comparación de los volúmenes pulmonares entre las poblaciones que viven a nivel del mar y a más de 3000 msnm. *Rev Fac Med Humana*. 2018;18(3):52-6. doi: 10.25176/rfmh.v18.n3.1592.
17. Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL, Townsend MC, Eschenbacher WL, Von Essen SG, et al. Official american thoracic society technical standards: spirometry in the occupational setting. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014;189(8):983-93. doi: 10.1164/rccm.201402-0337st.
18. Liang BM, Lam DCL, Feng YL. Clinical applications of lung function tests: A revisit. *Respirology*. 2012;17(4):611-9. doi: 10.1111/j.1440-1843.2012.02149.x.
19. Gutiérrez CM, Beroza WT, Borzone TG, Caviedes SI, Céspedes GJ, Gutiérrez NM, et al. Espirometría: Manual de procedimientos. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2006. *Rev Chil Enferm Respir*. 2009;23(1):31-42. doi: 10.4067/s0717-73482007000100005.
20. Araya BM, Pertuzé RJ, Valdivia CG, Batista MAM, Pérez PR, Fuentes YH, et al. Calidad de las espirometrías en un estudio epidemiológico de terreno: Factores determinantes de la necesidad de repetir el examen en el estudio PLATINO-Chile. *Rev Chil Enferm Respir*. 2009;21(3):155-63. doi: 10.4067/s0717-73482005000300002.
21. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. Population. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159(1):179-87. doi: 10.1164/ajrccm.159.1.9712108.
22. Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud. Guía técnica para realizar espirometría ocupacional [Internet]. Lima: INS; 2008 [citado 20 setiembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/handle/INS/244>
23. Martin R, Turrión A, Rodríguez R, Concepción M. The effects of truncal adiposity in forced spirometry: sex differences. *Respir Physiol Neurobiol*. 2018;247:167-73. doi: 10.1016/j.resp.2017.10.009.
24. Peralta N, Godoi AG, Härter R, Miller L. Validez y confiabilidad del índice de capacidad para el trabajo en trabajadores del primer nivel de atención de salud en Argentina. *Salud Colect*. 2012;8(2):163-73. doi: 10.1590/S1851-82652012000200005.