



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA HUMANA

“VALORES DE REFERENCIA PARA PARÁMETROS
ESPIROMÉTRICOS EN TRABAJADORES SANOS DE
DIFERENTES ALTITUDES DEL PERÚ”

Tesis presentada por:

Catherine Fiorella Llanos Salcedo

para optar el grado de:

MAESTRO EN SALUD OCUPACIONAL CON MENCIÓN EN
MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE

Tesis presentada por:

Katia Adela Muñoz Farfán

Para optar el grado de:

MAESTRO EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO
AMBIENTE

Asesor:

Jorge Luis Maguiña Quispe

Lima – Perú

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 01 de octubre de 2019

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Fermin Paul Ruiz Gutierrez
Integrante: PHD. Leda Yamilee Hurtado Roca
Integrante: Mg. Miluska Lisbeth Bromley Cueva

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Valores de referencia para parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes altitudes del Perú

Presentada por los estudiantes:

- Catherine Fiorella Llanos Salcedo
- Katia Adela Muñoz Farfán

Para optar el Grado Académico de Maestro en Medicina Ocupacional y del Medio Ambiente

Asesorada por:

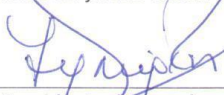
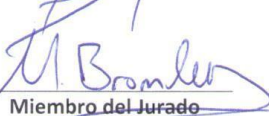
- Mg. Jorge Luis Maguiña Quispe

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Integrante 1: Catherine Fiorella Llanos Salcedo			Nota (escrito): 17
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Integrante 2: Katia Adela Muñoz Farfán			Nota (escrito): 17
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


 Presidente del Jurado

 Miembro del Jurado


 Miembro del Jurado

 Asesor

AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen a los trabajadores y a las unidades 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 agradecemos el apoyo y la guía recibida de los profesores.

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

RESUMEN:

Objetivo: Estimar los valores de referencia de los parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes altitudes del Perú.

Materiales y métodos: El presente trabajo corresponde a un análisis secundario de base de datos poblacional para lo cual se propuso realizar un estudio transversal analítico.

Resultados: Los parámetros de la función pulmonar se encontraron que existía un mayor promedio de la CVF y del VEF1 en los varones a medida que incrementa la altura. En cuanto al parámetro del VEF1/CVF, se evidenció un mayor promedio en las mujeres en los grupos geográficos de mayor altura.

Conclusiones: Los valores espirométricos de VEF1 y CVF son diferentes según nivel de altitud de la población en donde se evalúa. Por lo tanto, existe una relación entre los valores espirométricos y los niveles de altitud en población peruana.

Palabras clave: valores referenciales; espirometría; altitud; trabajadores sanos, Perú

ABSTRACT

Objective: Estimate the reference values of spirometric parameters in healthy workers of different altitudes in Peru.

Methods: This work corresponds to a secondary population database analysis for which we propose to conduct a cross-sectional analytical study.

Results: Lung function parameters were found to have higher average CVF and VEF1 in

males as height increases. As for the VEF1/CVF parameter, a higher average in women in the highest geographic groups is evident.

Conclusions: VEF1 and CVF levels are affected by the altitude level of the population where it is evaluated and sex. Therefore, there is a relationship between the spirometric values and altitude levels in Peruvian population.

Keywords: values, spirometry, altitude, Peru

1. 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 es utilizada para el diagnóstico y seguimiento de la función pulmonar (4,5), y para realizar evaluaciones en sujetos que manifiesten signos o síntomas de patología respiratoria (4,6). Incluso diversas instituciones como la Asociación Americana del Tórax (3,7), la Asociación Latinoamericana del Tórax, la Sociedad Respiratoria Europea, recomiendan la prueba de espirometría como parte de las evaluaciones que se deben realizar a los pacientes con posible enfermedad respiratoria (8–11).

Los valores referenciales espirométricos son de ayuda para una correcta interpretación de la espirometría, estos valores dependen primariamente de la edad, el sexo, la estatura y el peso (12,13). Estudios previos en poblaciones con características heterogéneas han reportado diferencias importantes en los valores de espirometría, 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 exclusiva de los parámetros espirométricos, estos se evalúan como referencia de estudios ejecutados en diferentes poblaciones, en donde han modelado ecuaciones de predicción para los diferentes parámetros espirométricos (1,14,18). En los países latinoamericanos se cuentan con valores de referencia, obtenidos de algunos estudios realizados. Sin embargo, estos

presentan algunas limitaciones como la procedencia y el número de sujetos, el uso de diferentes equipos, o la forma de analizar dicha información(11). Siendo un tema de importancia su adecuada interpretación, por ello los resultados obtenidos deben ser comparados con un valor de referencia (19).

En el Perú no se han realizado estudios para establecer valores referenciales espirométricos (VE) predeterminados, por lo tanto se sigue la recomendación de la Tercera Encuesta de Salud y Nutrición de la Unión Americana (NHANES III) (16), la cual sugiere aplicar ecuaciones usadas en poblaciones con características similares a la población a estudiar (12). Esto también ha sido respaldado por el proyecto Latinoamericano de Investigación en Obstrucción Pulmonar (PLATINO)(11,20) 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 tiene similitud con la población peruana, por lo que se podría utilizar ésta ecuación para calcular los valores espirométricos referenciales en la población peruana (4). Sin embargo, no se consideró que existen diferencias altitudinales que pueden hacer que estos datos sean diferentes. Por lo tanto, nosotros nos propusimos calcular los valores de referencia de los parámetros espirométricos en trabajadores sanos de diferentes altitudes del Perú, estableciendo ecuaciones referenciales que se ajustan a la realidad étnica y geográfica de nuestro país.

2. Materiales y métodos:

Realizamos un estudio observacional transversal analítico retrospectivo, para lo cual realizamos un análisis secundario de la base de datos de registros de evaluaciones medicas 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 Perú. Los sujetos fueron medidos siguiendo el procedimiento establecido por el SAMO, el cual tomo como referencia a la guía de NIOSH sobre entrenamiento en Espirometría(7), la American Thoracic Society (ATS)(3) y la guía técnica para realizar espirometría ocupacional (GEMO 006)(22).

Un total de 89 921 registros comprendidos entre el periodo mayo – junio del 2019 se descargaron de la base de datos del SAMO. Todos los registros fueron obtenidos de la base de datos de evaluaciones medicas ocupacionales que utiliza el SAMO acreditado por la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental), para luego ser consolidados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft Corporation®).

Se excluyeron del análisis 56 689, registros de fumadores (n=773), o quienes reportaron algún antecedente patológico, tipo infarto de miocardio, cirugías en los últimos 6 meses, gestación actual, patologías respiratorias (n=2918), y estado nutricional de sujetos con bajo peso y obesidad (n=5596), así como los registros que no presentaron datos completos y de calidad para nuestras variables de interés (n=47372). Todos los criterios fueron tomados del trabajo previamente presentado por Hankinson et al (21) para establecer valores de referencia en espirometría. (Ver figura 1)

Finalmente 33 232 registros de trabajadores de las ciudades de Trujillo, Pisco, Marcona, Lima (altura promedio 100 msnm); Arequipa, Cajamarca (2300 a 2800 msnm); Huancayo, La Oroya, Orcopampa, Oyón (3200 a 3800 msnm); Carhuacoto y Cerro de Pasco (4000 a 4400 msnm), fueron incluidos en el análisis.

Las variables sociodemográficas consideradas en el presente estudio fueron: niveles de altitud (0 a 100 msnm; 2300 a 2800 msnm; 3200 a 2800; 3200 a 3800 msnm; 4000 a 4400 msnm), sexo (masculino/femenino), edad en años, peso (Kg), talla (metros), índice de masa corporal (IMC: ≥ 18.5 a ≤ 29.9). Así mismo, nuestras variables clínicas de interés correspondientes a la espirometría fueron: capacidad vital forzada (CVF), volumen espiratorio forzado (VEF1), y la relación VEF1/CVF. También se ha definido el “rango normal” el cual comprende al 95% de una población sana, 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.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Stata 14.0 (Stata Corp. College Station, Texas USA). Las variables volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), capacidad vital forzada (CVF), así como 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. 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 $Y = B_0 + B_1xEdad + B_2*Talla$ (11). Donde Y corresponde a los valores esperados para CVF, VEF1, VEF1/CVF y 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 límite inferior de la normalidad (el percentil 5, el cual se calculó restando al valor promedio multiplicado por 1,645 veces la desviación estándar).

3. Aspectos éticos.

El presente estudio contó con la aprobación del Comité de Institucional de Ética e Investigación (CIEI) de la Universidad Científica del Sur, con 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.

4. Resultados:

Un total de 33 232 registros de trabajadores sanos de diferentes zonas altitudinales del Perú fueron analizados. Un total de 15 809 registros correspondieron a una altitud promedio de 100 msnm, 5045 de una altitud promedio en 2300 – 2800 msnm, 6457 de una altitud promedio de 3200 – 3800 msnm y 5921 de una altitud promedio de 4000 a 4400 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 a 35,5 y el IMC entre 24,3 a 25,8. 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 entre 0 – 100 msnm fue de 4.6 ± 0.64 , en la altura entre 2300 a 2800 msnm fue 4.8 ± 0.67 , en la altura 3200 a 3800 msnm fue de 4.9 ± 0.65 , en la altura de 4000 a 4400 msnm fue 4.8 ± 0.65 , en el caso del VEF1 en el grupo con altura entre 0 – 100 msnm fue de 3.8 ± 0.54 , en la altura

entre 2300 a 2800 msnm fue 3.9 ± 0.59 , en la altura 3200 a 3800 msnm fue de $4,0 \pm 0.57$, en la altura de 4000 a 4400 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 la altura de los 3200 a 3800 msnm de 0.83 ± 0.05 , y en los 4000 a 4400 msnm de 0.840 ± 0.05 . Ver tabla 1 para mayores detalles de los parámetros respiratorios por sexo.

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, 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 6.

La tabla 2 se observa que para los valores esperados de FVC, FEV1 y FEV1/FVC por cada año de edad ganado disminuyen en promedio entre -0.0151 a -0.0238, -0.0227 a -0.0296 y entre -0.0016 a -0.0029 respectivamente, para los cuatro niveles de altitud. Observándose un mayor valor de los coeficientes B_1 entre los 10 a 100 msnm.

Por otro lado, se observó que por cada unidad de talla ganada los valores de FVC y FEV1 se incrementaron entre 0.0437 a 0.0564 y entre 0.0349 a 0.0435, respectivamente, para los cuatro niveles de altitud. Resultados similares se reportan en la tabla 3 para el grupo de mujeres.

Finalmente los resultados del límite inferior de normalidad (LIN), o también conocido como el intervalo de confianza al 95% se pueden observar en las tablas 4 y 5. Los resultados del coeficiente de determinación (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 FVC, 32% y 54% para FEV1 y desde 9% hasta 18% para la razón FEV1/FVC, encontrándose los valores más bajos entre los niveles de 10-100 y 3200 a 3800 msnm. En mujeres se encontraron valores similares que variaron entre 23.8 y 28.3% para FVC, entre 26.9% y 36.1% para FEV1 y entre 5.2% y 18.8% para FEV1/FVC.

5. 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 de referencia espirométricos se ha tomado los siguientes parámetros CFV, VEF1, VEF1/CFV, como variables de interés, y considerando la edad y talla como variables predictoras y estratificando 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 límite inferior (LIN) con un intervalo de confianza al 95%.

Entre las variables de interés se encuentra el índice de masa corporal y el sexo, como lo indica el estudio de Martin Holguez-2018, tanto la grasa torácica como 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 no fueron incluidos en el análisis. Así mismo como lo indica Melo en su revisión sistemática los pacientes con obesidad están relacionados a parámetros espirométricos restrictivos (4).

Nuestros resultados mostraron que en varones hubo un ligero aumento en el coeficiente del VEF1 en poblaciones que residen desde los 100-1000msnm hasta los 3200-3800 msnm y 4000-4400 msnm. Sin embargo, no hubo diferencias entre estas últimas. En el caso de mujeres se observó un aumento lineal del VEF1 con el aumento de altura geográfica. 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 el tema de la altura geográfica, debido a que realizó un estudio en 5 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 al peruano en comparación a los valores usados en estudios realizados en poblaciones peruana, mostro 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 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), así como en el estudio de Córdova y Rojas hay 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, 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 3000 msnm guarda relación con nuestros resultados.

Si comparamos con los estudios internacionales podremos observar que no hay mucha aproximación de nuestros hallazgos en cuanto al intercepto con los de ellos, salvo en el caso de a los niveles de altura 0 a 100 msnm en mujeres que el intercepto está en -2.57, siendo el del estudio de Crapo et al., -3.59, el cual es el más semejante, los otros intercepto difieren de nuestros hallazgos, una de las explicaciones puede ser 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 (ver tabla 6).

Dentro de las limitantes encontradas tenemos el no poder verificar que la población de estudio sea nativa de las zonas de donde se han tomado los datos espirométricos o que provienen de otros lugares, otra limitación es la toma de espirometría por diferentes personas del SAMO (servicio de apoyo al médico ocupacional), personal con diferente dominio de la técnica, que puede dar nos un sesgo en cuanto al reporte del resultado de los hallazgos espirométricos, también debemos tener en cuenta la veracidad de la

información que brindan los trabajadores que se realizan los exámenes médicos ocupacionales en el SAMO, dado que se encuentran en proceso de admisión a un trabajo. Así también, si bien estudios previos han reportado un efecto del sobrepeso sobre los valores espirométricos, no incluir a dicha población en nuestro análisis pudo llevarnos a un importante sesgo de y el estudio dejaría de tener la representatividad que inicialmente nos planteamos. Otro punto a considerar como limitación es el tema del “efecto del trabajador sano”(23) , dado que se tendrá una población trabajadora que va a ser distinta de la población total, ya que los trabajadores muestran un índice menor de enfermedad o fallecimiento que la población en general, este efecto se ha observado principalmente en estudios relacionados a enfermedades laborales.

6. Conclusión:

Éste es el primer estudio peruano que reporta valores referenciales espirométricos para cuatro niveles de altitud, siguiendo las recomendaciones internacionales. Las ecuaciones obtenidas 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. Lo mismo se observó para algunos coeficientes de edad y talla para FVC, VEF1 y la razón FVC/FEV1.

Se recomienda futuros estudios que permitan corroborar nuestros hallazgos y que incorporen las variables nivel de altura y sexo en el establecimiento de los valores de referencia y el valor del límite inferior, los cuales permitirán una mejor práctica clínica, salud ocupacional e investigación.

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.
2. Enright PL. How to make sure your spirometry tests are of good quality. *Respir Care.* 2003;48(8):773–6.
3. Miller MR. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J [Internet].* 2005 Aug 1;26(2):319–38. Available from: <http://erj.ersjournals.com/cgi/doi/10.1183/09031936.05.00034805>
4. Gutiérrez C, Mónica, Fierro O Ana Maria Del, Vallejo P, Roberto & Faccilongo G, Carina. Evaluación de diferentes valores de referencia espirométricos para el diagnóstico de alteración restrictiva en población chilena. *Rev Chil enfermedades Respir [Internet].* 2006 Jun;22(2):86–92. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482006000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en. 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2013.04.001>
7. Niosh. Unidad 5: Cálculos Espirométricos Básicos. 2014;45. Available from: 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 - Spirometric reference values in 5 large Latin American Cities for subjects aged 40 years or over. *Arch Bronconeumol* [Internet]. 2006;42(7):317–25. Available from: <http://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/ibc-049306>. DOI: 10.1157/13090581
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. 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 C M, Valdivia C G, Villarroel D L, Contreras T G, Cartagena S C, Lisboa B C. New spirometric reference equations for healthy Chilean adults. *Rev Med Chil* [Internet]. 2014;142(2):143–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24953101>. DOI: 10.4067/S0034-98872014000200001
15. Córdova Córdova EG, Rojas Palpán FG, Mujica Albán E. Valores espirométricos en pobladores de altura con sobrepeso. *An la Fac Med.* 2019;79(4):288. DOI: 10.15381/anales.v79i4.15631
16. Canaviri Mauricio V, Canaviri Mauricio H. Determination and Comparison of Pulmonary

- Volumes Between Populations Living At the Sea Level and More Than 3000 Msnm. *Rev la 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):984–94. 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 C M, BeroÍza W T, Borzone T G, Caviedes S I, Céspedes G J, Gutiérrez N M, et al. Espirometría: Manual de procedimientos. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2006. *Rev Chil enfermedades Respir*. 2009;23(1):31–42. DOI: 10.4067/s0717-73482007000100005
 20. Araya B. M, Pertuzé R. J, Valdivia C. G, Batista M. AM, Pérez P. R, Fuentes Y. H, 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 enfermedades 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. Ugarte O, García P, Vidurritzaga M, Cossio J, Astete J, Oblitas T, et al. Guia tecnica para realizar espirometria ocupacional. *Minist Salud*. 2008. DOI: 10.4067/S0717-73482006000200002
 23. Peralta N, Godoi Vasconcelos AG, Härter Griep 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

Fuente de financiamiento:

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Tabla 1: Características generales de la población en estudio, según niveles de altura (n = 33232)

Características	Masculino								Femenino							
	10 - 100		2300 - 2800		3200 - 3800		4000 - 4400		10 - 100		2300 - 2800		3200 - 3800		4000 - 4400	
	Me	D	Me	D	Me	D	Me	D	Me	D	Me	D	Me	D	Me	D
Edad	35.5	9.1	34.6	8.3	34.6	8.4	34.7	8.9	31.1	7.9	32.0	7.5	31.7	6.7	32.7	6.9
Talla	165.1	6.2	164.4	6.0	163.2	5.3	163.5	5.5	155.8	5.5	154.4	6.0	151.8	5.8	151.9	5.4
IMC	25.8	2.7	25.5	2.8	25.1	2.9	24.8	2.6	24.2	2.6	24.7	2.7	24.9	2.3	24.5	2.3
FVC	4.6	0.6	4.8	0.7	4.9	0.5	4.8	0.6	3.4	0.4	3.5	0.5	3.5	0.6	3.5	0.5
FEV	3.8	0.4	3.9	0.8	4.5	0.7	4.5	0.9	2.8	0.4	2.9	0.1	2.9	0.5	3.0	0.6
FEV1/FVC	0.8	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0
FEF25-75	3.9	1.0	4.1	1.1	4.2	1.2	4.3	1.3	3.3	0.8	3.4	0.8	3.3	0.9	3.5	1.0

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

Variable	10 - 100 (n=14490)			2300 - 2800 (n=4647)			3200 - 3800 (n=6100)			4000 - 4400 (n=5409)		
	FVC	FEV1	FEV1/FVC	FVC	FEV1	FEV1/FVC	FVC	FEV1	FEV1/FVC	FVC	FEV1	FEV1/FVC
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	1.8937	1.1602	0.9037	2.6983	1.5359	0.9496	3.3104	1.8206	0.9965	3.8214	2.1733	1.0345
R2	0.264	0.3236	0.086	0.3026	0.5393	0.1162	0.2588	0.3288	0.1761	0.2979	0.3579	0.1789

Tabla 3: Ecuaciones de referencia en mujeres entre los 18 y 65 años de edad (n=2586)

Variable	10 - 100 (n=1319)			2300 - 2800 (n=398)			3200 - 3800 (n=357)			4000 - 4400 (n=512)		
	FVC	FEV1	FEV1 /FVC	FVC	FEV1	FEV1 /FVC	FVC	FEV1	FEV1 /FVC	FVC	FEV1	FEV1 /FVC
Edad	-0.0069	0.01169	-0.00178	-0.00135	0.00163	-0.00105	-0.00185	0.00228	-0.00203	-0.00139	0.00202	-0.00105
Talla	0.0399	0.0334	0.00001	0.0393	0.00319	-0.00003	0.042	0.0321	0.00009	0.0387	0.0305	-0.00006
Intercepto	-2.5704	1.9545	0.8942	2.1299	-1.4691	0.944	2.2384	1.2021	1.048	1.832	0.9572	1.0174
R2	0.2384	0.2687	0.0753	0.277	0.3278	0.0528	0.2833	0.2972	0.1058	0.2726	0.3607	0.1876

Tabla 4: Estimación del LIN para varones según diferentes niveles de altitud(n= 30646)

LIN	10 - 100		2300 - 2800		3200 - 3800		4000 - 4400	
	X	IC 95%	X	IC 95%	X	IC 95%	X	IC 95%
FVC	3.5 8	3.57 -3.58	3.7 8	3.77 - 3.79	3.8 4	3.84 - 3.85	3.75	3.74-3.76
FEV	2.9 3	2.93- 2.93	3.0 6	3.05-3.07	3.1 3	3.12-3.14	3.075	3.06- 3.098
FEV1/FVC	0.7 2	0.72-0.72	0.7 1	0.71-0.71	0.7 1	0.71-0.71	0.72	0.72-0.72

*X es LIN (Límite inferior de la normalidad)

Tabla 5: Estimación del LIN para mujeres según diferentes niveles de altitud(n=2586)

LIN	10 - 100		2300 - 2800		3200 - 3800		4000 - 4400	
	X	IC 95%	X	IC 95%	X	IC 95%	X	IC 95%
FVC	2.6	2.61-2.64	2.64	2.61-2.66	2.76	2.74-2.79	2.7	2.67-2.72
FEV	2.04	2.19-2.321	2.26	2.23-2.28	2.26	2.23-2.28	2.28	2.26-2.31
FEV1/ FVC	0.74	0.74-0.74	0.74	0.74-0.74	0.73	0.73-0.73	0.74	0.74-0.75

*X es LIN (Límite inferior de la normalidad)

Tabla 6: Resultados de los coeficientes de las ecuaciones planteadas en estudios previos para el cálculo de los valores espirométricos

Autores	Parámetro	Varones			Mujeres		
		Intercepto	Edad	Talla	Intercepto	Edad	Talla
Rodríguez	CFV	-177525.0000	0,00 584	22.82 61	184.838 0	0.009 2	237.92 00
Crapo	CFV	-4.6500	0.02 14	0,060	-3.5900	0.021 6	0.0491
Hankinson	CFV	0,2376	0.00 89		0.1210	0.003 1	
Pérez - Padilla	CFV	-3.1713	0.02 89			1.360 7	0.0374
Llanos- Muñoz (0 - 100 msnm)	CFV	-1.8937	0.01 89	0.043 7	-2.5704	0.006 9	0.0399
Llanos- Muñoz (2300 - 2800 msnm)	CFV	-26983.0000	0.02 38	0.051 1	-2.1299	0.013 5	0.0393
Llanos - Muñoz (3200 - 3800 msnm)	CFV	-3.3104	0.05 11	0.054 1	-2.2384	0.018 5	0.0420
Llanos- Muñoz (4000 - 4400 msnm)	CFV	-3.8214	0.01 58	0.056 4	-1.8322	0.013 9	0.0387
Rodríguez	VEF1	-27.2134	0.02 17	34,53	-0.1563	0.004 5	
Crapo	VEF1	-2.1900		0.041 0	-1.5780	0.025 5	0.0342
Hankinson	VEF1	0.6306	0.02 92		0.4529	0.011 8	
Pérez - Padilla	VEF1	-1564.0000	0.03 14	0.039 8	-0.6354	0.026 9	0.0288
Llanos- Muñoz (0 - 100 msnm)	VEF1	-1.1602	0.02 27	0.034 9	-1.9545	0.011 7	0.0334 0
Llanos- Muñoz (2300 - 2800 msnm)	VEF1	-1.5359	0.02 96	0.039 8	-1.4690	0.016 3	0.0319
Llanos - Muñoz (3200 - 3800 msnm)	VEF1	-1.8206	0.02 64	0.041 8	-1.2021	0.022 8	0.0321
Llanos- Muñoz (4000 - 4400 msnm)	VEF1	-2.1730	0.02 65	0.043 5	-0.9572	0.202 7	0.0305

			-	-		-	-
Rodríguez	VEF1/ CFV	35529.0000	0.02 52	30.29 00	4.401,3	0.109 6	5534.9 100
			-	-		-	
Crapo	VEF1/ CFV	110,49	0.15 20	0.130 0	126.580 0	0.252 0	- 0.2020
			-				
Hankinson	VEF1/ CFV	90024.0000	0.21 86			92.36 00	
			-				
Pérez - Padilla	VEF1/ CFV	89,95	0.19 26			89.09 00	
			-	-		-	
Llanos- Muñoz (0 - 100 msnm)	VEF1/ CFV	0.9037	0.00 16	0.000 1	0.8942	0.001 78	0.0000 1
			-	-		-	
Llanos- Muñoz (2300 - 2800 msnm)	VEF1/ CFV	0.9496	0.00 21	0.000 3	0.9414	0.001 5	- 0.0003
			-	-		-	
Llanos - Muñoz (3200 - 3800 msnm)	VEF1/ CFV	0.9965	0.00 29	0.000 4	1.0468	0.002 3	- 0.0009
			-	-		-	
Llanos- Muñoz (4000 - 4400 msnm)	VEF1/ CFV	1.0345	0.00 29	0.000 6	1.0174	0.002 5	- 0.0006