

# Factores asociados a la variación de valores espirométricos en trabajadores a gran altura

**Christian R. Mejía<sup>(1)</sup>, Matlin M. Cárdenas<sup>(2)</sup>, Onice J. Cáceres<sup>(3)</sup>, Araseli Verastegui-Díaz<sup>(4)</sup>, Claudia A. Vera<sup>(5)</sup>, Raúl Gomero-Cuadra<sup>(6)</sup>**

<sup>1</sup>Escuela de Medicina Humana, Universidad Continental. Huancayo, Perú.

<sup>2</sup>Asociación Médica de Investigación y Servicios en Salud, Lima, Perú.

<sup>3</sup>Asociación Médica de Investigación y Servicios en Salud, Lima, Perú.

<sup>4</sup>Facultad de Medicina Humana, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

<sup>5</sup>Facultad de Medicina Humana, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

<sup>6</sup>Sociedad de Medicina Ocupacional y Medio Ambiente. Lima, Perú.

## Correspondencia:

**Christian R. Mejía**

Dirección: Av. Las Palmeras 5713

Lima 39 - Perú.

Teléfono: (+51) 997643516

Correo electrónico: christian.mejia.md@gmail.com

La cita de este artículo es: C Mejía et al. Factores asociados a la variación de valores espirométricos en trabajadores a gran altura. Rev Asoc Esp Spec Med Trab 2020; 29: 34-41

## RESUMEN.

**Objetivo:** Determinar la variación temporal de los valores espirométricos según la altitud geográfica de la sede laboral en un grupo de trabajadores de una minera. **Material y Métodos:** Estudio longitudinal que usó los valores de espirometría tomados en varios años a trabajadores de dos sedes, una a nivel del mar y otra en gran altura de la serranía peruana. Se usó los valores del volumen espiratorio forzado al primer segundo (VEF1), la capacidad vital forzada (CVF) e índice Tiffeneau (VEF1/CVF). Se analizó con modelos que permiten ajustar por el tiempo (PA-GEE), con familia Gaussian, función de enlace identity y modelos robustos, la variable tiempo fue el año de la toma de espirometría. Se encontró los valores p y signos de coeficiente en cada caso. **Resultados:** De 1349 registros el 86% (1162) fueron varones, la mediana de las edades fue 35 años (rango intercuartílico:

## FACTORS ASSOCIATED WITH VARIATION IN SPIROMETRIC VALUES IN WORKERS AT HIGH ALTITUDE

### ABSTRACT

**Objective:** To determine the temporal variation in spirometric values according to the geographical altitude of labor location on a group of mining workers. **Material and methods:** A longitudinal study using spirometry values of workers taken several years at two locations, one at sea level and another at high altitude in the Peruvian highlands. The values of forced expiratory volume in one second (FEV1), forced vital capacity (FVC) and Tiffeneau index (FEV1/FVC) were used. It were analyzed with models that adjust for time (PA-GEE), with Gaussian family, identity link function and robust models, the time variable was the year of spirometry take. P value and coefficients were used in each case. **Results:** From 1349 records, 86% (1162) were male, the median

22-66 años). En el análisis multivariado se encontró que hubo una variación en los valores del VEF1 y CVF; estos aumentaron en los hombres, entre los que tenían mayor estatura y en los operarios, pero disminuyeron conforme aumentaba la edad del trabajador. El índice Tiffeneau únicamente disminuía según la edad del trabajador, ajustado por todas las variables mencionadas. **Conclusiones:** Según lo analizado, el cambio en los valores espirométricos está influido por las variables socio-antrópicas y el tipo de trabajo que realizan. Esto debe ser aplicado para el seguimiento de trabajadores que estén expuestos a condiciones similares, como parte de programas de vigilancia ocupacional.

**Palabras clave:** Salud Ocupacional; espirometría; estudio longitudinal.

---

Fecha de recepción: 9 de octubre de 2019

Fecha de aceptación: 15 de diciembre de 2019

---

## Introducción

La minería a gran altura es una actividad laboral importante en nuestro medio, que cuenta con personal que llega a pasar varios años trabajando en zonas de gran altitud<sup>(1)</sup>. En esta condición, la disminución de la presión atmosférica y la reducción de la presión de oxígeno inspirado<sup>(2)</sup>, son las principales causas de enfermedades agudas en individuos no aclimatados<sup>(3,4,5,6)</sup>. Sin embargo, el ser humano ha sabido adaptarse a este ambiente con la finalidad de realizar sus labores, no sin presentar cambios fisiológicos importantes<sup>(7,8,9,10,11)</sup>, siendo los cambios respiratorios algunos de los más importantes, ya que se reportan disminuciones de la Capacidad Vital Forzada (CVF) conforme aumenta el nivel de altura de residencia<sup>(12,13,14)</sup>.

Existen estudios que dan indicios de que a largo plazo los valores de la CVF pueden recuperarse e incluso mejorar<sup>(15,16)</sup>. Además, son aún controvertidos los resultados sobre los cambios en otros valores

age was 35 years (interquartile range: 22-66). In multivariate analysis we found that there was a variation in the values of FEV1 and FVC, these increased in men, among those with greater stature and operators, but decreased with increasing age of the worker. The Tiffeneau index decreased only according to age of the worker, adjusted for all variables.

**Conclusions:** According to these data, the change in spirometric values is influenced by the socio-anthropometric variables and the type of work they do. This must be applied for monitoring of employees who are exposed to similar conditions, as part of occupational surveillance programs.

**Keywords:** Occupational Health; spirometry; longitudinal study.

espirométricos, tales como el Volumen Espiratorio Forzado al primer segundo (FEV1) y el FEF25-75 (el rango intercuartílico del anterior)<sup>(17,18,19,20)</sup>. Gran parte de los estudios sobre la función pulmonar han sido realizados en cámaras de simulación de gran altura<sup>(14,20)</sup>, mientras que los realizados en campo se centran principalmente en montañistas que ascienden a grandes alturas por un periodo de días o semanas<sup>(21,22,23)</sup>, siendo insuficientes los estudios en poblaciones que ascienden para establecerse en un lugar de trabajo y presentan otro tipo de actividad, como las poblaciones que lo hacen por trabajo<sup>(24)</sup>.

Es por esto necesario realizar estudios sobre la función pulmonar en trabajadores mineros, que conforman una población importante por ser parte de uno de los sectores productivos en los que se basa la economía de países como el nuestro. Por lo cual el objetivo de este estudio fue determinar la variación temporal de los valores espirométricos según la altitud geográfica de la sede laboral en un grupo de trabajadores de una minera.

## Material y Métodos

### Diseño y población

Se realizó un estudio de tipo longitudinal analítico, usando los datos de espirometría tomados a los trabajadores en dos sedes de una empresa minera, siendo este un análisis de datos secundario de dos investigaciones previas realizadas en la misma población<sup>(25,26)</sup>. Las poblaciones evaluadas pertenecen a la población económicamente activa de dos ciudades representativas, ya que representan a los pisos altitudinales donde viven la mayor cantidad de pobladores y los que se dedican a la minería en nuestro territorio nacional. Se realizó un muestreo por conveniencia de tipo censal en las sedes analizadas.

Se incluyó a los trabajadores mayores de edad que laboraron por más de un año en alguna de las sedes de manera permanente, sin cambios en su puesto de trabajo o sedes. Se excluyó a los trabajadores que no tuvieron los datos completos de las variables principales a analizar, además, se excluyó a 8 trabajadores que tuvieron datos considerados como extremos en el índice Tiffenau (<60 o >100).

### Variables y herramientas

Como variable principal se utilizó el volumen espiratorio forzado al primer segundo (VEF1), la capacidad vital forzada (CVF) y el índice Tiffenau (VEF1/CVF). Por ser los parámetros evaluados en las espirometrías analizadas. Dichos parámetros fueron tomados según las recomendaciones de la American Thoracic Society (ATS), elaboradas el 2005 para la correcta realización de las espirometrías.

Se obtuvo dichos valores en la sede a nivel del mar mediante los proveedores de la empresa, dichos proveedores fueron los establecimientos de salud más reconocidos en el ámbito de la medicina ocupacional, los cuales fueron auditados periódicamente para garantizar que cumplieran los estándares óptimos. Se tomó los datos de la sede ubicada a gran altura en el policlínico de la misma empresa, que tenía un equipo entrenado y con máquinas calibradas constantemente para la altura del campamento minero.

Las otras variables usadas fueron el sexo del trabajador (categoría de interés: hombres), edad del trabajador (años cumplidos al momento del examen), tipo de trabajo (categoría de interés: operario), tiempo de trabajo (medido en años que lleva laborando para la empresa) y sede de trabajo (categoría de interés: sede ubicada a gran altura).

### Procedimientos y ética

Después de conseguir el permiso de la empresa se realizó la depuración de datos de la sede que se encuentra a gran altura (4100 msnm) y la generación de la base de datos en la sede a nivel del mar. Este proceso fue realizado por los investigadores entre el 2013 y 2014.

Una vez confeccionada la base de datos se procedió al proceso de depuración y adecuación para el análisis longitudinal. Se tuvo los cuidados éticos necesarios en el manejo de los datos: a cada trabajador se le asignó un código único, al que sólo tuvo acceso el grupo de investigación; además, se respetó los principios de buenas prácticas éticas en investigación y lo recomendado en los consensos internacionales para el manejo de datos. El proyecto matriz fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital San Bartolomé.

### Análisis de datos

Para la confección de la base de datos se utilizó el programa Microsoft Excel (versión para Windows) y para el análisis estadístico se usó el programa estadístico Stata versión 11,1 (StataCorp LP, College Station, TX, USA). Se representó las variables cuantitativas por la mejor medida de tendencia central y de dispersión, previa evaluación de la distribución de los valores con la prueba Shapiro Wilk. Se describió las variables cualitativas mediante las frecuencias y porcentajes. Para la estadística inferencial se trabajó con un 95% de confianza, para el análisis bivariado se usó la prueba U de Mann-Whitney y para el multivariado longitudinal se encontró los valores p y signos de coeficiente en cada caso, para ellos se utilizó la prueba PA-GEE, con la familia Gaussian y la función de enlace identity, la variable tiempo fue el año en que se tomó el valor espirométrico, además, se utilizó modelos robustos.

Se consideró  $p < 0,05$  como valor estadísticamente significativo.

## Resultados

Se analizó 1349 registros de trabajadores, de ellos el 86% (1162) fueron varones, la mediana de las edades fue 35 años (rango intercuartílico: 22-66 años). Los otros valores socio-laborales se muestran en la Tabla 1.

Las características antropométricas por sede no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Todos los valores de espirometría mostraron diferencia estadísticamente significativa según la sede, siendo los valores del volumen espiratorio forzado al primer segundo ( $p < 0,001$ ) y la capacidad vital forzada ( $p < 0,001$ ) los más significativos, los valores se muestran en la Tabla 2.

En la Figura 1 se muestran los gráficos de cajas y bigotes del VEF1 y CVF según sede de trabajo.

En el análisis multivariante para determinar la variación en el tiempo y según la sede de trabajo, se encontró que el del volumen espiratorio forzado al primer segundo y la capacidad vital forzada aumentan según el sexo masculino (ambos valores  $p < 0,001$ ), a mayor estatura del trabajador (ambos valores  $p < 0,001$ ), en los operarios ( $p = 0,006$  y  $p = 0,001$ , respectivamente) y disminuye con la edad del trabajador (ambos valores  $p < 0,001$ ), ajustado por dichas variables. El índice Tiffeneau únicamente disminuye con la edad del trabajador ( $p < 0,001$ ), ajustado por todas las variables mencionadas (Tabla 3).

## Discusión

Se encontró un aumento de CFV y VEF1, que se relaciona directamente con el sexo masculino. Se sabe que el sexo masculino tiene mayor volumen pulmonar dado sus características físicas, lo que se traduce en un aumento de los índices espirométricos dependientes del volumen pulmonar, como son el CVF y FEV1. Esto se ha comprobado en poblaciones que residen de manera permanente a gran altitud geográfica, como lo reportado por un estudio hecho en Huancayo, con nativos residentes a 3.259 m

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS SOCIO-LABORALES DE LOS TRABAJADORES EVALUADOS EN DOS SEDES A DISTINTAS ALTITUDES DE UNA MINERA PERUANA.**

Variable	N (%)
<b>Sexo</b>	
Masculino	1162(86,1)
Femenino	187(13,8)
<b>Edad*</b> (años)	35(22-66)
<b>Antigüedad*</b> (años)	4(0-42)
<b>Sede</b>	
Altura	1054(78,1)
Nivel del mar	295(21,9)
<b>Tipo de trabajo</b>	
Operario	900(32,6)
Administrativo	436(32,6)
*Mediana y rango intercuartílico.	

sobre el nivel del mar, quienes tenían los valores espirométricos notablemente más altos que los esperados para la población residente en Lima; ellos presentaban una diferencia entre el género, siendo los varones aquellos que tenían mayores volúmenes espirométricos<sup>(27)</sup>.

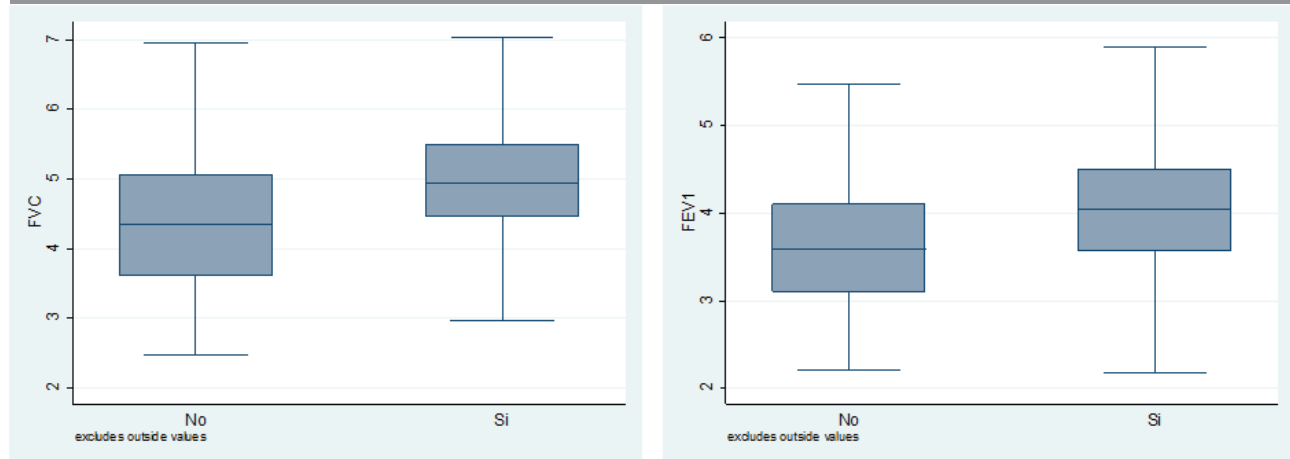
Con respecto a la edad, la función y el volumen pulmonar decrecen conforme se tiene mayor edad, esto puede ser explicado por el proceso fisiológico de envejecimiento que va acompañado de una serie de cambios que producen un marcado deterioro en su capacidad, dentro de ellos resaltan las alteraciones en la condición muscular con la resultante pérdida de fuerza, el aumento de deficiencias osteoarticulares que limitan la capacidad de movimiento y ocasionan la reducción de la capacidad pulmonar y cardiovascular. Esto concuerda con un estudio hecho en La Quiaca-Argentina (3442 msnm) mostró un decremento de los volúmenes pulmonares en las personas conforme avanzaba la edad<sup>(28)</sup>.

Observamos un aumento de los valores de VEF1 y CVF a lo largo del tiempo, esto ajustado por la altitud geográfica aún tiene una predominancia en los

**TABLA 2. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y VALORES DE ESPIROMETRÍA DE LOS TRABAJADORES DE UNA MINERA SEGÚN ALTITUD GEOGRÁFICA DE LA SEDE LABORAL.**

Variable	Sede		Valor <i>p</i>
	Altura	Nivel del mar	
<b>Valores antropométricos</b>			
Peso (kilogramos)*	73,1(11,2)	73,4(14,5)	0,571
Talla (metros)*	1,67(0,1)	1,68(0,1)	0,357
Índice de masa corporal (Kg/mts2)*	26,1(3,1)	25,8(3,4)	0,325
<b>Valores espirométricos</b>			
VEF1	4,05(0,66)	3,65(0,73)	<0,001
FVC	4,96(0,80)	4,42(0,96)	<0,001
Tiffeneau (VEF1/FVC)	82,0(6,11)	83,3(6,63)	0,004

\*Media y desviación estándar; VEF1: Volumen espiratorio forzado al primer segundo; FVC: Capacidad vital forzada.

**FIGURA 1. GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES DEL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO AL PRIMER SEGUNDO (VEF1: GRÁFICO DE LA IZQUIERDA) Y LA CAPACIDAD VITAL FORZADA (CVF: GRÁFICO DE LA DERECHA) SI LA SEDE DE TRABAJO ESTUVO EN GRAN ALTITUD GEOGRÁFICA (4.100 M).**

varones. Estos resultados difieren de lo encontrado en trabajadores mineros en La Oroya, donde reportan una disminución de VEF1 y CVF durante 5 años de trabajo, esto puede deberse a que las características de la minera son diferentes, por su tipo de extracción y mayor el rango de operaciones (3730 msnm), además, en este trabajo no se realizó ajustes por el sexo u otras variables socio-laborales<sup>(24)</sup>. Otros estudios abordan esto como parte de un cambio agudo, como en el estudio realizado por Ziaee et al. en atletas sanos, que ascendieron a 1.150, 2.850 y 4.150

m, mostrando descensos de CVF y un aumento de FEV1/CVF conforme aumentaba la altura geográfica, sin mostrar cambios en el VEF1, los cambios fueron más significativos durante las primeras horas después de arribar al ambiente de mayor altura<sup>(23)</sup>. Similares resultados arrojó un estudio realizado en 8 montañistas que ascendieron a 3.400 y 7.200 m, disminuyendo su CVF y FEV1 en las primeras horas de exposición a la altura y mejorando estos valores después de 24 horas de exposición<sup>(22)</sup>. Los cambios producidos en el FVC de estas poblaciones podrían

**TABLA 3. ANÁLISIS MULTIVARIANTE DEL CAMBIO DE LOS VALORES DE ESPIROMETRÍA EN TRABAJADORES DE UNA MINERA SEGÚN ALTITUD GEOGRÁFICA DE LA SEDE LABORAL.**

Variable de ajuste	Valor espirométrico*		
	VEF1	CVF	Tiffeneau
<b>Ajustando con 3 variables</b>			
Tiempo, altura y sexo	<0,001 (+)	<0,001 (+)	<0,001 (-)
Tiempo, altura y edad	<0,001 (-)	0,003 (-)	<0,001 (-)
Tiempo, altura y talla	<0,001 (+)	<0,001 (+)	0,008 (-)
Tiempo, altura y operario	0,011 (+)	0,008 (+)	0,424 (-)
Tiempo, altura y antigüedad	<0,001 (-)	0,017 (-)	<0,001 (-)
<b>Tiempo y altura con todas las variables</b>			
Sexo	<0,001 (+)	<0,001 (+)	0,003 (-)
Edad	<0,001 (-)	<0,001 (-)	<0,001 (-)
Talla	<0,001 (+)	<0,001 (+)	0,274 (-)
Operario	0,006 (+)	0,001 (+)	0,260 (-)
Antigüedad	0,105 (-)	0,340 (-)	0,133 (-)
*Valor p y signo del coeficiente obtenido con PA-GEE, familia gaussian, función de enlace identity y modelos robustos, la variable tiempo fue el año de la espirometría; VEF1: Volumen espiratorio forzado al primer segundo; CVF: Capacidad vital forzada; Tiffeneau: VEF1/FVC.			

también representar un patrón restrictivo, atribuido generalmente a un edema pulmonar subclínico, producido por la exposición aguda a grandes altitudes<sup>(3)</sup>, por lo que se encuentran en una fase aguda de adaptación. Sin embargo, en pobladores nativos de zona de gran altitud, que en su mayoría han logrado una adaptación casi completa al ambiente, podemos observar mayores valores de CVF que en las personas nativas de zonas de baja altura<sup>(29,30,31)</sup>. Es posible que los trabajadores mineros de nuestro estudio hayan pasado por un proceso de adaptación, mejorando su capacidad pulmonar como respuesta al estímulo ambiental.

Observamos una disminución del índice Tiffeneau en todos los casos. No se encontró esta relación en estudios realizados en atletas que ascienden a una mayor altura<sup>(23)</sup>, así mismo, otro estudio realizado en 8 montañistas que ascendieron a más de 8.035 m tampoco mostró cambios en el índice Tiffeneau<sup>(32)</sup>. Resultados similares se presentaron en un estudio hecho en 21 voluntarios saludables a 1.580 m<sup>(33)</sup>.

La disminución de este valor podría representar un patrón de respuesta fisiológica a la exposición a gran altura. Como lo indica un estudio en la India, pudiendo ser considerado un mejor parámetro de medición la curva espirométrica entre el 25% y el 75% de la CVF (es decir el FEF25-75), en un estudio se muestra como este FEF25-75 disminuyó con la exposición a la altura y regresó a la normalidad con el descenso a nivel del mar<sup>(15)</sup>. Resultados similares se obtuvieron en otros dos estudios, uno con 56 estudiantes universitarios a 4.100 m y otro con 35 sujetos sanos a 3.800 m; los cuales mostraron una disminución del FEF25-75 con el ascenso a la altura y el retorno a la normalidad de este valor a nivel del mar<sup>(19,34)</sup>. Por lo que los resultados con respecto a los marcadores de obstrucción bronquial no son aún concluyentes.

Las limitaciones de este estudio fueron que no se pudo ajustar por otras variables que han mostrado gran relevancia en la evolución de los valores espirométricos, como el hábito tabáquico o

exposición pasada al humo de biomásas, esta última muy relacionado con el deterioro de la función pulmonar. Sin embargo, se creen que los datos aún son aplicables, ya que la empresa tiene una política antitabaco que restringe en gran medida la prevalencia de fumadores. Además, los intervalos de confianza no son una medida muy válida por haber usado un muestreo no probabilístico, pero al tener una gran muestra de los trabajadores y que fueron exponenciados según la cantidad de años que laboraban para la empresa, nos permite pensar que los valores son muy aproximados a la realidad.

Concluimos que, según los datos evaluados, se presentan cambios espirométricos en los trabajadores mineros al pasar los años, habiendo un incremento de la CVF y el FEV1 que nos indican un aumento de la capacidad pulmonar; además de encontrar una disminución del índice Tiffeneau.

Se recomienda realizar más estudios longitudinales, en los que se puedan controlar otras variables que afectan los valores espirométricos para conocer los cambios fisiológicos a grandes alturas.

## Bibliografía

1. Vearrier D, Greenberg MI. Occupational health of miners at altitude: adverse health effects, toxic exposures, pre-placement screening, acclimatization, and worker surveillance. *Clin Toxicol Phila Pa* 2011; 49: 629-40.
2. Scheinfeldt LB, Tishkoff SA. Living the high life: high-altitude adaptation. *Genome Biol* 2010; 11: 133.
3. Hall DP, Duncan K, Baillie JK. High altitude pulmonary edema. *J R Army Med Corps* 2011; 157: 68-72.
4. Bhagi S, Srivastava S, Singh S B. High-altitude Pulmonary Edema: Review. *J Occup Health* 2014; 56: 235-243.
5. Bailey DM, Bärtsch P, Knauth M, Baumgartner RW. Emerging concepts in acute mountain sickness and high-altitude cerebral edema: from the molecular to the morphological. *Cell Mol Life Sci CMLS* 2009; 66: 3583-94.
6. Hackett PH, Roach RC. High-Altitude Illness. *N Engl J Med*. 2001; 345: 107-14.
7. Naeije R. Physiological Adaptation of the Cardiovascular System to High Altitude. *Prog Cardiovasc Dis* 2010; 52: 456-66.
8. Musa S R, Beidleman B A, Fulco C S. Altitude preexposure recommendations for inducing acclimatization. *High Alt Med & Bio* 2010; 11: 87-92.
9. Bigham AW, Wilson MJ, Julian CG, Kiyamu M, Vargas E, Leon-Velarde F, et al. Andean and Tibetan patterns of adaptation to high altitude. *Am J Hum Biol* 2013; 25: 190-7.
10. Imray C, Booth A, Wright A, Bradwell A. Acute altitude illnesses. *BMJ* 2011; 343: d4943.
11. Huez S, Faoro V, Guénard H, Martinot J-B, Naeije R. Echocardiographic and Tissue Doppler Imaging of Cardiac Adaptation to High Altitude in Native Highlanders Versus Acclimatized Lowlanders. *Am J Cardiol* 2009; 103: 1605-9.
12. Scrase E, Lavery A, Gavlak JCD, Sonnappa S, Levett DZH, Martin D, et al. The Young Everest Study: effects of hypoxia at high altitude on cardiorespiratory function and general well-being in healthy children. *Arch Dis Child* 2009; 94: 621-6.
13. Fischer R, Lang SM, Bergner A, Huber RM. Monitoring of expiratory flow rates and lung volumes during a high altitude expedition. *Eur J Med Res* 2005; 10: 469-74.
14. Deboeck G, Moraine JJ, Naeije R. Respiratory muscle strength may explain hypoxia-induced decrease in vital capacity. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 754-8.
15. Basu CK, Banerjee PK, Selvamurthy W, Sarybaev A, Mirrakhimov MM. Acclimatization to high altitude in the Tien Shan: a comparative study of Indians and Kyrgyzis. *Wilderness Environ Med* 2007; 18: 106-10.
16. Dempsey JA, Powell FL, Bisgard GE, Blain GM, Poulin MJ, Smith CA. Role of chemoreception in cardiorespiratory acclimatization to, and deacclimatization from, hypoxia. *J Appl Physiol* 2014; 116: 858-66.
17. Moraga FA, Jiménez D, Richalet JP, Vargas M, Osorio P. Periodic breathing and oxygen supplementation in Chilean miners at high altitude (4200 m). *Respir Physiol Neurobiol* 2014; 203: 109-15.
18. Mason NP, Barry PW, Pollard AJ, Collier DJ, Taub NA, Miller MR, et al. Serial changes in spirometry during

- an ascent to 5,300 m in the Nepalese Himalayas. *High Alt Med Biol* 2000; 1: 185-95.
19. Vahid Ziaee , Reza Alizadeh , and Ali Movafegh. Pulmonary Function Parameters Changes at Different Altitudes in Healthy Athletes. *Iran J Allergy Asthma Immunol* June 2008; 7: 79-84.
20. Welsh CH, Wagner PD, Reeves JT, Lynch D, Cink TM, Armstrong J, et al. Operation Everest. II: Spirometric and radiographic changes in acclimatized humans at simulated high altitudes. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 1239-44.
21. Fiori G, Facchini F, Ismagulov O, Ismagulova A, Tarazona-Santos E, Pettener D. Lung volume, chest size, and hematological variation in low-, medium-, and high-altitude central Asian populations. *Am J Phys Anthropol* 2000; 113: 47-59.
22. Sharma S, Brown B. Spirometry and respiratory muscle function during ascent to higher altitudes. *Lung* 2007; 185: 113-21.
23. Ziaee V, Alizadeh R, Movafegh A. Pulmonary function parameters changes at different altitudes in healthy athletes. *Iran J Allergy Asthma Immunol* 2008; 7: 79-84.
24. Bacaloni A, Zamora Saà MC, Sinibaldi F, Steffanina A, Insogna S. Respiratory parameters at varied altitudes in intermittent mining work. *Int J Occup Med Environ Health* 2018; 31: 129-138.
25. Mejía CR, Quiñones-Laveriano DM, Cruzalegui-Solari CC, Arriola-Quiroz I, Perez-Perez L, Gomero R. Edad como factor de riesgo para desarrollar síndrome metabólico en trabajadores mineros a gran altura. *Rev Argent Endocrinol Metab* 2016; 53: 29-35.
26. Mejía CR, Quiñones-Laveriano DM, Gomero R, Perez-Perez L. Cambios en la hemoglobina de trabajadores mineros expuestos a gran altura y factores asociados. *Gaceta Médica de México* 2017; 153: 166-72.
27. Vasthy Mauricio Canaviri. Determination and comparison of pulmonary volumes between populations living at the sea level and more than 3000 msnm. *Journal of the Faculty of Medicine* 2018; 18.
28. López Jové OR, Arce SC, Chávez RW, et al. Spirometry reference values for an andean high-altitude population. *Respir Physiol Neurobiol* 2018; 247: 133-139.
29. Kiyamu M, Bigham A, Parra E, León-Velarde F, Rivera-Chira M, Brutsaert TD. Developmental and genetic components explain enhanced pulmonary volumes of female Peruvian Quechua. *Am J Phys Anthropol* 2012; 148: 534-42.
30. Encalada Vásquez. Análisis De La Función Pulmonar Y Valores Espirométricos Entre Indígenas Kichwas Que Residen Sobre Los 2500 M.S.N.M De Altura Versus Sus Pares Amazónicos Que Residen Bajo Los 600 M.S.N.M. Universidad de las Américas, 2019.
31. Brutsaert TD, Parra E, Shriver M, Gamboa A, Palacios J-A, Rivera M, et al. Effects of birthplace and individual genetic admixture on lung volume and exercise phenotypes of Peruvian Quechua. *Am J Phys Anthropol* 2004; 123: 390-8.
32. Compte-Torrero L, Real Soriano RM, Botella De Maglia J, de Diego Damiá A, Macián Gisbert V, Perpiñá Tordera M. [Respiratory changes during ascension to 8,000 meters mountain]. *Med Clínica* 2002; 118: 47-52.
33. Wolf C, Staudenherz A, Røggla G, Waldhör T. Potential impact of altitude on lung function. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 69: 106-8.
34. Smith ZM, Krizay E, Sá RC, Li ET, Scadeng M, Powell FL Jr, Dubowitz DJ. Evidence from high-altitude acclimatization for an integrated cerebrovascular and ventilatory hypercapnic response but different responses to hypoxia. *J Appl Physiol* (1985) 2017; 123: 1477-1486.