



Ecuación de referencia espirométrica en varones de 2 regiones del norte peruano ubicadas entre 0 a 100 metros sobre el nivel del mar: Estudio transversal

Spirometric reference equation in men from 2 regions of northern Peru located between 0 and 100 meters above the sea level: Cross-sectional study

Miguel Angel Pretell Cabrera^{1,a,b} y Jonh Astete Cornejo^{2,3,c}

¹ Facultad de Medicina Humana, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

² Unidad de Medicina Ocupacional, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

³ Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.

^a Máster en Epidemiología y Salud Pública.

^b Maestro en Medicina Ocupacional y del Medio Ambiente.

^c Especialista en Medicina Ocupacional y Medio Ambiente.

Correspondencia

Miguel Angel Pretell Cabrera
miguel.pretell.c@upch.pe

Recibido: 11/08/2023

Arbitrado por pares

Aprobado: 22/11/2023

Citar como: Pretell Cabrera MA, Astete Cornejo J. Ecuación de referencia espirométrica en varones de 2 regiones del norte peruano ubicadas entre 0 a 100 metros sobre el nivel del mar: Estudio transversal. *Acta Med Peru.* 2023; 40(3): 197-204. doi: <https://doi.org/10.35663/amp.2023.403.2695>

Este es un artículo Open Access publicado bajo la licencia Creative Commons

Atribución 4.0 Internacional. (CC-BY 4.0)



RESUMEN

Objetivo: Determinar los valores de referencia de espirometría y formular una ecuación de predicción de valores espirométricos en población económicamente activa (PEA) de regiones con altitud 0-100 m.s.n.m. **Métodos:** Se seleccionaron a los participantes del estudio considerando los criterios de selección del estudio. Se recogió la información sobre las variables consideradas en el estudio: Capacidad Vital Forzada (CVF) y Volumen Espiratorio Forzado en el primer Segundo (VEF1), datos sociodemográficos y medidas antropométricas. Se dividió a la muestra en dos grupos para poder formular la ecuación de referencia y para evaluar su confiabilidad en un subgrupo de validación mediante las pruebas de correlación intraclase, T de Student para muestras pareadas y los gráficos de Bland-Altman. **Resultados:** Se seleccionaron 1052 participantes varones. Los rangos normales de CVF y VEF1 calculados fueron de CVF de 3.48 – 5.47 y VEF1 de 2.83 – 4.41. Mediante una regresión lineal múltiple, se obtuvieron las siguientes fórmulas: $CVF = 2.206 - 0.131 (\text{Altitud Geográfica}) - 0.014 (\text{Edad}) + 0.045 (\text{Talla})$ y $VEF1 = 1.589 - 0.08 (\text{Altitud Geográfica}) - 0.015 (\text{Edad}) + 0.033 (\text{Talla})$. En los análisis de confiabilidad, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en las medias entre los valores predichos por la ecuación y los valores reales, aunque en los gráficos de Bland-Altman no se evidenció un sesgo significativo y los coeficientes de correlación intraclase (CVF-ICC: 0.69; VEF1-ICC: 0.70) se encontraban dentro de un rango adecuado. **Conclusiones:** Las ecuaciones de CVF y VEF1 desarrolladas permiten predecir adecuadamente los valores espirométricos en PEA masculina de las regiones incluidas en el estudio.

Palabras clave: Espirometría; Ecuación, Altitud; Valores de Referencia; Perú (Fuente: DeCS. BIREME)

ABSTRACT

Objective: Determine the spirometry reference values and formulate an equation to predict spirometric values in the economically active population (EAP) in regions with an altitude of 0-100 m.a.s.l. **Materials and Methods:** Study participants were selected considering the study selection criteria. Information was collected on the variables considered in the study: Forced Vital Capacity (FVC) and Forced Expiratory Volume in the first second (FEV1), sociodemographic data and anthropometric measurements. The sample was divided into 2 groups to be able to formulate the reference equation and to assess its reliability in a validation subgroup using intraclass correlation tests, Student's t-test for paired samples, and Bland-Altman plots. **Results:** 1052 male participants were selected. The normal ranges for FVC and FEV1 calculated were FVC 3.48 – 5.47 and FEV1 2.83 – 4.41. Using multiple linear regression, the following formulas were obtained: $FVC = 2.206 - 0.131 (\text{Geographic Altitude}) - 0.014 (\text{Age}) + 0.045 (\text{Height})$ and $FEV1 = 1.589 - 0.08 (\text{Geographic Altitude}) - 0.015 (\text{Age}) + 0.033 (\text{Height})$. In the reliability analyses, a statistically significant difference was found in the means between the values predicted by the equation and the real values, although the Bland-Altman plots did not show a significant bias and the intraclass correlation coefficients (FVC- ICC: 0.69; FEV1-ICC: 0.70) were within an adequate range. **Conclusions:** The developed FVC and FEV1 equations allow adequate prediction of spirometric values in male PEA of the regions included in the study.

Key words: Spirometry; Equation; Altitude; Reference Values; Peru (Source: MeSH-BIREME).

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades que afectan el sistema respiratorio representan un reto en la salud de la población en general, ya que suponen una alta carga sanitaria a nivel mundial, y dentro de estas, 5 enfermedades figuran entre las más comunes causas de muerte a nivel mundial.^[1,2] Además, las enfermedades respiratorias constituyen 5 de las 30 causas más comunes de muertes y causan discapacidad, muerte prematura y, por esto, aproximadamente más del 10 % de todos los años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVAD), pudiendo ser expresado mediante el indicador DALY, que mide la cantidad de vida activa y productiva perdida por una condición, superada sólo por las enfermedades cardiovasculares (incluye a los accidentes cerebrovasculares).^[3,4] Las pruebas diagnósticas, principalmente las pruebas funcionales respiratorias, deben ser útiles para discriminar la presencia de enfermedad, basándose en conceptos de sensibilidad, especificidad y los valores predictivos de las mismas.^[5,6] Las decisiones clínicas, terapéuticas y de seguimiento de las enfermedades respiratorias son dependientes de los valores espirométricos.^[5,7] Debido a esto, existe la necesidad de establecer un diagnóstico preciso de estas enfermedades y, por ello, es necesario contar con valores espirométricos de referencia.^[5,8,9]

Existen variaciones en los valores espirométricos dentro de una población determinadas por diferencias en variables intrínsecas y extrínsecas de las personas que la constituyen, como el género, la edad, los parámetros antropométricos del evaluado (principalmente, el peso y la talla) y las distintas etnias, debido a características tanto genéticas como demográficas, como la altitud de su residencia habitual, ya que supone cambios adaptativos pulmonares debido a la baja presión parcial de oxígeno en el ambiente a grandes altitudes.^[9-12] Debido a esto, las investigaciones sobre la función pulmonar se centran o priorizan a las poblaciones que habitan a gran altura, tal como se observa en la revisión de las distintas bases de datos, la cual revela escasa información sobre los valores de referencia en población

de la región costa del Perú, revelando que la gran mayoría de los estudios que intentan establecer valores espirométricos de referencia se realizan en regiones con altitud mayor a 2500 m s. n. m.; sin embargo, resulta imprescindible establecer las investigaciones que aborden a las poblaciones que viven al nivel de mar y/o a baja altitud (0 – 500 m s. n. m.), partiendo como base de que la mayoría de la población peruana se encuentra viviendo en la costa del país (55.9 % de toda la población, según el último censo nacional – 2017).^[13]

En la actualidad, debido a la falta de estudios para establecer los valores espirométricos de referencia en población peruana, en la práctica diaria se utilizan los valores teóricos del NHANES III (Encuesta de Salud y Nutrición de la Unión Americana)^[6,14,15] para población mexicanoamericana, con respaldo de American Thoracic Society (ATS) y del estudio PLATINO^[16], debido a las recomendaciones de aplicabilidad en poblaciones con características similares.

El presente estudio pretende realizar un estudio transversal donde se analizarán estudios espirométricos de PEA sana ubicada en regiones con altitud entre 0-100 m s. n. m. con la finalidad de determinar valores espirométricos de referencia y establecer una ecuación predictiva de valores espirométricos para dicha población.

MÉTODOS

El presente estudio es un diseño descriptivo de corte transversal. La unidad del estudio fueron las historias clínicas de los pacientes que acudieron a realizarse un examen médico ocupacional a un centro de salud ocupacional en el periodo comprendido entre noviembre 2019 y marzo 2020, a quienes se les aplicó los criterios de inclusión y exclusión establecidos en el estudio.

La fuente de información de todos los pacientes se recolectó de los registros del sistema electrónico de un centro médico ocupacional.

Los criterios de inclusión utilizados fueron: paciente varón o mujer, de edad entre los 18 y 65 años, con tiempo de residencia igual o mayor a 1 año de permanencia en provincia de 0-100 m.s.n.m., que cuenten con radiografía de tórax, examen físico respiratorio normal y espirometría que cumple con los criterios establecidos por NIOSH/ALAT, ATS/ERS y la guía técnica para la realización de espirometría ocupacional^[17] con ausencia de alteración pulmonar y curva de flujo volumen que cumplan los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de ATS/ERS.^[18] Los criterios de exclusión utilizados fueron: Consumo de tabaco, antecedente de alguna enfermedad pulmonar previa y/o de condiciones respiratorias que conlleven a disfunciones pulmonares (tuberculosis, asma, neumonía), antecedente de algún tipo de intervención quirúrgica torácica, antecedente de diabetes mellitus, obesidad (IMC \geq 30), delgadez (IMC $<$ 18.5), mujer gestante, cirugía mayor (abdominal, ocular, ótica o torácica) en los últimos 6 meses, deformidades físicas de la boca y/o de tráquea, enfermedad respiratoria aguda en los últimos 15 días previos a la evaluación.

Los datos obtenidos a partir de las historias clínicas electrónicas seleccionadas se colocaron en la ficha de recolección de datos para la identificación la población objetivo para la formulación y comprobación del estudio, los cuales fueron ingresados en una base de datos utilizando el programa "Microsoft Excel" y posteriormente analizada a través del programa estadístico "SPSS". Además, se realizó una doble revisión de la base de datos tratando de identificar errores en la recolección y/o digitación de los datos. Se seleccionaron 1134 historias clínicas, siendo 1052 hombres y 82 mujeres, por lo cual se decide trabajar únicamente con la ecuación con la población masculina: 1052 historias clínicas.

Las variables consideradas en el presente estudio fueron: Edad (cuantitativa discreta), peso (cuantitativa continua), talla (cuantitativa discreta), altitud geográfica (cuantitativa discreta); las variables consideradas en el estudio fueron: capacidad vital forzada (cuantitativa continua) y volumen espiratorio forzado en el primer segundo (cuantitativa continua).

Para la etapa de formulación y comprobación de la ecuación, se utilizaron 2 subgrupos distribuidos de forma aleatorizada de la siguiente manera: 752 historias clínicas para el subgrupo de formulación y 300 historias clínicas para el subgrupo de comprobación.

Las variables categóricas fueron informadas como frecuencias absolutas y relativas en porcentajes (%) y las numéricas continuas mediante el análisis estadístico de acuerdo con la distribución de normalidad de las variables.

Se utilizó el análisis de regresión lineal múltiple para la formulación de la ecuación y la prueba de T de Student, el análisis de correlación intraclase y los gráficos de Bland-Altman para la determinar la precisión de la ecuación predictiva.

El estudio de este trabajo se realizó bajo la aprobación del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Para salvaguardar la identidad de

cada paciente y su anonimato se elaboró el registro a través de codificación dándole otro valor numérico a las historias clínicas, registrándolas posteriormente en un dispositivo electrónico al cual solo tuvo acceso el investigador principal, asegurando la confidencialidad de la información.

RESULTADOS

Se recolectaron 2500 historias clínicas de pacientes atendidos en el centro médico ocupacional que contaban con evaluación física respiratoria, espirometría y radiografía de tórax en el periodo comprendido entre noviembre 2019 y marzo 2020. Se seleccionaron 1134 (45.36 %) historias clínicas considerando los criterios de inclusión y exclusión del estudio, de las cuales 1052 pertenecían a hombres (92.77 %) y 82 pertenecían a mujeres; decidiendo realizar el análisis propuesto en la población masculina, sin considerar la población femenina por la cantidad limitada de historias clínicas (7.23 %). Para la formulación de la ecuación predictiva, se analizaron los datos de 752 historias clínicas y para la evaluación de confiabilidad de la ecuación, se analizaron los datos de 300 historias clínicas (Ver Gráfico N°1).

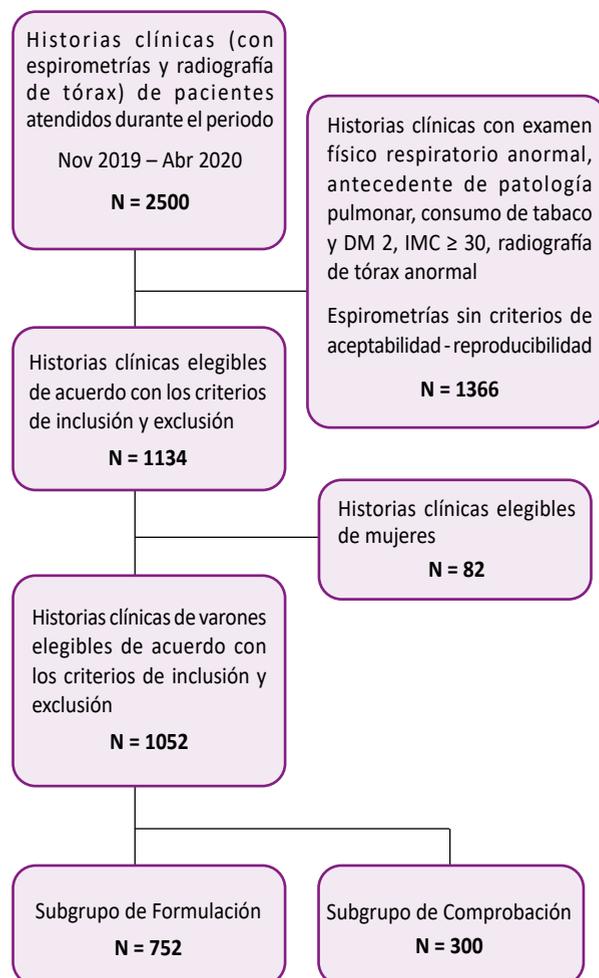


Gráfico N°1. Flujograma de Selección de Historias Clínicas

Tabla N° 1: Características generales de la población de subgrupo de Formulación

Características de Pacientes	N = 752		
	Media	Mediana	Rango
Edad (Años)	37.9	36	(18 – 65)
18 – 29 años		206 (27.4%)	
30 – 59 años		517 (68.7%)	
60 – 65 años		29 (3.9%)	
Peso (Kilogramos)	69.7	70	(48 – 99)
Talla (Centímetros)	163.2	163	(144 – 199)

Se aplicaron pruebas de normalidad (Prueba de Kolmogorov – Smirnov) a las variables espirométricas, obteniéndose p-valores de 0.180 y 0.077 en las variables de capacidad vital forzada y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo, respectivamente; por lo cual se asume que estas 2 variables siguen una distribución normal y aplican para el análisis de la regresión lineal múltiple.

Se realiza el análisis descriptivo de las variables independientes del estudio obteniéndose los siguientes resultados: La edad de los pacientes estuvo distribuida entre los 18 y 65 años, con una media de 37.9 años y una mediana de 36 años; el 27.3 % (n = 206) tuvieron edad comprendida entre 18 a 29 años, el 68.8 % (n = 517) tuvieron edad comprendida entre 30 a 59 años, el 3.9 % (n = 29) tuvieron una edad comprendida entre 60 a 65 años. El peso de los pacientes estuvo distribuido entre 48 y 99 kilogramos, con una media de 69.73 kilogramos y una mediana de 70 kilogramos, asimismo, la talla de los pacientes estuvo distribuida entre 144 y 197 centímetros, con una media de 163.2 centímetros y una mediana de 136 centímetros (Ver Tabla N° 1). La variable altitud geográfica fue considerada con los valores de altitud del lugar de residencia habitual (Trujillo: 34 m s. n. m. y Piura: 36 m s. n. m.).

Se realizó el análisis descriptivo de las variables dependientes del estudio, obteniéndose los siguientes resultados: la capacidad

vital forzada (CVF) estuvo comprendida entre los valores 2.81 L y 6.0 L, con una media de 4.47 L y una mediana de 4.45 L, así como una desviación estándar de 0.604. El volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) estuvo comprendida entre los valores 2.4 L y 4.98 L, con una media de 3.62 L y una mediana de 3.62 L, con una desviación estándar de 0.48 (Ver Tabla N° 2).

De acuerdo con lo planteado por Haynes et al (21), se determina los valores espirométricos de referencia para población masculina considerando los límites superior e inferior normales a través del siguiente modelo: Media ± 1.645 (Desviación Estándar). De esta manera, se obtiene los siguientes resultados: La media del del CVF es 4.47 con un rango normal de 3.48 – 5.47 y la media del VEF1 es 3.62 con un rango normal de 2.83 – 4.41 (Ver Gráfico N° 2).

Para la determinación de los coeficientes de las variables independientes que formarían parte de las ecuaciones predictivas para los valores de CVF y VEF1, se aplica el análisis de regresión lineal múltiple, obteniéndose: CVF = 2.206 – 0.131 (Altitud Geográfica) – 0.014 (Edad) + 0.045 (Talla), con R² =0.330 y VEF1 = 1.589 – 0.08 (Altitud Geográfica) – 0.015 (Edad) + 0.033 (Talla), con R² =0.344. Además, se encuentra significancia estadística en las variables de Talla, Altitud Geográfica y Edad (Ver Tabla N° 3).

Se utilizó un subgrupo de la muestra de estudio para la evaluar la confiabilidad de la ecuación, la cual estuvo constituida por historias clínicas de personas con residencia habitual en la región La Libertad y la región Piura (150 pacientes de cada región). Se aplicó la ecuación desarrollada utilizando las variables independientes de dicha población (Edad, Talla y Altitud Geográfica), obteniéndose valores predichos de CVF y VEF1. Se realiza una prueba de T de Student para muestras pareadas entre el valor predicho de CVF y VEF1, obteniéndose significancia estadística (p<0.05), siendo la media de las diferencias de CVF es 0.07, con una DE de 0.53 y un 95 % IC 0.01 – 0.13 y la media de las diferencias de VEF1 es 0.06, con una DE de 0.419 y un 95 % IC 0.01 – 0.11. Además, se elaboraron los gráficos de Bland Altman para ambas variables, en los que no evidenció un sesgo significativo entre los valores reales y predichos a través de la ecuación predictiva relacionada (Ver Gráfico N° 3). De igual forma, se realizó un análisis de fiabilidad, a través del coeficiente de correlación intraclase, encontrándose ICC de Mediciones

Tabla N° 2: Análisis Descriptivo de los Valores Espirométricos de la población de Subgrupo de Formulación

Valores Espirométricos	N = 752			
	Media	Mediana	Desv. Estándar	Rango
Capacidad Vital Forzada	4.47	4.45	0.605	(2.81 – 6.0)
Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo	3.62	3.62	0.479	(2.4 – 4.98)

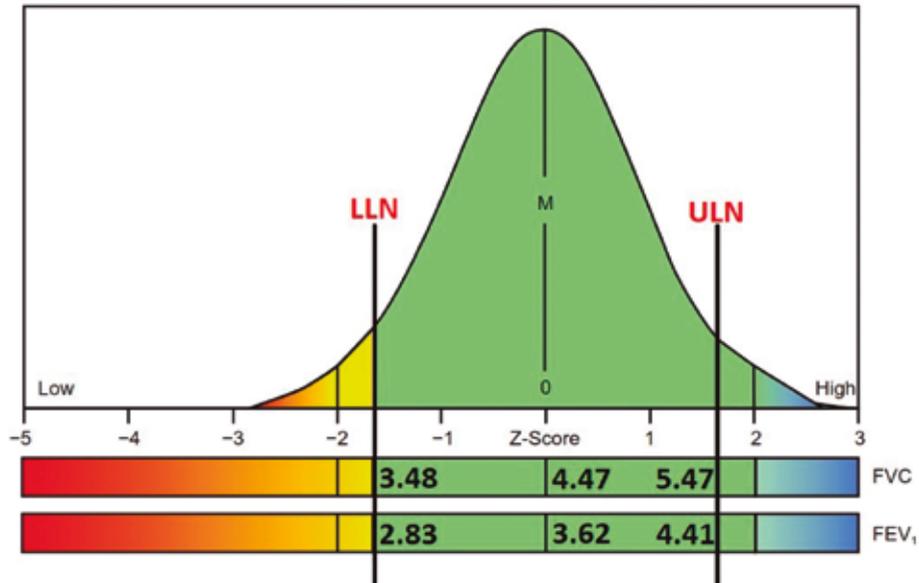


Gráfico N° 2: Valores Referenciales de Valores Espirométricos de Población Masculina en Regiones con Altitud geográfica de 0-100 m s. n. m. perteneciente a la macrorregión Norte del Perú

Promedio para CVF: 0.69 y ICC de Mediciones Promedio para VEF1: 0.70.

Se realizó adicionalmente el cálculo de los valores espirométricos teóricos con la ecuación propuesta por NHANES III, los cuales se utilizan de manera rutinaria en la práctica diaria de las espirometrías en las evaluaciones médicos ocupacionales, para poder compararlos con los resultados propuestos en el presente estudio. Se aplicó la ecuación predictiva propuesta por NHANES III utilizando los valores de edad y talla del subgrupo de comprobación y posteriormente se aplicaron las pruebas estadísticas de T de Student para muestras pareadas y el coeficiente de correlación intraclase para evaluar confiabilidad de la clase. Se obtuvieron los siguientes resultados: los coeficientes de correlación intraclase (ICC) para las mediciones promedio de CVF y VEF1 son 0.7 y 0.74, respectivamente, así como

significancia estadística en la diferencia de medias para CVF y VEF1, obteniéndose una media de las diferencias de CVF de 0.13, con DE de 0.565 y un IC 95 % 0.68 – 0.2 y una media de las diferencias de VEF1 de 0.12, con DE de 0.460 y un IC 95 % 0.07 – 0.17 (Ver Tabla N° 4).

DISCUSIÓN

El presente estudio pretende determinar los valores espirométricos de referencia y formular una ecuación predictiva para los valores espirométricos específicamente para la población masculina económicamente activa del macrorregión norte del Perú, considerando variables sociodemográficas y antropométricas. Se desarrolló la ecuación predictiva a través del análisis de regresión lineal múltiple y se aplicaron técnicas estadísticas para evaluar la confiabilidad de esta.

Tabla N° 3: Ecuaciones de Referencia en varones entre los 18 y 65 años (N = 752)

Variable	N = 752			
	CVF		VEF1	
	Coefficiente	P	Coefficiente	p
Edad	-0.014	0.000	-0.015	0.000
Altitud geográfica	-0.131	0.000	-0.080	0.000
Talla	0.045	0.000	0.033	0.000
Intercepto	2.206	0.005	1.590	0.010
R ²	0.330		0.344	

Tabla N° 4: Cuadro comparativo entre la ecuación propuesta y la ecuación propuesta de NHANES

	ICC _{CVF} ± EE	CVF - Media ± DE de la diferencia (mL)
Pretell MA	0.69 ± 0.04	66 ± 530
NHANES (Mexicoamericana)	0.70 ± 0.03	132 ± 565
	ICC _{VEF1} ± EE	VEF ₁ - Media ± DE de la diferencia (mL)
Pretell MA	0.70 ± 0.04	59 ± 419
NHANES (Mexicoamericana)	0.74 ± 0.03	119 ± 460

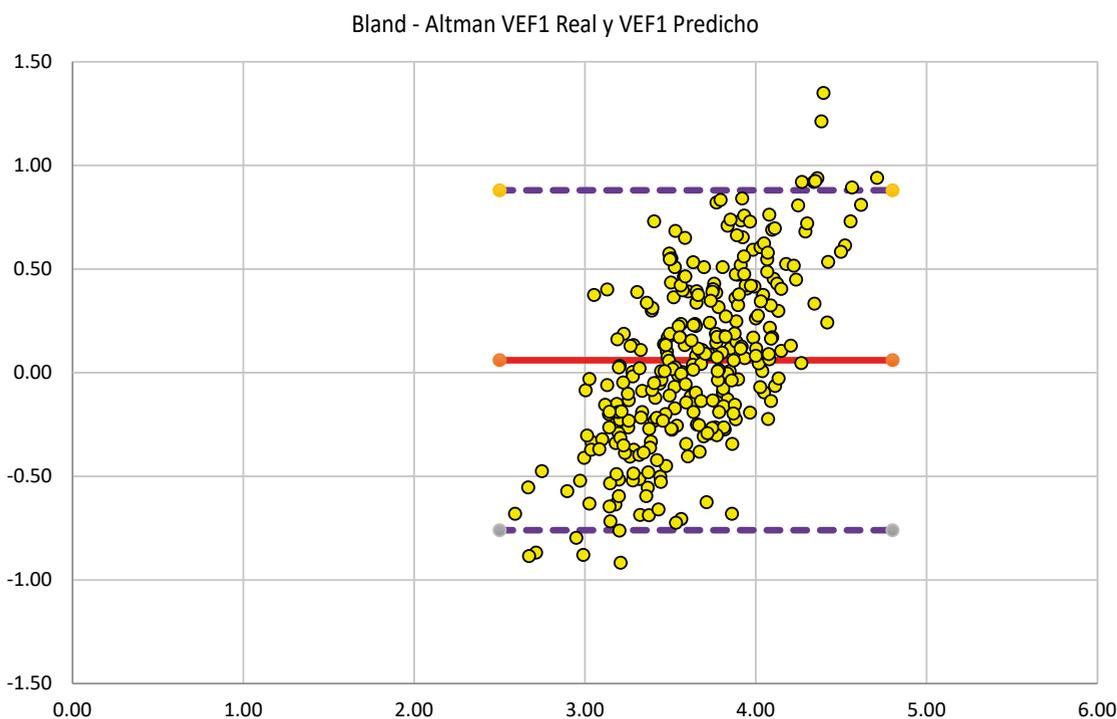
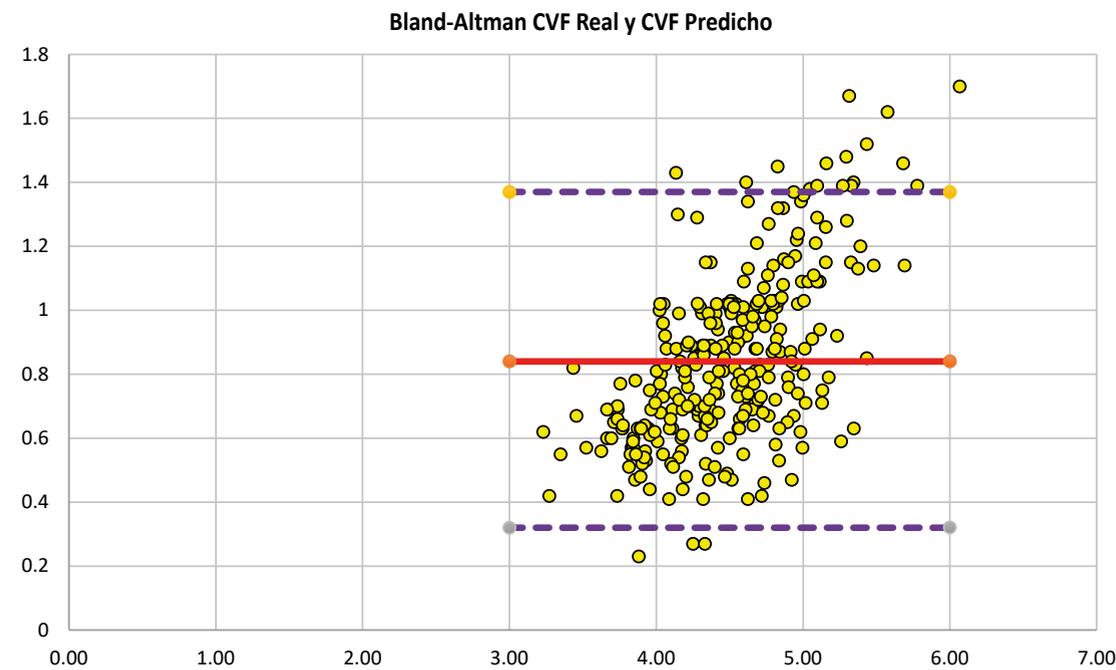


Gráfico N° 3: Gráficos de Bland Altman de Comprobación de Ecuaciones Predictivas

La población incluida en el estudio debía asegurar el cumplimiento de los criterios de inclusión y/o exclusión para asegurar que sea población sana, desde el punto de vista pulmonar, tanto estructural como funcionalmente y, además, que las espirometrías incluidas en el estudio sean de calidad, asegurando los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de acuerdo con la ATR/ERS y los certificados de calibración y verificación de los equipos espirométricos utilizados. Además, se incluye población cuya edad esté comprendida entre los 18 y 65 años, debido a

que se considera que el rango de edad seleccionado brinda evaluaciones y valores espirométricos confiables.

Se incluyeron pacientes con residencia habitual con igual o más de un año de permanencia en las provincias de Trujillo y Piura, con una altitud geográfica de 34 m s. n. m. y 36 m s. n. m., respectivamente.

Debido a que la población femenina representaba solo el 7 % del total de historias clínicas, se decide trabajar la ecuación predictiva en población masculina. Estos porcentajes son congruentes con el

estudio desarrollado por Llanos-Salcedo, et al., donde se reporta un porcentaje de mujeres de 7.8 %.^[6]

La edad de los pacientes estuvo distribuida entre los 18 y 65 años, con una media de 37.9 años y una mediana de 36 años; el 96.1 % de la población tenía una edad comprendida entre los 18 a 59 años, evidenciando que la edad promedio de la población se encuentra dentro de rangos distantes de los extremos de la vida, en los que se podrían alterar los valores espirométricos por falta de madurez pulmonar y/o variación en el esfuerzo respiratorio. El peso de los pacientes estuvo distribuido entre 48 y 99 kilogramos, con una media de 69.73 kilogramos y la talla estuvo distribuida entre 144 y 197 centímetros, con una media de 163.2 centímetros, lo cual se asemeja a los valores reportados para población del norte del Perú en la literatura científica.^[19,20] (Ver Tabla N° 1).

Los parámetros de la función pulmonar (CVF y VEF1) disminuyen con el aumento de altitud geográfica (m s. n. m.), cuando se comparan los valores de Trujillo y Piura, en contraste con el aumento de valores espirométricos en regiones de mayor altura geográfica reportado en la literatura^[14,21-23], lo cual podría asociarse a características propias de la población y/o medioambientales de dichas regiones. La CVF en el grupo con altitud geográfica de 34 m s. n. m. (Trujillo) es 4.54 L ± 0.6 y en el grupo de altitud de 36 m s. n. m. (Piura) es 4.4 L ± 0.6. De igual forma, el VEF1 en el grupo con altitud geográfica de 34 m s. n. m. (Trujillo) es 3.65 L ± 0.47 y en el grupo de altitud de 36 m s. n. m. (Piura) es 3.59 L ± 0.49. Con respecto a la comparación de la ecuación desarrollada por Llanos-Salcedo et al.^[6], quienes consideran talla y edad para la ecuación predictiva de CVF con un $R^2=0.264$, se mejora el R^2 (medida de bondad de ajuste del modelo) a 0.331; además, la ecuación de Llanos-Salcedo et al.^[6] para predecir el valor de VEF1 con un $R^2=0.324$, se mejora el R^2 (medida de bondad de ajuste del modelo) a 0.344, aumentando el grado de intensidad que tienen las variables independientes en explicar la variabilidad de datos de variable dependiente, lo cual podría explicarse por la inclusión de la variable "altitud geográfica" (m.s.n.m.) en el modelo de regresión lineal múltiple.

Con la finalidad de evaluar la confiabilidad de la ecuación propuesta, se escoge aleatoriamente una muestra de 300 pacientes (150 pacientes de cada región) y se aplica la ecuación desarrollada en el presente estudio, se identifica a través de métodos gráficos (Bland Altman) y estadísticos (prueba de T de Student para muestras pareadas y Coeficiente de Correlación Intraclase), obteniéndose resultados con adecuada fiabilidad.^[24,25]

Se realizó la comparación de la ecuación propuesta en el presente estudio con la ecuación recomendada NHANES (México – Americana), se evidencia una mayor confiabilidad de la ecuación NHANES, con mejores ICC para la CVF y el VEF1; sin embargo, al realizar el análisis de T de Student para muestras pareadas, se evidencia que las medias de la diferencias entre los valores

predichos y reales del CVF y VEF1 mayores con la ecuación NHANES comparado con la ecuación del presente estudio, con desviaciones estándar mayores y con intervalos de confianza al 95 % para ambas variables más amplios, evidenciándose una subestimación mayor del valor espirométrico real por parte de la ecuación de NHANES, lo cual difiere con la evidencia de una posible sobreestimación de los valores reales por los valores teóricos de NHANES reportado en el estudio de Canaviri M, et al.^[14]. Torre-Bouscoulet L, et al. estipula que se acepta un buen ajuste cuando las diferencias entre el valor real y el valor predicho por la ecuación predictiva utilizada es menor de 100 mL para CVF y VEF1.^[26] De esta forma, se demuestra que la ecuación propuesta en el presente estudio presenta un mejor ajuste con diferencias menores de 100 mL para CVF y VEF1, cuyas medias de las diferencias son 66 mL y 59 mL, respectivamente.

La principal limitación del presente estudio se basa en que no se utilizó un método probabilístico para la obtención de la muestra; sin embargo, se evidenció que la población incluida presentaba características antropométricas similares a la población general de norte del Perú, lo cual podría indicar una representatividad teórica de dicha población. De la misma forma, se aplicó una validación de la ecuación propuesta dentro un subgrupo de la muestra, distinto al subgrupo utilizado para la formulación de la ecuación, demostrando que la ecuación propuesta tenía una confiabilidad adecuada e incluso superior a la ecuación NHANES para población mexicanoamericana, la cual se recomienda en las guías de práctica clínica para la valoración de la espirometría.

Las ecuaciones predictivas de la capacidad vital forzada (CVF) y el volumen espiratorio forzado al primer segundo (VEF1) desarrolladas en el presente estudio permiten predecir con una confiabilidad adecuada los valores reales considerando variables como edad, talla y altitud geográfica en población masculina de las regiones incluidas en el estudio, por encima de los valores calculados a través de la ecuación NHANES, recomendada para su uso en nuestra población por el estudio PLATINO y ATS. De la misma forma, se recomienda estudios similares y/o prospectivos para valorar la confiabilidad de las ecuaciones planteadas, así como la extrapolación a otros tipos de poblaciones.

Contribuciones de autoría: MAPC y JAC concibieron y diseñaron la investigación, recolectaron los datos, redactaron el texto y aprobaron la versión final del artículo.

Potenciales conflictos de interés: Durante la realización y redacción del proyecto, no hubo conflicto de interés alguno por parte de los autores.

Fuentes de financiamiento: Este proyecto fue financiado por los investigadores.

ORCID

Miguel Angel Pretell Cabrera, <https://orcid.org/0000-0003-0807-6897>

Jonh Astete Cornejo, <https://orcid.org/0000-0001-6225-6720>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Foro de las Sociedades Internacionales de Enfermedades Respiratorias. El impacto mundial de la Enfermedad Respiratoria. Asoc Latinoam Tórax, Foro las Soc Respir Int (FIRS). 2017;1-48. <https://alatorax.org/es/firs/firs-publica-el-impacto-mundial-de-la-enfermedad-respiratoria>
2. Ahmad FB, Anderson RN. The Leading Causes of Death in the US for 2020. *JAMA - J Am Med Assoc.* 2021 May 11;325(18):1829-30. doi: 10.1001/jama.2021.5469.
3. Ferkol T, Schraufnagel D. The global burden of respiratory disease. *Ann Am Thorac Soc.* 2014;11(3):404-6. doi: 10.1513/AnnalsATS.201311-405PS.
4. Schluger NW, Koppaka R. Lung disease in a global context. A call for public health action. *Ann Am Thorac Soc.* 2014;11(3):407-16. doi: 10.1513/AnnalsATS.201312-420PS.
5. Morris JF. Spirometry in the evaluation of pulmonary function. *West J Med.* 1976;125(2):110-8. PMID: 969495; PMCID: PMC1237217.
6. 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 Medica Peru.* 2020 Dec 30;37(4):455-62. doi: <https://doi.org/10.35663/amp.2020.374.1061>
7. Calverley. The clinical usefulness of spirometric information. *Breathe.* 2009;5(3):214-20. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<https://breathe.ersjournals.com/content/breathe/5/3/214.full.pdf>
8. Becklake MR. Concepts of normality applied to the measurement of lung function. *Am J Med.* 1986;80(6):1158-64. doi: 10.1016/0002-9343(86)90678-9.
9. Stanojevic S, Wade A, Stocks J. Reference values for lung function: Past, present and future. *Eur Respir J.* 2010;36(1):12-9. doi: 10.1183/09031936.00143209.
10. Mejía CR, Cárdenas MM, Cáceres OJ, Verastegui-Díaz A, Vera CA, Gomero-Cuadra R. Factores asociados a la variación de valores espirométricos en trabajadores a gran altura. *Rev Asoc Esp Med Trab.* 2020. p. 1-81. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<https://scielo.isciii.es/pdf/medtra/v29n1/1132-6255-medtra-29-01-34.pdf>
11. San T, Polat S, Cingi C, Eskiizmir G, Oghan F, Kahir B. Effects of high altitude on sleep and respiratory system and their adaptations. *Sci World J.* 2013;2013. doi: 10.1155/2013/241569
12. Braun L. Race, ethnicity and lung function: A brief history. *Can J Respir Ther.* 2015 Fall;51(4):99-101. PMID: 26566381; PMCID: PMC4631137.
13. Costa Francisco, Sánchez Anibal. Crecimiento y distribución de la población total - Censos Nacionales, 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2018.
14. 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 Jul;18(3):52-6 DOI:10.25176/RFMH.v18.n3.1592
15. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric Reference Values from a Sample of the General U.S. Population.. 2012 Dec 14;159(1):179-87. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.17.12108>
16. Pérez-Padilla R, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, De Oca MM, et al. Valores de referencia espirométrica en 5 grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 o más años de edad. *Arch Bronconeumol.* 2006 Jul 1;42(7):317-25. DOI: 10.1157/13090581
17. Ugarte O, García P, Vidurizaga M, Cossio J, Astete J, Oblitas T, et al. Guía técnica para realizar espirometría ocupacional. *Minist Salud.* 2008. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/314098-guia-tecnica-para-realizar-espirometría-ocupacional>
18. Graham BL, Steenbruggen I, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, Hallstrand TS, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. 2019 Oct 15;200(8):E70-88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>.
19. Asgari S, Luo Y, Akbari A, Belbin GM, Li X, Harris DN, Selig M, Bartell E, Calderon R, Slowikowski K, Contreras C, Yataco R, Galea JT, Jimenez J, Coit JM, Farroñay C, Nazarian RM, O'Connor TD, Dietz HC, Hirschhorn JN, Guio H, Lecca L, Kenny EE, Freeman EE, Murray MB, Raychaudhuri S. A positively selected FBN1 missense variant reduces height in Peruvian individuals. *Nature.* 2020 Jun;582(7811):234-239. doi: 10.1038/s41586-020-2302-0.
20. Pajuelo Ramírez J, Torres Aparcana L, Agüero Zamora R, Bernui Leo I. El sobrepeso, la obesidad y la obesidad abdominal en la población adulta del Perú. *An la Fac Med.* 2019;80(1):21-7. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832019000100004&lng=es. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v80i1.15863>
21. Haynes JM, Kaminsky DA, Stanojevic S, Ruppel GL. Pulmonary Function Reference Equations: A Brief History to Explain All the Confusion. *Respir Care.* 2020 Jul 1;65(7):1030-8. doi: 10.4187/respcare.07188.
22. Ortiz-Prado E, Encalada S, Mosquera J, Simbaña-Rivera K, Gomez-Barreno L, Duta D, et al. A comparative analysis of lung function and spirometry parameters in genotype-controlled natives living at low and high altitude. *BMC Pulm Med.* 2022 Dec 1;22(1):100. doi: 10.1186/s12890-022-01889-0.
23. López Jové OR, Arce SC, Chávez RW, Alaniz A, Lancellotti D, Chiappella MN, et al. Spirometry reference values for an andean high-altitude population. *Respir Physiol Neurobiol.* 2018 Jan 1;247:133-9. doi: 10.1016/j.resp.2017.09.016.
24. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016 Jun 1;15(2):155-63. doi: 10.1016/j.jcm.2016.02.012.
25. Perinetti G. StaTips Part IV: Selection, interpretation and reporting of the intraclass correlation coefficient. *South Eur J Orthod Dentofac Res.* 2018;5(1):3-5. May 2018 DOI: 10.5937/sejodr5-1743
26. 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. Vol. 48, *Salud Publica de Mexico.* 2006. p. 466-73. doi: 10.1590/s0036-36342006000600004.