

COMPARACIÓN DE LOS VALORES NORMALES DE GASES ARTERIALES ENTRE LA ALTITUD Y EL NIVEL DEL MAR DEL ECUADOR

Francisco Villacorta-Cordova^{1,2,a}, Edison Carrillo Coba³, Felix Zubia-Olaskoaga^{4,5}, Amilcar Tinoco-Solórzano^{6,7,b}

¹ Hospital Provincial General Docente de Riobamba, Unidad de Cuidados Intensivos, Riobamba, Ecuador.

² Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Medicina Humana, Catedra de Medicina Interna y Farmacología. Riobamba, Ecuador.

³ Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín.

⁴ Hospital Universitario Donostia, Unidad de Cuidados Intensivos, San Sebastián, España.

⁵ Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Departamento de Medicina, España.

⁶ Hospital Nacional Ramiro Priale Priale EsSalud, Servicio de Cuidados Intensivos e Intermedios, EsSalud, Huancayo, Perú.

⁷ Universidad Peruana Los Andes. Facultad de Medicina Humana. Catedra de Medicina Interna II. Huancayo, Perú.

^a Médico especialista en Medicina Crítica y Terapia Intensiva.

^b Médico especialista en medicina intensiva.

La presente investigación es parte de la tesis "Comparación entre los valores normales de gases arteriales en individuos que viven al nivel del mar y su correlación con los valores normales de gases arteriales en individuos que viven a gran altitud, con el propósito de establecer criterios de permisibilidad en la ventilación y oxigenación en pacientes críticos" presentado en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central del Ecuador para optar al título de médico especialista en Medicina Crítica y Terapia Intensiva.

RESUMEN

Objetivo: comparar los valores normales de gases arteriales en individuos sanos del nivel del mar y de la altitud, establecer diferencias estadísticas y sugerir criterios de permisibilidad en la ventilación y oxigenación en pacientes de la altura. **Material y métodos:** Estudio epidemiológico, observacional, analítico, prospectivo, cohortes. Realizado en diciembre del 2015. La recolección de los datos fue en las ciudades de Quito (altura) y Manta (nivel del mar). La población estudiada estuvo representada por residentes sanos de la altura (casos) los cuales fueron comparados con residentes sanos del nivel del mar (control). Para obtener la muestra de cada una de las poblaciones a estudiar se utilizó el muestreo por conveniencia. **Resultados:** Ingresaron 291 individuos. 142 en la altura (Quito, 2.850 msnm) y 149 al nivel del mar (Manta, 5 msnm). Las poblaciones eran uniformes, edad (media 22 años) y sexo (81% masculino). En la altura (Quito) los valores normales de gases sanguíneos arteriales reportados fueron: pH: 7,415 (+/-0,045); PaO₂: 78,96 mmHg (+/-15 mmHg); PaCO₂: 31,65 mmHg (+/-4 mmHg); HCO₃: 20,29 mmol/L (+/-2,5 mmol/L); SatO₂: 95,28% (+/-2,8%). **Conclusiones:** a) En la altitud los valores de PO₂, PCO₂ y HCO₂ se encuentran disminuidos en relación con los parámetros normales del nivel del mar. b) Existen diferencias estadísticas entre los valores de gases arteriales de la altura y el nivel del mar

Palabras clave: Altitud, gases arteriales, Ecuador (fuente: DeCS BIREME).

COMPARISON OF NORMAL VALUES ARTERIAL GASES BETWEEN THE ALTITUDE AND SEA LEVEL OF THE EQUATOR

ABSTRACT

Objective: to compare normal arterial gas values in healthy individuals at sea level and altitude, to establish statistical differences and to suggest criteria for permissibility in ventilation and oxygenation in patients at altitude. **Material and methods:** Epidemiological, observational, analytical, prospective and cohort studies. Conducted in December 2015. Data collection was in the cities of Quito (altitude) and Manta (sea level). The population studied was represented by healthy highland residents (cases) which were compared with healthy sea level residents (control). Convenience sampling was used to obtain the sample for each of the populations to be studied. **Results:** 291 individuals entered. 142 at altitude (Quito, 2,850 m) and 149 at sea level (Manta, 5 m). Populations were uniform, age (average 22 years) and sex (81% male). At the altitude (Quito) normal arterial blood gas values reported were: pH: 7.415 (+/-0.045); PaO₂: 78.96 mmHg (+/-15 mmHg); PaCO₂: 31.65 mmHg (+/-4 mmHg); HCO₃: 20.29 mmol/L (+/-2.5 mmol/L); SatO₂: 95.28% (+/-2.8%). **Conclusions:** a) At altitude the values of PO₂, PCO₂ and HCO₂ are decreased in relation to normal sea level parameters. b) There are statistical differences between arterial gas values of altitude and sea level.

Keywords: Altitude, arterial blood gases, Ecuador (source: DeCS BIREME).

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo

Recibido: 02/04/2020

Aprobado: 11/05/2020

Autor corresponsal

Francisco Villacorta-Cordova
Luz Elisa Borja y Diego de Almagro.
Riobamba, Ecuador
+593985419605
franciscovillacorta.md@gmail.com

Financiamiento

Autofinanciado

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribuciones

Aporte sustancial a la concepción o el diseño del manuscrito, así como en la adquisición, análisis o interpretación de los datos obtenidos.

Participación en el diseño de la investigación o en la revisión del contenido.

Aprobación en la versión final del artículo.

Por lo que: Asumen la responsabilidad de todos los aspectos del artículo y garantiza la exactitud e integridad de cualquier parte del trabajo y que estén adecuadamente investigadas y resueltas.

Citar como

Villacorta-Cordova F, Carrillo Coba E, Zubia-Olaskoaga F, Tinoco-Solórzano A. Comparación de los valores normales de gases arteriales entre la altitud y el nivel del mar del Ecuador. Revista de Medicina Intensiva y Cuidados Críticos.2020;13(2):88-91.

INTRODUCCIÓN

Se considera que una población se encuentra en la altura cuando está por encima de los 1,500 metros sobre el nivel del mar (msnm)⁽¹⁻³⁾. En el mundo existen 385 millones de personas que viven por encima de los 1,500 msnm⁽⁴⁾, y más de 140 millones sobre los 2,500 msnm. De ellos, 80 millones están en Asia y 35 millones en las regiones andinas de Sudamérica⁽⁵⁾.

La adaptación se lleva a cabo no sólo cuando se asciende a la altitud como generalmente es aceptado, sino también cuando se desciende a nivel del mar⁽⁶⁾. La adaptación del habitante está conformada por un conjunto de caracteres que se conocen como fenotipo⁽⁷⁾. En Ecuador, en la región andina, las capitales de provincia están sobre los 2.200 msnm. Estas poblaciones sufren cambios fisiológicos y más aún los pacientes con problemas cardiovasculares cuya tolerancia a la hipoxia es menor. En la altura podemos detectar alteraciones neurológicas como cefaleas y náuseas⁽⁸⁾. Alteraciones metabólicas, trombosis y afectaciones neurosicológicas, tales como alteración del aprendizaje y comportamientos ansiosos⁽⁹⁾.

El análisis de gases sanguíneos arteriales (GSA) es fundamental en el diagnóstico y manejo del estado de oxigenación, ventilación y el equilibrio ácido-base. Es conocido que la presión barométrica y la altitud son factores determinantes en los valores de presión arterial de dióxido de carbono (PaCO_2) y presión arterial de oxígeno (PaO_2)⁽¹⁰⁾. Siendo la presión barométrica, tanto a nivel del mar como en la altitud, la suma de las presiones individuales de los gases mezclados que constituyen el aire⁽¹¹⁾. Los valores normales de la gasometría arterial a nivel del mar son pH: 7.35-7.45, pO_2 : 80-100 mmHg, pCO_2 : 35-45 mmHg, HCO_2 : 24 mEq/L y SatO_2 : > 90 %⁽¹²⁾.

La demografía puede producir variaciones en la medición de PaCO_2 y PaO_2 . Estudios anteriores revelan diferencias pequeñas pero significativas en los nativos y residentes de la altura con relación al sexo, la PaCO_2 fue mayor en los hombres respecto a las mujeres⁽¹³⁾. Sin embargo, una búsqueda bibliográfica reveló ninguna información referente a las diferencias étnicas para el análisis de gases sanguíneos⁽¹⁴⁾. La característica más importante de la aclimatación es el aumento de la profundidad y la velocidad de respiración, lo que resulta en un aumento de la ventilación alveolar. Esto se produce por la estimulación hipóxica de los quimiorreceptores periféricos, principalmente de los cuerpos carotídeos, que detectan la baja PaO_2 en la sangre arterial. La hiperventilación reduce la presión alveolar porque hay una relación inversa entre esta y la ventilación alveolar por una tasa fija de dióxido de carbono. Por lo tanto, el aumento de la ventilación alveolar incrementa la presión de oxígeno (PO_2) alveolar. Este proceso de la hiperventilación tiende a defender la PO_2 alveolar contra la disminución de la PO_2 inspirada⁽¹⁵⁾.

La mayoría de los hospitales en el medio ecuatoriano utilizan valores de referencia reportados en la literatura extranjera sin considerar, edad, altitud y presión barométrica, pese a que estos son factores importantes a considerar⁽¹⁶⁾. En Ecuador existen dos estudios. El primero en pacientes del Servicio de Cardiología del Hospital Carlos Andrade Marín, realizado por Villacís, quien estableció valores tales como: pH: 7,35-7,45; PaCO_2 : 28 +/-2; PaO_2 : 60 +/-3; HCO_3 : 18 +/-2⁽¹⁷⁾. El segundo estudio se realizó en la ciudad de Ambato, en una población sana comprendida entre los 23 y 35 años, en este se observó que el valor promedio de pH es de 7,41, PaCO_2 : 36,62, PaO_2 85,56 y SatO_2 : 95,19%,⁽¹⁸⁾.

Para el presente estudio definimos como residente sano al poblador con una estancia mínima de un año, no fumador, con ausencia de enfermedad cardíaca o pulmonar aguda o crónica.

En este estudio nuestra hipótesis es que "En los individuos sanos de la altura, los parámetros de oxigenación y ventilación son diferentes a los del nivel del mar." y los objetivos son: comparar los valores normales de gases arteriales en individuos sanos del nivel del mar y de la altitud, establecer diferencias estadísticas y sugerir criterios de permisibilidad en la ventilación y oxigenación en pacientes de la altura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio epidemiológico, observacional, analítico, prospectivo, cohortes. Realizado en diciembre del 2015. La recolección de los datos fue en las ciudades de Quito (altura) y Manta (nivel del mar). La población estudiada estuvo representada por residentes sanos de la altura (casos) los cuales fueron comparados con residentes sanos del nivel del mar (control). Para obtener la muestra de cada una de las poblaciones a estudiar se utilizó el muestreo por conveniencia.

Los criterios de inclusión fueron: a) Nacidos y residentes de Manta y Quito, b) No haber viajado en el último año, c) Ausencia de enfermedad cardíaca o pulmonar crónica, d) No fumadores. e) Aceptación voluntaria y firma del consentimiento informado para el estudio. Los criterios de exclusión fueron: a) Antecedente de enfermedad pulmonar o cardíaca aguda menor a dos meses previos al estudio, b) Antecedentes laborales que repercutan en el ámbito respiratorio (exposición a asbestos, lanas, polvos, etc.). Las variables estudiadas son pH, PaO_2 , PaCO_2 , HCO_3 y SatO_2 .

Para la toma de muestra, se siguió la técnica descrita en el "Manual de toma de muestras para exámenes de laboratorio" de la Universidad de Valparaíso⁽¹⁹⁾ y se realizó estando el paciente sentado, previa desinfección de la zona de punción y test de Allen La arteria elegida fue la radial derecha y/o izquierda. Las muestras fueron procesadas en un equipo GEM PREMIER 3000TM.

Las variables cuantitativas se reportaron como promedios (desviación estándar) o mediana (rangos intercuartílicos). El reporte de los valores gasométricos normales se realizó en quintiles (QU.5-QU.95). Las variables cualitativas se reportan como porcentajes. Los valores promedios normales de gasometría y sus intervalos de confianza al 95% se estimaron por resampleo simple con el promedio de 10.000 muestras de 50 observaciones con reemplazo. Las comparaciones se realizaron previa prueba de Kolmogórov-Smirnov y gráficos normales quantile-quantile (normal QQ plot) para verificar el cumplimiento de los requisitos de normalidad en las variables cuantitativas. Las comparaciones para medias usaron pruebas de "t de student" o pruebas no paramétricas para aquellas que no cumplieran los requisitos de normalidad. Las variables discretas se compararon usando pruebas de independencia con Chi-cuadrado. La prueba exacta de Fisher se usó en caso necesario. Para todas las comparaciones a realizarse se consideraron significativos valores inferiores al 5% ($p < 0,05$). Los datos se recopilaron en una base de datos diseñada en

MS-Excel®. Los análisis y gráficos se realizaron usando el paquete estadístico "R" (2015).

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Central del Ecuador. Se han tomado en cuenta las sugerencias de la Declaración de Helsinki poniendo énfasis a vigilar el anonimato y confidencialidad de los datos de los participantes, El ingreso de los participantes fue voluntario y previa firma de consentimiento informado.

RESULTADOS

Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión ingresaron al estudio 291 individuos. 142 al grupo de altura (Quito) y 149 al grupo del nivel del mar (Manta). Las poblaciones

comparadas eran uniformes en relación con su edad (media 22 años) y sexo (81% masculino) con un $p > 0.05$.

Al nivel del mar (Manta, 5 msnm) los valores de los gases arteriales se encuentran dentro de los parámetros normales. Tabla 1.

En la altura (Quito, 2,850 msnm), dentro de los valores de los gases arteriales; PaO_2 , PaCO_2 y HCO_3 se encuentran por debajo de los parámetros normales. Tabla 2.

Comparando los valores de los gases arteriales entre la altura (Quito) y el nivel del mar (Manta), encontramos diferencias estadísticas importantes, en el PaO_2 , PaCO_2 , HCO_3 y SatO_2 . Tabla 3.

Tabla 1. Gases Arteriales en Individuos Sanos a 5 msnm (Manta) n = 149

	Media	Quintiles				
		QU 5	QU 25	QU 50	QU 75	QU 95
pH	7,408	7,36	7,39	7,41	7,42	7,46
PaO_2 (mmHg)	89,97	75,00	82,00	94,00	100,00	105,00
PaCO_2 (mmHg)	37,62	31,00	35,00	38,00	40,00	43,00
HCO_3 (mmolL)	23,77	20,42	22,50	23,80	25,30	26,60
SatO_2 (%)	98,29	96,00	98,00	99,00	99,00	99,00

pH: potencial de hidrógeno; PaO_2 : presión arterial de oxígeno, PaCO_2 : presión arterial de dióxido de carbono; HCO_3 : bicarbonato; SatO_2 : saturación arterial de oxígeno

Tabla 2. Gases Arteriales en Individuos Sanos a 2.850 msnm (Quito) n = 142

	Media	Quintiles				
		QU 5	QU 25	QU 50	QU 75	QU 95
pH	7,415	7,370	7,400	7,420	7,430	7,460
PaO_2 (mmHg)	78,96	64,05	74,00	78,00	82,75	94,00
PaCO_2 (mmHg)	31,65	27,00	30,00	32,00	33,00	36,00
HCO_3 (mmolL)	20,29	17,51	19,20	20,35	21,60	22,80
SatO_2 (%)	95,28	92,00	95,00	96,00	96,00	97,95

pH: potencial de hidrógeno; PaO_2 : presión arterial de oxígeno, PaCO_2 : presión arterial de dióxido de carbono; HCO_3 : bicarbonato; SatO_2 : saturación arterial de oxígeno

Tabla 3. Comparativo de los Valores Gasométricos entre 2.850 msnm (Quito) y 5 msnm (Manta)

	Quito (n =142)		Manta (n =149)		P<0,05
	Media	IC 95%	Media	IC 95%	
pH (7,35-7,45)	7,415	7,411 – 7,419	7,408	7,399 – 7,416	0,02
PaO_2 (80-100mmHg)	78,96	75,80 – 82,10	89,97	86,65 – 93,29	<0,00001
PaCO_2 (35-45 mmHg)	31,65	30,82 – 32,48	37,62	36,54 – 38,70	<0,00001
HCO_3 (24 mmol/L)	20,29	19,81 – 20,77	23,77	23,24 – 24,30	<0,00001
SatO_2 (> 90 %))	95,28	94,75 – 95,82	98,29	97,90 – 98,68	<0,00001

pH: potencial de hidrógeno; PaO_2 : presión arterial de oxígeno, PaCO_2 : presión arterial de dióxido de carbono; HCO_3 : bicarbonato; SatO_2 : saturación arterial de oxígeno.

DISCUSIÓN

En el presente estudio encontramos; Que, en los individuos sanos de la altura, los parámetros de oxigenación y ventilación son diferentes a los propuestos para el nivel del mar.

En este estudio; En la altura (Quito) los valores normales de gases sanguíneos arteriales derivados de una muestra de 142 individuos, reportados son: pH: 7,415 (+/-0,045); PaO₂: 78,96 mmHg (+/-15 mmHg); PaCO₂: 31,65 mmHg (+/-4 mmHg); HCO₃: 20,29 mmol/L (+/-2,5 mmol/L); SatO₂: 95,28% (+/-2,8%). Al comparar estos resultados con los valores del nivel del mar (Manta), nuestro estudio describe en la altitud, una importante disminución del PaO₂, valores estadísticamente significativos que son debido a la baja presión barométrica (Quito, 540 mmHg), asociado a una baja del PaCO₂ concomitante que ayuda a mantener una aceptable PaO₂ y una adecuada SatO₂. De mantenerse la PaCO₂ en 40 mmHg como al nivel del mar, los valores de presión de oxígeno alveolar serían como promedio de 57 mmHg y podrían llegar a valores tan bajos como 48 mmHg, que comprometerían la saturación de oxígeno. Es muy importante estudiar la variación que tendrá la PaCO₂ en alturas mayores, pues con ello se podrá entender mejor este mecanismo compensatorio. El bicarbonato tiene un descenso de casi 3 mmol/L. Esto se debe al mecanismo bioquímico de tampón del pH debido a la caída de la PaCO₂. El bicarbonato es el encargado de mantener un balance final óptimo del pH en la sangre. La velocidad y extensión de la compensación metabólica dependen de la altitud, siendo más lentas y menos completas a gran altura. La saturación de oxígeno es ligeramente menor en Quito, esta pérdida de 2% a 3% produciría una pérdida de igual magnitud en el contenido

arterial de oxígeno en la sangre, pero el mismo no depende solo de SatO₂ % sino también de unos adecuados gasto cardiaco y valor de la hemoglobina en la sangre.

Comparando nuestro estudio con los realizados anteriormente encontramos que; Tietz encontró valores promedios de gases arteriales a nivel del mar similares a los obtenidos en este estudio en Manta. pH: 7,40, PaCO₂: 40, PaO₂: 95,5, SatO₂: 96,5 y HCO₃: 24,5 (20). Garcia et al. en diferentes ciudades de México y a distintas alturas, encontró en San Juan de los Huertos (2.850 msnm). en personas jóvenes, valores del PaCO₂ 31,2 mmHg similares a Quito sin embargo dichos valores deben tomarse con precaución, debido a que representan estimaciones teóricas y pueden variar de los valores reales (21). Gonzales-Garcia et al en Bogotá, encontró similares resultados en el pH, PaCO₂, HCO₃, a nuestro estudio. no así con la PaO₂: 65 +/-2 mmHg y SatO₂: 91 +/-1%, cuya posible causa es la menor altura de Bogotá (2.640 msnm) (22). Tinoco et al. encontró que los valores de gases arteriales a diferentes niveles de altitud, presentaban un descenso en el PaO₂, PaCO₂ y HCO₃ (1). Vera. en La Paz- Bolivia (3600 msnm) en 89 pacientes adultos sanos residentes de la altura encontró un pH 7.36, pO₂ 55.9 mmHg, pCO₂ 28.4 mmHg, HCO₃ 16.4 mEq/L y SatO₂ 86 % (23).

En conclusión, a) En la altitud los valores de PO₂, PCO₂ y HCO₂ se encuentran disminuidos en relación a los parámetros normales del nivel del mar. b) Existen diferencias estadísticas entre los valores de gases arteriales de la altura y el nivel del mar, Por lo que recomendamos no utilizar los valores normales sugeridos para el nivel del mar en el manejo de los pacientes de la altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tinoco-Solórzano A, Román A, Charri J. Gasometría arterial en diferentes niveles de altitud en residentes adultos sanos en el Perú. *Horiz Med.* 2017;17(3):6-10.
2. Imray C, Booth A, Wright A, Bradwell A. Acute altitude illnesses. *BMJ.* 2011;343:411-7.
3. Barry P, Pollard A. Altitude illness. *BMJ.* 2003;326(7395):915-9.
4. Jibaja M, Ortiz-Ruiz G, García F, Garay-Fernández M, Montelongo F, Martínez J et al. Hospital Mortality and Effect of Adjusting PAO₂/FIO₂ According to Altitude Above the Sea Level in Acclimatized Patients Undergoing Invasive Mechanical Ventilation. A Multicenter Study. *Arch Bronconeumol.* 2020;56(4):218-224.
5. Penalzoza D, Arias-Stella J. The heart and pulmonary circulation at high altitudes healthy highlanders and chronic mountain sickness. *Circulation.* 2007;115(9):1132-46.
6. Zubieta-Calleja GR, Paulev P, Zubieta-Calleja L, Zubieta-Castillo G. Altitude adaptation through hematocrit changes. *J Physiol Pharmacol.* 2007;58(5):811-8.
7. Hinojosa-Campero WE. Gasometría arterial y adaptación en la altura. *Luz Vida Rev Méd-Científica.* 2011;2(1):39-45.
8. Severinghaus JW, Chiodi H, Eger li E, Brandstater B, Hornbein TF. Cerebral blood flow in man at high altitude Role of cerebrospinal fluid pH in normalization of flow in chronic hypoxemia. *Circ Res.* 1966;19(2):274-82.
9. De Aquino V, Antunes HKM, Dos Santos RVT, Da Silva JM, Tufik S, De Mello MT. Efeitos da exposição à altitude sobre os aspectos neuropsicológicos: uma revisão da literatura. *Rev Bras Psiquiatr.* 2010;32(1):71.
10. Bloom BM, Grundling J, Bestwick JP, Harris T. The role of venous blood gas in the Emergency Department: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med.* 2014;21(2):81-8.
11. Patiño JF, Restrepo JFP, Rodríguez EC. Gases sanguíneos, fisiología de la respiración e insuficiencia respiratoria aguda. Ed. Médica Panamericana. 2005
12. Rodríguez-Roisin R. SEPAR. Normativa sobre la gasometría arterial. *Arch Bronconeumol.* 1998;34(3):142-53.
13. Loeppky JA, Scotto P, Charlton GC, Gates L, Icenogle M, Roach RC. Ventilation is greater in women than men, but the increase during acute altitude hypoxia is the same. *Respir Physiol.* 2001;125(3):225-37.
14. Crapo RO, Jensen RL, Hegewald M, Tashkin DP. Arterial blood gas reference values for sea level and an altitude of 1,400 meters. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;160(5):1525-31.
15. West JB, Schoene RB, Luks AM, Milledge JS. *High Altitude Medicine and Physiology* 5th Ed. CRC Press; 2012
16. Bloom SA, Canzanello VJ, Strom JA, Madias NE. Spurious assessment of acid-base status due to dilutional effect of heparin. *Am J Med.* 1985;79(4):528-30.
17. Villacís E. Valores respiratorios obtenidos en sujetos normales. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas.* 1968;6(1):94.
18. Peñaloza D, Arias-Stella J, Sime F, Recavarren S, Marticorena E. The Heart And Pulmonary Circulation In Children At High Altitudes Physiological, Anatomical, and Clinical Observations. *Pediatrics.* 1964;34(4):568-82.
19. Patiño J, Celis E, Diaz J. Gases sanguíneos. Fisiología de la respiración e Insuficiencia respiratoria aguda 8va ed. Bogotá: Ed. Médica Panamericana; 2015.
20. Stanley DE. Tietz textbook of clinical chemistry. *JAMA.* 1999;282(3):283-283.
21. García JCV, Padilla RP. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex.* 2000;13(1):06-13.
22. Gonzalez-Garcia M, Barrero M, Casas A, Torres-Duque CA, Maldonado D. Reference values for arterial blood gases at an altitude of 2640 meters. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;187:A4852.
23. Vera O. Valores Normales de Gases Sanguíneos arteriales y del equilibrio ácido base en la ciudad de la Paz Bolivia. *Cuadernos.* 1991; 37(1):18-27.