

Gasometría arterial en diferentes niveles de altitud en residentes adultos sanos en el Perú

Amílcar Tinoco Solórzano^{1, a, b, c}, Angie Román Santamaría^{2, d, e}, Julio Charri Victorio^{3, f}

RESUMEN

Objetivo: Conocer los valores de la gasometría arterial, SatO₂, pO₂/fiO₂ y lactato en los residentes sanos de la altura a dos diferentes niveles de altitud.

Materiales y métodos: Reporte de casos. Muestreo por conveniencia. Se describe los valores de gases arteriales en las ciudades de Huánuco (1818 msnm) y Cerro de Pasco (4380 msnm).

Resultados: En Huánuco y Cerro de Pasco se encontró: pH: 7.42 (0.02) y 7.43 (0.01), pO₂: 78.19 (4.76) y 54.18 (3.12), pO₂/fiO₂: 372.32 (22.66) y 258.13 (14.77), saturación de oxígeno: 96.24 (0.87) y 87.02 (2.31), lactato: 1.14 (0.49) y 1.47 (0.56), pCO₂: 34.63 (3.62) y 27.69 (1.88), y HCO₂: 22.56 (2.19) y 18.37 (1.33), respectivamente.

Conclusiones: Los valores del análisis de gasometría arterial en la altura en los residentes adultos sanos son diferentes a los planteados como normales para los residentes del nivel del mar. A mayor altitud de residencia, los cambios son más marcados.

Palabras clave: Altitud; gases arteriales; lactato (Fuente: DeCS BIREME).

Arterial blood gas analysis at different levels of altitude in healthy adult residents of Peru

ABSTRACT

Objective: To know the values of arterial blood gases, SatO₂, pO₂/fiO₂ and lactate in healthy high-altitude residents at two different levels of altitude.

Materials and methods: Case report. Convenience sampling. Description of the values of arterial blood gases in the cities of Huánuco (1,818 masl) and Cerro de Pasco (4,380 masl).

Results: In Huánuco and Cerro de Pasco we found the following values: pH: 7.42 (0.02) and 7.43 (0.01), pO₂: 78.19 (4.76) and 54.18 (3.12), pO₂/fiO₂: 372.32 (22.66) and 258.13 (4.77), oxygen saturation: 96.24 (0.87) and 87.02 (2.31), lactate: 1.14 (0.49) and 1.47 (0.56), pCO₂: 34.63 (3.62) and 27.69 (1.88), and HCO₂: 22.56 (2.19) and 18.37 (1.33), respectively.

Conclusions: The values of the arterial blood gas analysis in healthy high-altitude adult residents are different from the normal values in sea-level residents. The higher the altitude of residence, the more pronounced the changes.

Keywords: Altitude; arterial blood gases; lactate (Source:MeSH NLM).

1. Médico Especialista en Medicina Intensiva.

2. Médico Cirujano.

3. Estudiante de Medicina Humana.

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

b. Centro de Investigación de Medicina de la Altura de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.

c. Red Latinoamericana de Investigación de Medicina Intensiva en la Altura.

d. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú.

e. Centro de Salud Obas - Red de Salud Dos de Mayo - DIRESA. Huánuco, Perú.

f. SOCIEM UNDAC, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú.

INTRODUCCIÓN

Se considera que una población se encuentra en la altura cuando está por encima de los 1500 msnm.^(1, 2) En el presente trabajo definimos como adulto sano aquel individuo no fumador sin obesidad, mayor de 20 años que no recibe medicación alguna, sin antecedentes y sin síntomas de enfermedad cardiovascular, pulmonar y hematológica. Precisamos que residente de la altura es aquel poblador con una estancia continua mínimo de un año a una altitud mayor de 1500 m.

La gasometría arterial permite determinar alteraciones del equilibrio ácido-básico y del intercambio gaseoso pulmonar; oxigenación y ventilación. Estos influyen directamente en el estado del medio interno y de la homeostasis del cuerpo^(3, 4). Los parámetros obtenidos a través del análisis de gases arteriales intervienen en múltiples escalas de diagnósticos y de severidad⁽⁵⁾. Los valores definidos como normales de la gasometría arterial han sido determinados a nivel del mar. (pH: 7.35-7.45, pO₂: 80-100 mmHg, pCO₂: 35-45 mmHg, HCO₂: 24 mEq/L y SatO₂: > 90 %)^(6,12).

En Sudamérica, en pobladores de la altura se han realizado algunos estudios que encuentran valores gasométricos diferentes a los definidos como normales para el nivel del mar. En 1982 J. Restrepo et al. realizó un estudio en 46 pacientes adultos sanos residentes en Bogotá Colombia a una altitud de 2650 m y una presión barométrica 560 mmHg encontrando un pH 7.44, pO₂ 68.60 mmHg, pCO₂ 31.27 mmHg, HCO₃ 21.50 mEq/L y SatO₂ 93.65%⁽⁷⁾.

En 1991, O. Vera. realizó un estudio con 89 pacientes adultos sanos residentes de la altura en La Paz- Bolivia a una altitud de 3600 m y una presión barométrica 511 mmHg encontrando un pH 7.36, pO₂ 55.9 mmHg, pCO₂ 28.4 mmHg, HCO₃ 16.4 mEq/L y SatO₂ 86 %⁽⁸⁾. En el 2002 D. Yumpo realizó un estudio prospectivo longitudinal con 20 pacientes adultos sanos residentes de la altura en Huancayo - Perú a una altitud de 3249 m y una presión barométrica de 535 mmHg. Encontrando un pH 7.45, pO₂ 66.22 mmHg, pCO₂ 29.16 mmHg, HCO₃ 20.52 mEq/L y SatO₂ 93.9 %⁽⁹⁾. En el 2014 César Pereira-Victorio et al. Realizó un estudio transversal analítico en 118 pobladores adultos sanos residentes del Cusco, Perú a una altitud de 3350m y una presión barométrica de 505 mmHg encontrando un pH 7.40, pO₂ 61.1 mmHg, pCO₂ 30.6 mmHg, HCO₃ 19.7 mEq/L y SatO₂ 91.1%⁽¹⁰⁾.

Es por esto que planteamos que los valores gasométricos normales en la altura son diferentes a los del nivel del mar y que estos cambios están directamente relacionados con el nivel de altitud.

Más de 140 millones de personas residen en la altura⁽¹¹⁾, evaluarlos con parámetros del nivel del mar llevaría a conclusiones erróneas y recomendaciones inadecuados. Se hace necesario conocer los valores normales del análisis de gasometría arterial a diversos niveles de altitud para realizar una adecuada evaluación de los pacientes que

habitan en la altura los cuales se beneficiarán con los resultados del presente estudio.

Nuestro objetivo es conocer los valores normales de gasometría arterial en los residentes de la altura a dos diferentes niveles de altitud; así como también conocer los valores de la SatO₂, pO₂/fiO₂ y lactato en la altura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Serie de casos. Realizado los días 1 y 2 de diciembre del 2015. En las Ciudades de Huánuco a 1818 msnm con una presión barométrica de 699 mmHg y Cerro de Pasco a 4380 msnm con una presión barométrica de 457 mmHg. Se realizó muestreo por conveniencia teniendo como población objetivo a los residentes adultos sanos de la altura.

Los criterios de inclusión fueron: a) Sujetos entre 20 y 30 años b) Residencia definida como una estancia permanente mayor de 1 año en la altura c) Aceptación a participar en el estudio (consentimiento informado). Los criterios de exclusión fueron: a) Presentar antecedente de enfermedad cardiovascular, pulmonar y hematológica, b) Sintomáticos respiratorios (tos, expectoración o disnea) c) Obesidad definida por índice de masa corporal (peso/talla²) mayor a 30 d) Deformidad de la caja torácica e) Uso actual de aspirina o anticoagulantes f) Uso de medicamentos que alteren la ventilación alveolar, el pH, el bicarbonato o el metabolismo del potasio, como estimulantes o depresores del sistema nervioso, diuréticos, corticoides, beta bloqueadores y beta estimulantes g) Historia de enfermedad vascular o neuropatía en miembros superiores h) Historia de cirugía o trauma de muñeca i) Antecedente de fumador defino como la persona que ha consumido al menos un cigarro diario durante el último mes.

En la toma de muestra de sangre arterial para el estudio: Se utilizó jeringas exclusivas para toma de muestra de gasometría Care Fusion. Las muestras fueron procesadas en un equipo RADIOMETER ABL800 Flex. La toma de muestra se realizó previa anestesia local a nivel de la arteria radial derecha. Se siguió el manual de toma de muestras para exámenes de laboratorio de la Universidad de Valparaíso⁽⁴⁾, La toma y el análisis de la muestra fue realizada por los investigadores principales. Se procesó inmediatamente a la obtención.

Se ingresaron los datos a una tabla Excel para su procesamiento y análisis.

Las consideraciones éticas estuvieron circunscritas al anonimato y confidencialidad de los datos, firma del consentimiento informado e ingreso voluntario de los participantes al estudio.

Se recolectaron 31 muestras, 16 muestras en Huánuco (altura de 1,818 msnm y presión barométrica de 699 mmHg) y 15 muestras en Cerro de Pasco (altura de 4,380 msnm y presión barométrica de 457 mmHg).

En Huánuco la edad promedio fue 26.3 años, el índice de masa corporal fue 23.7 Kg/m² y el tiempo de residencia fue 14.2 años. En Cerro de Pasco el promedio de edad de 22.1, el índice de masa corporal de 22.05 Kg/m² y el tiempo de residencia fue de 8.5 años (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los residentes sanos de la altura

	Huánuco * (n = 16)		Cerro de Pasco ** (n = 15)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
Edad (años)	26.38	2.34	22.13	2.65
Sexo				
Hombre	8		6	
Mujer	8		9	
Peso (kg)	64	9.40	55	7.65
Talla (m)	1.64	6.61	1.57	6.83
Índice de masa corporal	23.75	2.63	22.05	1.98
Tiempo de residencia (años)	14.19	9.15	8.53	9.16
Nativos	10		11	
No nativos	6		4	

***Altura:** 1818 msnm, presión barométrica; 699 mmHg

****Altura:** 4380 msnm, presión barométrica; 457 mmHg

En Huánuco la presión arterial media fue 83 mmHg, la frecuencia respiratoria fue 17 rpm y la saturación de oxígeno con pulsooxímetro fue de 97%. En Cerro de Pasco, la presión arterial media fue 79 mmHg, la frecuencia respiratoria fue 18 rpm y la saturación de oxígeno con pulsooxímetro fue 88% (Tabla 2).

Tabla 2. Funciones vitales de los residentes sanos de la altura

	Huánuco * (n = 16)		Cerro de Pasco ** (n = 15)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
Presión arterial				
Presión sistólica	108	6.61	104	10.28
Presión diastólica	72	5.27	68	8.29
Presión media	83	4.54	79	8.20
Frecuencia cardíaca	74	6.20	76	8.24
Temperatura	36	0.39	36	0.31
Frecuencia respiratoria	17	1.32	18	1.84
Saturación de oxígeno	97	1.10	88	1.59

***Altura:** 1818 msnm, presión barométrica; 699 mmHg

****Altura:** 4380 msnm, presión barométrica; 457 mmHg

En relación al estudio hematológico en Huánuco y Cerro de Pasco los resultados fueron: Hemoglobina 14.94 mg/dL y 17.23 mg/dL y hematocrito 44.31 % y 52.66 % (Tabla 3).

Tabla 3. Valores hematológicos de los residentes sanos de la altura

	Huánuco * (n = 16)		Cerro de Pasco ** (n = 15)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
Hemoglobina (mg/dL)	14.94	1.43	17.23	2.28
Hematocrito (%)	44.31	4.77	52.66	6.88
Glucosa (mg/dL)	102.44	12.88	102.47	8.15
Sodio (mEq/L)	135.06	2.19	132.80	1.47
Potasio (mEq/L)	3.80	0.37	3.75	0.20
Calcio (mEq/L)	0.96	0.08	0.97	0.06
Cloro (mEq/L)	106.25	1.71	106.47	1.99

*Altura: 1818 msnm, presión barométrica; 699 mmHg

**Altura: 4380 msnm, presión barométrica; 457 mmHg

En relación al análisis de gasometría arterial; En Huánuco y Cerro de Pasco los resultados fueron: pH: 7.42 y 7.43, pO₂: 78.19 mmHg y 54.18 mmHg, pO₂/fiO₂: 372.32 y 258.13, saturación de oxígeno: 96.24 % y 87.02 % y lactato: 1.14 mmol/L y 1.47 mmol/L respectivamente. Otro valores en Huánuco y Cerro de Pasco fueron: pCO₂: 34.63 mmHg y 27.69 mmHg y HCO₃⁻: 22.56 mEq/L y 18.37 mEq/L respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Gasometría arterial de los residentes sanos de la altura

	Huánuco * (n = 16)		Cerro de Pasco ** (n = 15)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
pH	7.42	0.02	7.43	0.01
pO ₂ (mmHg)	78.19	4.76	54.18	3.12
pCO ₂ (mmHg)	34.63	3.62	27.69	1.88
HCO ₃ ⁻ (mEq/L)	22.56	2.19	18.37	1.33
AG	6.25	1.76	8.21	1.25
EB	-1.89	2.27	-3.68	1.27
pO ₂ /fiO ₂	372.32	22.66	258.13	14.77
Lactato (mmol/L)	1.14	0.49	1.47	0.56
SO ₂	96.24	0.87	87.02	2.31

*Altura: 1818 msnm, presión barométrica; 699 mmHg

**Altura: 4380 msnm, presión barométrica; 457 mmHg

pH= Potencial de hidrogeniones, pO₂= Presión parcial de oxígeno, pCO₂= Presión parcial de dióxido de carbono, HCO₃⁻= Bicarbonato, AG= Anión gap, EB= Exceso de bases, SO₂= Saturación de oxígeno

DISCUSIÓN

Encontramos que los valores gasométricos en personas sanas residentes en la altura son diferentes a los del nivel del mar y que estos cambios están directamente relacionados con el nivel de altitud. Si bien observamos que el valor del pH y el lactato se encuentra dentro de los rangos normales para el nivel del mar, no ocurre lo mismo con el pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, SO₂ y el pO₂/fiO₂ que

desciende en mayor intensidad según es mayor la altitud. Es por esto que recomendamos tener en cuenta la variable de la altitud para definir valores normales del análisis de gases arteriales con los cuales se tomen decisiones en diagnóstico y tratamiento.

Comparando nuestros resultados con estudios previos, realizados en Latinoamérica en residentes sanos de la altura, podemos observar similares tendencias a los

encontrados por nosotros. Se concluye que los valores normales del análisis de gasometría arterial en la altura son diferentes a los planteados como normales para el nivel del mar.

La principal limitación del estudio fue lograr en un corto tiempo un mayor número de adultos sanos que dieran su consentimiento para realizarles la extracción de sangre arterial, motivo por el cual se decidió presentar una serie de casos y describir nuestros hallazgos.

En conclusión, los valores del análisis de gasometría arterial en la altura en los residentes adultos sanos son diferentes a los planteados como normales para los residentes del nivel del mar. A mayor altitud de residencia, los cambios son más marcados.

Recomendamos ampliar la cobertura con una mayor muestra y la complejidad de próximos estudios para determinar si existe diferencia significativa entre los resultados del análisis de gases arteriales de poblaciones de la altura y las del nivel del mar. Se debe optimizar la interpretación de los resultados de gases arteriales en los residentes de la altura dado que sus valores son diferentes a los planteados para el nivel del mar. Se debe fomentar en las Facultades de Medicina Humana del Perú la investigación y determinación de parámetros fisiológicos, de diagnóstico y severidad normales en los residentes de la altura. La toma de decisiones con parámetros del nivel del mar no es lo ideal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Imray C, Booth A, Wright A, Bradwell A. Acute altitude illnesses. *BMJ*. 2011; 343:411-7.
2. Barry P, Pollard A. Altitude illness. *BMJ*. 2003; 326(7395):915-9.
3. Crespo A, Garcés F, Casillas Y, Cano J. Indicaciones e interpretación de la gasometría. *Medicine*. 2007; 9(90):5813-6.
4. Patiño J, Celis E, Díaz J. Gases sanguíneos. 1st ed. Bogotá. Mexico: Panamericana; 2015.
5. Garcia de Lorenzo A, Mateos A. Scores pronósticos y criterios diagnósticos en el paciente crítico. 1st ed. Madrid: Ergon; 2006.
6. Rodríguez-Roisin R, SEPAR. Normativa sobre la gasometría arterial. *Arch Bronconeumol*. 1998;34(3): 142-53.
7. Miranda-De la Torre R, Ramírez-Ramírez F. Gasometría arterial. Obtención de la muestra e interpretación básica de sus resultados. *Revista Médica MD*. 2011;2(3):180-5
8. Restrepo J, Reyes P, Vásquez P, Ardil, M, Díaz-Granados B. Gasimetria arterial y alveolar en adultos sañosa nivel de Bogotá. *Acta Médica Colombiana*. 1982; 7 (6):461-6.
9. Vera O. Valores Normales de Gases Sanguíneos arteriales y del equilibrio acido base en la ciudad de la Paz Bolivia. *Cuadernos*. 1991; 37(1):18-27.
10. Yumpo D. Estudio de valores de referencia de gases arteriales en pobladores de altura. *Enfermedades del Tórax*. 2002; 45:40-2.
11. Pereira-Victorio C, Huamanquispe-Quintana J, Castelo-Tamayo L. Gasometría arterial en adultos clínicamente sanos a 3350 metros de altitud. *Rev Perú Med Exp Salud Pública*. 2014;31(3):473-79
12. Basnyat B, Murdoch D. High-altitude illness. *Lancet*, 2003; 361(9373):1967-74.

Fuentes de financiamiento:

Este artículo ha sido financiado por los autores.


Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Correspondencia:

Amílcar Tinoco Solórzano
Dirección: Av. Huancavelica s/n Huancayo - Perú
Teléfono: 952991010
Correo electrónico: amilcartinoco@gmail.com

Recibido: 26 de abril de 2017
Evaluado: 09 de mayo de 2017
Aprobado: 15 de junio de 2017

© La revista. Publicado por Universidad de San Martín de Porres, Perú.
 Licencia de Creative Commons Artículo en acceso abierto bajo términos de Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)