



Colombian Journal of Anesthesiology

Revista Colombiana de Anestesiología

www.revcolanest.com.co

OPEN

Wolters Kluwer

Gasometría arterial en adultos jóvenes en una altura promedio de 1605 msnm. Armenia, Colombia 2016

Arterial blood gas in young adults at an average altitude of 1605-m above sea level: Armenia, Colombia 2016

Palabras clave: Oxigenación, Análisis de los Gases de la Sangre, Equilibrio Ácido-Base, Adulto Joven, Presión Atmosférica

Keywords: Oxygenation, Blood Gas Analysis, Acid-Base Equilibrium, Young Adult, Atmospheric Pressure

Fabio Hernán Cárdenas-Santamaría^{a,b}, Margarita Ardila-Flórez^b, Juan Manuel Jaramillo-Mejía^{b,c}, Viviana Echeverry-Restrepo^{b,c}, Leidy Alexandra García-Gutiérrez^{b,c}, Ángela Liliana Londoño-Franco^b

^a Unidad de Cuidado Intensivo, Hospital Universitario San Juan de Dios. Quindío, Colombia

^b Facultad Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío. Quindío, Colombia.

^c Hospital Universitario San Juan de Dios. Universidad del Quindío. Quindío, Colombia.

Resumen

Introducción: La gasometría arterial es una prueba rápida indispensable en la práctica clínica para la evaluación de la oxigenación y para identificar y diagnosticar desórdenes metabólicos, por alteración en el equilibrio ácido base. Los valores de referencia varían por los cambios de altitud relacionados con la presión barométrica (pb).

Objetivos: Determinar los valores de PaCO₂, PaO₂, HCO₃⁻ y SaO₂% en población joven sin enfermedad pulmonar en una ciudad con altura promedio de 1605 msnm y pb de 624 mmHg.

Materiales y métodos: Estudio descriptivo transversal en 137 muestras de sangre arterial de voluntarios sanos de 18 a 40 años ambos sexos. Para la lectura se utilizó un equipo portátil "point of care en sangre EPOC[®]" con tarjetas individuales de un solo uso.

Resultados y conclusiones: Los límites de intervalos de confianza del 95% de las medias fueron: pH entre 7,43 y 7,45; PaO₂ 86,23 y 88,83; PaCO₂ 32,64 y 33,87 y SaO₂% 97,13 y 97,38. No se

encontraron diferencias por sexo ni edad. Al comparar los hallazgos con estudios realizados por encima de los 2640 msnm, se observaron diferencias: PaO₂ entre 18 y 26 mm de Hg menor que a 1605 msnm (Armenia), PCO₂ entre 2,0 y 2,7 mm Hg mayor en Armenia al igual que la SaO₂% entre 3,6 y 6,2%. La PaO₂ y el HCO₃⁻ fueron levemente mayores que un estudio realizado en Medellín. El índice de oxigenación (PaO₂/FIO₂) fue de 416,83 (IC 95% 410,63- 423,03), resultados esperados, teniendo en cuenta la diferencia de altura por la ubicación geográfica, según los estudios referenciados.

Abstract

Introduction: Arterial blood gas measurement is an essential quick test in clinical practice to evaluate oxygenation and for the identification and diagnosis of acid-base and metabolic disorders. Arterial blood gas reference values vary as a result of altitude changes associated to barometric pressure (bp).

Cómo citar este artículo: Cárdenas-Santamaría FH, Ardila-Flórez M, Jaramillo-Mejía JM, Echeverry-Restrepo V, García-Gutiérrez LA, Londoño-Franco ÁL. Gasometría arterial en adultos jóvenes en una altura promedio de 1605 msnm. Armenia, Colombia 2016. Rev Colomb Anestesiología. 2018;46:224-229.

Read the English version of this article at: <http://links.lww.com/RCA/A124>

Copyright © 2018 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.). Published by Wolters Kluwer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Correspondencia: Cra. 15 Cl 12 norte, Facultad Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío. Quindío, Colombia. Correo electrónico: angelalilianal@uniquindio.edu.co

Rev Colomb Anestesiología (2018) 46:3

<http://dx.doi.org/10.1097/CJ9.0000000000000065>

Objetivos: To determine the PaCO₂, PaO₂, HCO₃⁻ and SaO₂% values for a young population without lung disease in a city located at an average altitude of 1605 meters above sea level and a barometric pressure of 624mmHg

Materials and methods: Descriptive cross-sectional study in 137 arterial blood gas samples from male and female healthy volunteers aged between 18 and 40 years old. An COPD® point of care blood analysis portable system was used for readings with single-use individual cards.

Results and conclusions: The 95% confidence interval limits were: pH between 7.43 and 7.45, PaO₂ between 86.23 and 88.83, PaCO₂ between 32.64 and 33.87, and SatO₂% between 97.13 and 97.38. No gender or age differences were found. When comparing the findings against other trials conducted over 2640 meters above sea level, some differences were identified: PaO₂ between 18 and 26 mmHg lower at an altitude of 1605 m (Armenia), PCO₂ between 2.0 and 2.7 mmHg higher in Armenia, and also the SaO₂% was between 3.6 and 6.2% higher. PaO₂ and HCO₃⁻ were mildly higher as compared to a study conducted in Medellín. The oxygenation index (PaO₂/FIO₂) was 416.83 (95% CI 410.63- 423.03) - as expected - considering the difference in altitude due to the geographic location, pursuant to the referenced studies.

Introducción

En la práctica clínica la gasometría arterial es una prueba esencial para analizar la oxigenación arterial (PaO₂), la saturación arterial de oxígeno (SatO₂), el estado de equilibrio ácido-base, e indirectamente la ventilación con el valor de la presión arterial de CO₂ (PaCO₂); es útil también para valorar y medir la respuesta del paciente a intervenciones terapéuticas como oxigenoterapia, ventilación mecánica, y hacer seguimiento de la evolución de la enfermedad pulmonar y/o metabólica.¹

La medición de los gases arteriales varía entre otras, con la presión atmosférica o barométrica la cual, a nivel del mar es de 760mm Hg.²⁻⁶ La presión arterial de oxígeno (PaO₂) depende de la presión alveolar de este gas que varía con la presión barométrica y por ende de la altura en donde se encuentre el individuo respirando aire ambiente; la presión parcial de oxígeno arterial es inversamente proporcional a la altura en la cual reside un individuo determinado;⁴ la PaO₂, se puede ver afectada además por la edad debido a que el envejecimiento normal del tejido pulmonar altera la hematosis o intercambio de oxígeno a nivel del tabique alveolo capilar.^{7,8}

El HCO₃⁻ (concentración plasmática del ion bicarbonato) es la base más importante que posee el organismo para mantener el pH estable, el HCO₃⁻;^{6,9} el pH es un parámetro fundamental en el equilibrio ácido-base; la concentración de iones de hidrógeno (H⁺) depende de las interacciones entre la PaCO₂ y el HCO₃⁻.¹⁰

Investigaciones realizadas en diferentes sitios, describen las variaciones en la gasometría a diferentes altitudes, pero la mayoría de dichos estudios se realizan en ciudades

situadas a grandes alturas o a nivel del mar, así mismo, los estudios encontrados durante la revisión a alturas similares a Armenia, han sido realizados en muestras pequeñas.^{8,11}

En la valoración y monitoreo del equilibrio ácido base en el paciente crítico joven se requiere relacionar diversos aspectos de las manifestaciones clínicas y el examen físico con los parámetros de los gases;¹⁰ en este grupo de edad, además de las condiciones que alteran el equilibrio ácido base, el trauma (lesiones por causa externa) es muy más frecuente y en Colombia se encuentra entre las primeras 3 causas de mortalidad en hombres y las primeras dos causas en mujeres,¹² y, la detección y manejo de las alteraciones el equilibrio ácido base tienen gran impacto en la morbimortalidad.^{13,14}

Por las anteriores consideraciones, y dado que los resultados de los parámetros pueden variar con la altura, este estudio se realizó para determinar los valores de gasometría la cual en una ciudad en el eje cafetero, situada a 1605 msnm y con una presión barométrica de 624 mm Hg, para ello se realizó en personas sanas no fumadoras, entre 18 y 40 años; además se realizó una comparación de resultados con algunos estudios realizados en otras altitudes; estos hallazgos pretenden ser un aporte de información para de la región y para regiones de similar altura en msnm.

Material y métodos

Tipo de estudio:

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal.

Población de estudio

El estudio se realizó en 137 participantes de la Universidad del Quindío, en la cual se socializó el proyecto invitando los estudiantes de pregrado y posgrado, personal docente y administrativo; se hizo motivación explicando la importancia del estudio; la gran mayoría de participantes que accedieron de manera voluntaria a que se les tomara la muestra, pertenecían a los programas de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Criterios de exclusión. Consumo de cigarrillo y/o tabaco mas de 2 uds / día durante los últimos 3 años. Enfermedad cardiopulmonar crónica, diabetes, lupus eritematoso sistémico, artitis reumatoidea, asma bronquial, cardiopatías congénitas, EPOC, neumoconiosis o exposición profesional a humos o químicos inhalados y coagulopatías o tratamiento con anticoagulantes

Técnicas y procedimientos

Las muestras fueron tomadas por el anestesiólogo o la enfermera (investigadores), se realizaron con el equipo portátil "point of care en sangre EPOC®" que utiliza tarjetas individuales de un solo uso y da los resultados de los

siguientes analitos: pH, PaCO₂, PaO₂, y calcula HCO₃⁻ y SaO₂%.¹⁵⁻¹⁹

Condiciones previas. Antes de tomar la muestra el paciente estaba 10 minutos en reposo, mientras se le informaba acerca del procedimiento, firmaba el consentimiento y se diligenciaba el instrumento de recolección. No requería ayuno

Técnica del examen. En posición sedente, el paciente realizaba hiperextensión de muñeca aproximadamente de 45 grados utilizando apoyo en la muñeca con almohadilla dorsal; se realiza asepsia y antisepsia del sitio de punción, se palpaba arteria radial para localizar el sitio exacto de la punción con los dedos de una mano mientras que con la otra se introducía la aguja y se avanzaba lentamente penetrando la piel a un ángulo de aproximadamente 45 grados.

Se tomaba 1 mililitro de sangre arterial y una vez obtenida la muestra se retira la aguja rápidamente. Las muestras fueron procesadas de inmediato.

Procesamiento y análisis de la información

Se realizó en el paquete estadístico SPSS versión 19.0. Se determinó la normalidad de las variables cuantitativas mediante el test de Kolmogorov- Smirnov. Se calcularon medidas de tendencia central y posición e intervalos de confianza para las variables de estudio; se realizó ANOVA para comparación de parámetros por grupos de edad. El índice de oxigenación se calculó mediante la razón de PaO₂/ FiO₂. Con los resultados obtenidos en el estudio, se realizó una comparación con otros estudios realizados en alturas diferentes sobre el nivel del mar.

Aspectos bioéticos

Desde el punto de vista ético legal, el proyecto estuvo regido por la resolución 8430 de 1993 emanada del Ministerio de Salud, que define las normas técnicas, científicas y administrativas para cada investigación en salud; el proyecto fue aprobado previamente a su ejecución por el comité de Bioética de la Universidad del Quindío. La información obtenida en este estudio se manejó con toda confidencialidad, guardando la privacidad de cada uno de los pacientes, y los resultados solo serán utilizados con el fin de obtener información científica. Se diligenció formato de Consentimiento informado para cada uno de los participantes en la investigación; en el consentimiento se explicaba cómo era la técnica del examen y se advertía sobre el posible dolor o las posibles complicaciones de la punción

Resultados

Se incluyeron 137 participantes, se tomó una muestra a cada uno en la que se analizaron los parámetros del

Tabla 1. Valores de parámetros analizados en población joven residente a una altura de 1605 msnm

Parámetros	Total población n=137			
	Media (IC 95%)	DS *	Mediana (P25-P75)	Rango
PaO ₂	87,53 (86,23-88,83)	7,70	87,0 (82,1-91,9)	70,9-107,9
PaCO ₂	33,26 (32,64-33,87)	3,6345	33,26 (30,62-36,0)	25,5-45,7
pH	7,44 (7,43-7,45)	0,0279	7,44 (7,43-7,46)	7,38-7,57
SaO ₂ %	97,25 (97,13-97,38)	0,7467	97,3 (96,7-97,8)	95,2-98,8
HCO ₃ ⁻	23,04 (22,7-23,38)	2,0219	23,1 (21,6-24,5)	16,5-30,8

* DS=Desviación estándar.
Fuente: Autores.

estudio; la media de edad fue de 22,5 años (IC 95% 21,7 - 23,3) y un rango entre 18 y 40 años. Los resultados encontrados de PaO₂, PaCO₂, HCO₃⁻, pH y SaO₂% se pueden observar en la **Tabla 1**.

Un 40,1% (n 55) de las muestras se obtuvieron de hombres y 59,9% (n 82) en mujeres; se encontraron el HCO₃⁻ y la PaCO₂ significativamente mayor en hombres que en mujeres, con una diferencia de 1,88 (IC 95% 1,26-2,50) y 2,94 mm Hg (IC 95% 1,78- 4,09) respectivamente. Ver **Tabla 2**.

Se realizó un análisis por grupos de edad, se realizó anova, no se encontraron diferencias significativas. Ver **Tabla 3**.

En segunda instancia, se seleccionaron estudios realizados en Bogotá y Cusco los cuales se encuentran a alturas de 2640 msnm y 3350 msnm respectivamente; otras altitudes, pero con poblaciones muy similares a la nuestra; se compararon sus resultados con los obtenidos en nuestro estudio a través del cálculo de diferencia de medias. Se observó que en Armenia fueron mayores los valores de PaCO₂, PaO₂ y la SaO₂%, con respecto a los estudios referidos; el pH fue igual. Al realizar la comparación con un estudio realizado en Medellín a una altura de

Tabla 2. Valores de parámetros analizados según sexo a una altura de 1605 msnm

Parámetros	Media (IC 95%) según sexo		
	Hombres n=55	Mujeres n=82	DM (p) ^a
PaO ₂	87,20 (85,06-89,34)	87,75 (86,08-89,42)	0,683
PaCO ₂	35,01 (33,99-36,03)	32,08 (31,41-32,74)	0,000
pH	7,44 (7,43-7,45)	7,44 (7,43-7,45)	0,560
SaO ₂ %	97,18 (96,97-97,39)	97,30 (97,14-97,46)	0,373
HCO ₃ ⁻	24,17 (23,66-24,67)	22,29 (21,90-22,67)	0,000

DM ^a Diferencia de medias (significancia)
Fuente: Autores.

Tabla 3. Parámetros analizados según grupos de edad a una altura de 1605 msnm

Años	< 25		25-32		≥ 33		AV(p)
	X (IC 95%)*	Me†	X (IC 95%)*	Me†	X (IC 95%)*	Me†	
PaO ₂	88,20 (86,80-89,59)	87,75	85,58 (80,70-90,45)	84,3	82,41 (78,13-86,7)	81,4	0,064
PaCO ₂	33,18 (32,54-33,82)	33,17	33,56 (30,85-36,26)	34,54	33,69 (31,42-35,97)	33,41	0,870
pH	7,44 (7,438-7,448)	7,437	7,45 (7,44-7,46)	7,437	7,45 (7,43-7,47)	7,467	0,522
SaO ₂ %	97,31 (97,18-97,44)	97,3	97,07 (96,57-97,57)	97,1	96,81 (96,18-97,44)	96,75	0,104
HCO ₃ ⁻	22,95 (22,60-23,29)	22,95	23,39 (21,88-24,89)	23,9	23,62 (21,79-25,45)	23,73	0,499
IO‡	420,0 (413,4-426,6)	417,9	407,5 (384,3-430,7)	401,4	392,44 (372,03-412,8)	387,6	0,064

* X (IC 95%): promedio e intervalo de confianza 95%.

† Me=mediana.

‡ AV=Análisis de varianza (significancia).

§ IO=Índice de oxigenación (PaO₂/FIO₂).

Fuente: Autores.

1538 msnm, se encontró que en Armenia la PaO₂ y el HCO₃⁻ fueron levemente superiores. Ver [Tabla 4](#).

Finalmente, se calculó el índice de oxigenación (PaO₂/FIO₂) obteniendo valores promedio de 416,83 (IC 95%

410,63- 423,03); con rango entre 337,62 y 513,81; no se encontraron diferencias por sexo (P 0,69) ni edad. Al realizar el gráfico de dispersión de la relación entre (PaO₂/FIO₂) y SaO₂% se halló que el 76,6% de la variabilidad

Tabla 4. Diferencia de medias de parámetros a altitud de 1605 msnm con relación a otras altitudes

Autor/Lugar *	n	Parámetros	Estadísticos		DM con Armenia †	
			Media (IC95%)	DS ‡	Diferencia	IC 95%
C. Pereira-V et al. ²⁴ Cusco, 3350 msnm	118	PaO ₂	61,1 (60,0-62,1)	5,4314	26,43	24,8-28,1
		PaCO ₂	30,6 (30,0-31,2)	3,2588	2,66	1,81-3,51
		pH	7,4 (7,4-7,4)	0,0	0,04	0,03-0,04
		SaO ₂ %	91,1 (90,7-91,6)	2,1726	6,15	5,76-6,54
		HCO ₃ ⁻	19,70 (19,4-20,1)	0,0	3,34	2,97-3,70
J. Restrepo et al. ²⁵ Bogotá, 2640 msnm	36	PaO ₂	68,60 (63,0-67,0)	3,72	18,93	16,33-21,52
		PaCO ₂	31,27 (26,0-36,0)	2,6	1,99	0,72-3,26
		pH	7,44 (7,37-7,54)	0,038	0	-0,01 -0,01
		SaO ₂ %	93,65 (92,0-97,0)	1,14	3,6	3,29-3,91
		HCO ₃ ⁻	21,50 (18,4-23,4)	1,51	1,54	0,83-2,25
H. Ortega et al. ⁸ Medellín, 1538 msnm	76	PaO ₂	80,82 (79,73-81,57)	4,173	6,71	4,84-8,58
		PaCO ₂	31,68 (31,06-32,35)	2,85	1,58	0,63-2,53
		pH	7,42 (7,416-7,424)	0,017	0,02	0,01-0,03
		SaO ₂ %	ND §			
		HCO ₃ ⁻	20,37 (20,02-20,78)	1,66	2,67	2,14-3,20

* Lugar: Ciudad, y altura en msnm.

† Diferencia de medias de otros sitios con Armenia (DM).

‡ Desviación estándar (DS).

§ Datos no disponibles (ND).

Fuente: Autores.

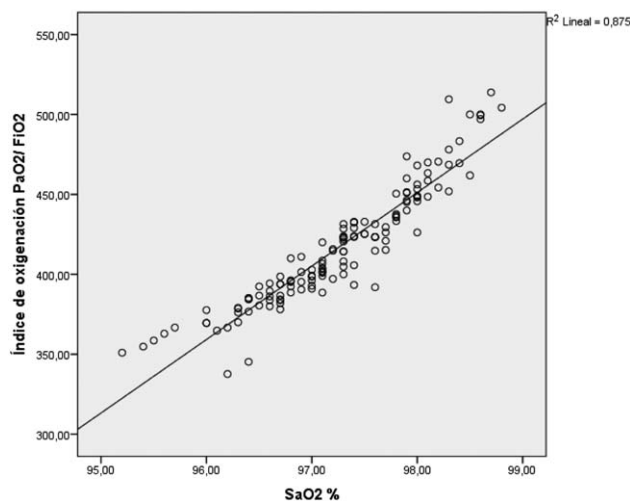


Figura 1. Relación índice de oxigenación con SaO₂%.
Fuente: Autores.

(varianza) de ambas variables fue común, con un R² de 0,875. Ver Figura 1.

Discusión

La gasometría arterial informa al instante el estado de oxigenación, la ventilación y el estado ácido base del medio interno; es una prueba rápida indispensable en la práctica clínica para la atención de pacientes con patología respiratoria, enfermedades pulmonares agudas o crónicas y alteraciones metabólicas.⁹ Según la posición geográfica, por los cambios de presión barométrica, dados por las diferentes altitudes sobre el nivel del mar, es necesario conocer los datos normales de los gases sanguíneos, como herramienta para la práctica clínica diaria.

En nuestro estudio realizado en jóvenes sin enfermedad pulmonar, no fumadores y en condiciones de reposo encontramos valores de pH entre 7,43 y 7,45, de PaO₂ 86,23 y 88,83, de PaCO₂ 32,64 y 33,87 y SaO₂% de 97,13 y 97,38. No se encontraron diferencias por sexo ni edad. Estudios realizados a altitudes similares a la de Armenia como el de Ortega, 2002⁸ en la ciudad de Medellín sugirieron que los valores de referencia para utilizar en adultos sanos de 20 a 45 años eran pH: 7,42 - PaO₂ 80,82 mm Hg- PaCO₂ 31,68 mm Hg y HCO₃⁻ 20,37 meq/ lit.

Durante la revisión se encontraron varios estudios en Bogotá, Colombia, ciudad situada a una altura de 2.640 msnm y una presión barométrica de 560 mm Hg, en los cuales se han determinado los valores normales en diferentes grupos de edad encontrando cifras promedio de pH entre 7,36 -7,47; la PaCO₂ 29- 35, PaO₂ 60-69 y la SaO₂ de 90-93,8.²⁰⁻²²

A una altitud mayor, en Huancayo (Perú) situada a 3249 msnm y en Cusco a 3350 msnm con presiones barométricas de 535 y 530 mm Hg respectivamente. Se cuenta con

los siguientes valores normales promedio: pH 7,4-7,5 - PaCO₂ entre 23,0 y 35,3 - PaO₂ de 59,5 a 72,9 y SaO₂ 91,7%-96,1%;¹⁸ en el estudio de Cusco además encontraron una disminución de la PaO₂ de 0,122 y de la SO₂ 0,05% por cada año de edad cumplido.²³

Al comparar nuestros hallazgos con estudios realizados en Bogotá y en Perú,^{24,25} se observó que existían diferencias en la PaO₂ entre 18 y 26 mm de Hg menos que en Armenia; la PCO₂ es entre 2,0 y 2,7 mm Hg mayor en nuestra ciudad al igual que la SaO₂% entre 3,6 y 6,2%. Así mismo, la comparación con el estudio realizado en Medellín⁸ con una altura de 1538 msnm, mostró resultados muy similares, aunque en Armenia, la PaO₂ y el HCO₃⁻ resultaron ser un poco más elevados.

El índice de oxigenación (PaO₂/FIO₂) tuvo valores en el rango normal en la población de estudio; este indicador sigue siendo importante como criterio diagnóstico y estratificación de severidad en el síndrome de dificultad respiratoria aguda, indica gravedad y tiene valor pronóstico, marcador de evolución y de supervivencia.²⁶

En conclusión, con este estudio obtuvimos valores de gases arteriales a 1600 msnm, posición geográfica de Armenia; pueden ser utilizados como referencia para población joven sana sin factores de riesgo para enfermedad pulmonar y sin patología pulmonar, se corrobora como lo describe la fisiología que los resultados son significativamente diferentes a los reportados a nivel del mar y mayores alturas. Con los resultados aportados por este estudio disponemos de una herramienta fundamental para diagnóstico, estratificación y manejo de pacientes con patología pulmonar aguda o crónica.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiamiento

Este estudio participó en convocatoria interna de investigación de la Universidad del Quindío y bajo el número 723 fue financiado completamente.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que en esta investigación no existen conflictos de intereses.

Referencias

1. Trulock EPIII. Walker HK. Arterial Blood Gases. Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 3rd ed. Butterworths, Boston:1990; [citado 31 marzo 2016]; chapter 49, p. 254. Disponible en: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK371/>.
2. Real Academia Española [Internet]. Diccionario de la Lengua española 22° ed., 2001 [citado: 20 marzo 2017]. Disponible en: URL <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=U6hxHwV>.
3. Hurtado JC, Salazar T, Peña M. Valores normales de gases arteriales en Bogotá. Umbral Científico [Internet]. 2007 [citado 31 marzo 2016]; 1(10): 93 – 101. Disponible en: URL: <http://www.redalyc.org/pdf/304/30401008.pdf>.
4. Williams AJ. ABC of oxygen: assessing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance. *BMJ* 1998;317 7167:1213–1216.
5. Guyton AC, Hall JE. Guyton AC, Hall JE. Transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre y los líquidos tisulares. Tratado de fisiología médica 11 ed. Elsevier, Madrid:2006;502–513.
6. West J. West J. Intercambio Gaseoso. Fisiopatología Pulmonar 6ª ed. Editorial Panamericana, Buenos Aires:2004;17–38. Capítulo 2.
7. Rodríguez-Roisin R. Grupo de trabajo SEPAR Normativa sobre la gasometría arterial. *Arch Bronconeumol* 1998;34 3:142–153.
8. Ortega H, Millán A, Mesa GH. Gasimetría arterial en población adulta sana de la ciudad de Medellín. *Acta Med Colo* 2002;27 2:98–102.
9. Ganong WF. Ganong WF. Regulación de la respiración. Fisiología Médica. 23 ed. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid:2011;625–638.
10. Aristizábal-Salazar R, Calvo-Torres L, Valencia-Arango A, Montoya-Cañón M, Barbosa-Gantiva O, Hincapié-Baena V. Equilibrio ácido-base: el mejor enfoque clínico. *Rev Colomb Anestesiología* 2015;43:219–224.
11. Tinoco 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.
12. Ministerio de salud Colombia. Indicadores básicos de salud 2014. [Internet] 2015 [citado 15 mayo 2018]. Disponible en: URL <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/Indicadores-basicos-salud-2014.pdf>.
13. Aristizábal RE, Martínez JW, Montoya-Cañón M, Valencia LA, Calvo-Torres LF, Barbosa-Gantiva O, et al. Relación del equilibrio ácido-base y supervivencia en adultos con diagnóstico de trauma en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario San Jorge. 2009-2010, Pereira, Colombia. *MÉD UIS* 2015;28 3:273–280.
14. Carranza-Cortés J. Control del daño en trauma de abdomen. Anestesia en México [Internet] 2016 [citado 15 mayo 2018]; 28(3): (34–39). Disponible en: URL <http://www.scielo.org.mx/pdf/am/v28n1/2448-8771-am-28-01-00034.pdf>.
15. EPOC, Manual del sistema. ©2010 Epocal Inc. 2060 Walkley Road Ottawa, Ontario, Canadá K1G 3P5.
16. Shrake K, Blonshine S, Brown R, Ruppel G, Wanger J, Kochansky M. AARC clinical practice guideline: Sampling for arterial blood gas analysis. *Respiratory Care* 1992;37:913–914.
17. Theodore A. Arterial blood gases. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on marzo, 2017).
18. Fundación Hospital Universitario San Vicente de Paul. Protocolo de toma, conservación transporte de muestras para exámenes de laboratorio clínico. Versión 9. Medellín 2011.
19. Fundación Neumológica Colombiana. Laboratorio de función pulmonar: Manual de procedimientos. Capítulo 11: Gases Arteriales.
20. Lasso JI. Interpretación de los gases arteriales en Bogotá (2.640 msnm) basada en el nomograma de Siggaard-Andersen, una propuesta para facilitar y unificar la lectura. *Rev Colomb Neumol* 2014;26 1:25–36.
21. Acevedo L, Solarte I. Gasometría arterial en adultos jóvenes a nivel de Bogotá. *Acta Med Col* 1984;9 1:7–14.
22. Maldonado D, González-García M, Barrero M, Casas A, Torres-Duque CA. Reference values for arterial blood gases at an altitude of 2.640 meters. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:A4852.
23. Yumbo C. Estudio de valores de referencia de gases arteriales en pobladores de altura. Enfermedades del Tórax [Internet]. 2002 [citado: marzo 2014]; 45: 40 – 42. Disponible en: URL http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bvrevistas/enfermedades_torax/v45_n1/estu_valo.htm.
24. Pereira-Victorio CJ, Huamanquispe-Quintana J, Castelo-Tamayo LE. Gasometría arterial en adultos clínicamente sanos a 3350 metros de altitud. *Rev Perú Med Exp Salud Pública* 2014;31 3:473–479.
25. Restrepo J, Reyes P, Vasquez P, Ardila M, Diaz-Granados B. Gasimetría arterial y alveolar en adultos sanos a nivel de Bogotá. *Acta Med Col* 1982;7 6:461–466.
26. Miranda M, López-Herce J, Martínez M, Carrillo A. Relación de la relación PaO₂/FiO₂ y SatO₂/FiO₂ con la mortalidad y la duración de ingreso en niños críticamente enfermos. *An Pediatr (Barc)* 2012;76 1:16–22.