

# Valores Normales de Gases Arteriales en Bogotá

**\*TR. Johanna Carolina Hurtado \*\*Tatiana Salazar \*\*Myriam de la Peña**  
**Fecha de recepción: Octubre 31 de 2006 - Fecha de aceptación: Junio 22 de 2007**

\*Terapeuta Respiratoria. Esp. Gerencia Hospitalaria.  
Docente Investigadora Universidad Manuela Beltrán.  
Jefe Grupo de Investigación Cuidado Intensivo Respiratorio.  
\*\*Terapeuta Respiratoria. UMB.

## RESUMEN

*Objetivo: Describir los valores normales de los gases arteriales en adultos sanos de la ciudad de Bogotá (2640 metros sobre el nivel del mar, y 560 mmHg). Material y método: Se realizó un estudio descriptivo en sujetos sanos, por medio de una Gasimetría arterial, realizada con un equipo GEM PREMIER 3000, provisto por Laboratorios ROCHEM BIOCARE Ltda. Resultados: Se incluyó en el estudio a 80 sujetos sanos con edades promedio de 24.07 años, con desviación estándar (D.E.) 4.39, se realizó toma bajo protocolo de muestra de sangre arterial registrándose como valores promedio en este estudio: pH 7.44, PaO<sub>2</sub> 75 mmHg, PaCO<sub>2</sub> mmHg 27.35, HCO<sub>3</sub> 18.89 mEq/L y Saturación de O<sub>2</sub> 95.5 %. Se determinó la variabilidad con estudios anteriores donde se concluyen valores de referencia.*

*Palabras Clave: gases arteriales, valores normales, presión atmosférica.*

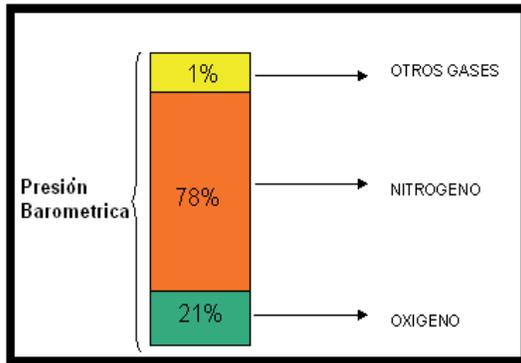
## ABSTRACT

*Objective: To describe the normal values of the arterial gases in healthy adults of the city of Bogotá (2640 meters on the level of the sea, and 560 mmHg). Material and method: a descriptive study was made in healthy subjects, by means of arterial gases made with an equipment GEM PREMIER 3000, provided by Laboratorios ROCHEM BIOCARE Ltda. Results: it was included in the study 80 healthy subjects 24.07 years old average with standard deviation 4.39, The sample of arterial blood was taken under protocol with values I mediate of pH 7.44, PaO<sub>2</sub> 75, PaCO<sub>2</sub> 27.35, HCO<sub>3</sub> 18.89 and Saturation of O<sub>2</sub> 95.5 %.*

*Key Word: Arterial blood gases, Normal values, atmospheric pressure.*

## INTRODUCCIÓN

La atmósfera esta constituida por una mezcla de gases determinada según la ecuación de Dalton así: 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, el 1% restante de otros gases, siendo estas concentraciones constantes en la atmósfera (Figura 1).



La concentración de oxígeno dependerá directamente de la altura sobre el nivel del mar y de la presión barométrica generada en la región estudiada, como se observa en la Tabla 1. El oxígeno disponible es menor a medida que se asciende, ya que la presión ejercida por las moléculas de oxígeno ( $PO_2$ ) es menor, aunque la concentración del gas se mantenga estable. Esto hace que la presión parcial de  $O_2$  que ingresa a los alvéolos ( $PAO_2$ ) y la sangre arterial ( $PaO_2$ ) también sea menor a medida que se gana altura (YUMBO, 2002).

**Figura 1. Composición de la Atmósfera**

Fuente: HURTADO J.

Metros a nivel del mar (msnm)	Presión Barométrica	Presión de oxígeno
0 msnm	760 mmHg	159.6 mmHg
1000 msnm	674 mmHg	141.2 mmHg
2000 msnm	596 mmHg	124.9 mmHg
<b>2640 msnm</b>	<b>560 mmHg</b>	<b>117.6 mmHg</b>
3000 msnm	526 mmHg	110.2 mmHg

El cuerpo humano requiere consumir una determinada cantidad de oxígeno para el metabolismo de las células, el cual es obtenido de la atmósfera durante la inspiración, siendo las condiciones atmosféricas y específicamente la presión una carga que impone la necesidad imperiosa sobre la mecánica respiratoria, de generar una adaptación fisiológica que a lo largo del tiempo permite una perfecta adecuación para poder obtener todo el oxígeno necesario que le permita al poblador de altura, llevar una vida normal (YUMBO, 2002).

En la ciudad de Bogotá ubicada a 2.640 metros sobre el nivel del mar y con una presión atmosférica de 560 mmHg, se observa un aumento de la ventilación alveolar como mecanismo de adaptación a la altura, lo que implica una modificación del patrón respiratorio con respecto a los residentes a nivel del mar. Por esta adaptación ventilatoria, en los sujetos normales en Bogotá la presión arterial de  $CO_2$  disminuye (ACEVEDO, 1984).

Los gases arteriales son un examen de laboratorio realizado en un muestra extraída de una arteria que permite establecer los valores de presión

arterial de oxígeno, dióxido de carbono, bicarbonato, bases exceso, pH y saturación, los cuales se analizan a la luz de los valores de referencia establecidos en sujetos sanos, es decir, en ausencia de alteración alguna (GUERRA, 2002).

Es entonces como se debe entender la medición de los gases arteriales como una prueba específica para las poblaciones según la altura y la presión atmosférica, creando la necesidad de establecer valores normales o rangos de referencia correspondiente a cada población.

Son muy pocos los estudios de valores referenciales hechos en Bogotá. Estos han sido desarrollados con los estándares de los requerimientos y analizadores correspondientes a la época de la realización del estudio, por tanto, la incorporación de las nuevas tecnologías de medición, precisa realizar un trabajo de investigación que determine los valores de referencia en Bogotá acorde con las exigencias de los niveles de calidad y precisión actuales. Así mismo, es importante desarrollar un estudio que permita evaluar muestras en un mayor número de sujetos.

## MATERIALES Y METODOS

El lugar de trabajo escogido fue la Universidad Manuela Beltrán, ubicada en la ciudad de Bogotá a 2640 Metros sobre el nivel del mar, con una presión barométrica registrada de 560 mmHg (GÓMEZ, 2003).

**Población:** Se incluyeron 80 individuos adultos, de la Universidad Manuela Beltrán, considerados sanos y representativos de la población, los cuales cumplían los criterios de inclusión (Tabla 2). Se tomaron en cuenta para la identificación de la población: la edad, género, procedencia y para el análisis de los valores de los gases: pH, presión arterial de oxígeno ( $PO_2$ ), presión arterial de  $CO_2$  ( $PCO_2$ ), bicarbonato ( $HCO_3$ ), bases exceso (B.E), Saturación de oxígeno ( $SATO_2$ ) y hematocrito (HCTO). Es importante destacar que el número de individuos incluidos en el estudio se determinó por conveniencia.

**TABLA 2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

**Criterios de inclusión:**

- Edad: 18 – 40 años de edad.
- Residentes de la ciudad de Bogotá por lo menos los 3 meses anteriores al momento de la muestra.
- No presencia de enfermedad cardiopulmonar crónica o aguda diagnosticada por Historia Clínica, durante los últimos 2 meses.

**Criterios de exclusión:**

- Tabaquismo con un consumo superior a 3 Cigarrillos día.
- Enfermedad pulmonar o cardíaca aguda o crónica

Para participar en el estudio se realizó aceptación y firma de consentimiento informado como lo solicita la legislación. Todos los voluntarios estuvieron en reposo (sentados) durante 10 minutos, mientras se registraban sus datos personales y se explicaba el procedimiento.

## Toma de la Muestra

Se extrajo una muestra de 1.0 mililitros de cada individuo de la arteria radial o humeral (según condiciones individuales). El protocolo de la toma se ajustó a la Guía de Toma de Muestras de Gases arteriales publicada por la Fundación Colombiana de Neumología. Una sola Terapeuta Respiratoria experta procedió a la toma de muestras, que fueron procesadas de manera inmediata.

## Equipo y Materiales Usados

El analizador usado fue el GEM PREMIER 3000, provisto por Laboratorios ROCHEM BIOCARE Ltda. Este fue calibrado previamente al inicio de la jornada, garantizando la precisión del análisis de las muestras.

Las Jeringas utilizadas para la extracción de la muestra, fueron Jeringas desechables de 1ml, aguja 25/11", anticoagulación con heparina sódica como indica el protocolo mencionado. Los resultados fueron registrados en un formato estandarizado para los pacientes (Figura 2).

GRUPO DE INVESTIGACION: CUIDADO INTENSIVO RESPIRATORIO DETERMINACION DE LOS VALORES NORMALES DE LA GASIMETRIA ARTERIAL EN PACIENTES ADULTOS SANOS DE LA CIUDAD DE BOGOTA			
<b>1. Datos Personales</b>			
1.1 Nombre	1.3 Raza		1.4 Sexo
1.2 Edad			
<b>2. Antecedentes</b>			
2.1 Fuma Si No	2.2. Enfermedad Cardiopulmonar Si No		
<b>3. Zona de Extraccion</b>			
3.1 Radial	3.2. Humeral		
<b>4. Variables</b>			
4.1 Temperatura	4.2 FIO2	4.3 pH	4.4 PaO2
4.5 PaO2	4.6 HCO3	4.7 SaT 0%	4.8 B.E
4.9 Hematocrito	Observaciones:		

Figura 2. Formato de Recolección de Datos

## RESULTADOS

La población estudiada se encontraba en edades comprendidas entre los 18 y 40 años, para un promedio de edad de 24.07 años con una desviación estándar (D.E.) de 4.39 años (Figura 3). La clasificación por género fue de 85% mujeres (68) y 15% hombres (12). (Tabla 3)

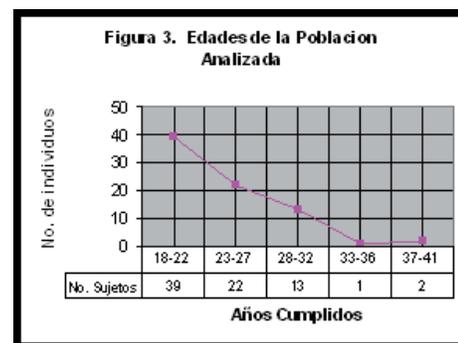
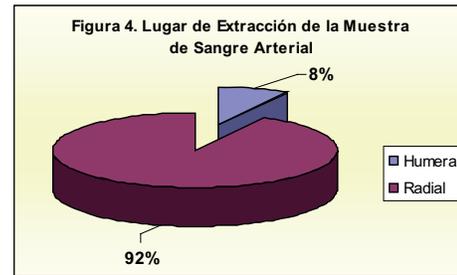


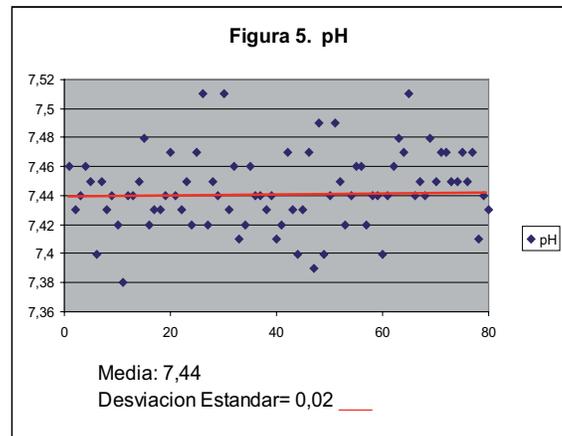
Tabla 3. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		
<b>EDAD</b>	24.07 +4.39	
<b>SEXO</b>	Masculino	12 (15%)
	Femenino	68 (85%)

Las muestras de los gases arteriales fueron tomadas bajo protocolo, registrándose la mayoría de las extracciones en la arteria radial, con única punción. (Figura 4). Se determinaron los valores promedio, la desviación Standard y los rangos de referencia estadísticos. Las muestras fueron procesadas de manera inmediata a la toma, evitando las alteraciones dadas por el periodo post muestra, donde se hallaron los diversos resultados. Se procedió a hacer el análisis estadístico de los resultados. Los valores fueron analizados según cada parámetro del estudio. (Tabla 4)

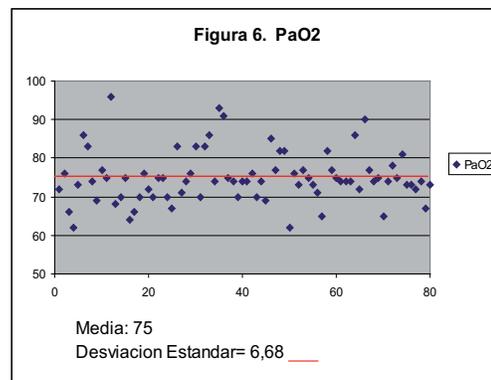


Parámetro	pH	PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	SatO <sub>2</sub>	B.E.
Límite Inferior	7.38	62	17	11.8	93	-12.8
Límite Superior	7.51	96	36	25	98	1
Media	7.44	75	27.35	18.8	95.3	-5.19
Desviación Estándar	0.02	6.68	3.57	2.51	1.07	2.69

Los valores estudiados pH, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, B.E y saturación oscilaron en límites normales descritos en la literatura de referencia y se presentan en las Figuras 5 - 10. En la figura 5 se presentan los valores de pH hallados en las 80 muestras donde se registro un limite inferior de 7.38 y superior de 7.51 con una media de 7.44 D.E. 0.02.



En la figura 6 se presentan los valores de PaO<sub>2</sub> hallados en las 80 muestras donde se registro un limite inferior de 62 mmHg y superior de 96 mmHg con una media de 75 mmHg D.E. 6.68.

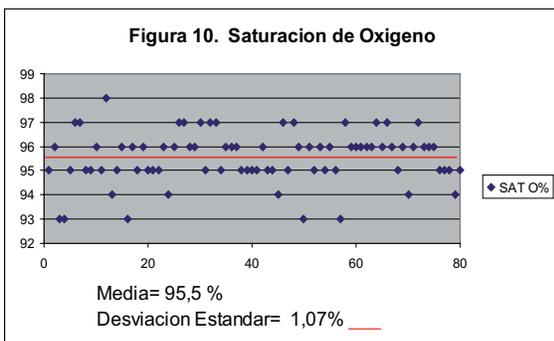
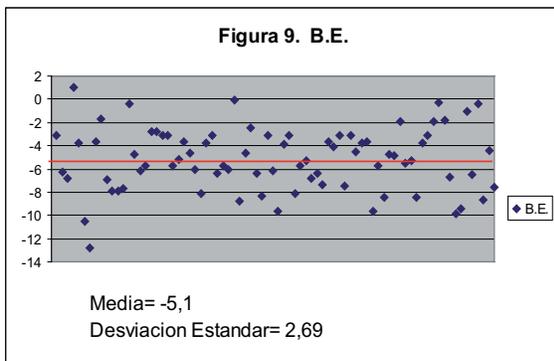
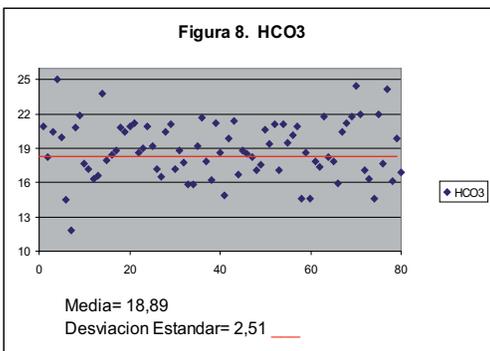
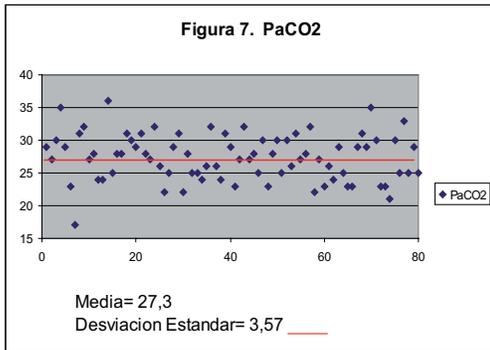


En la figura 7 se presentan los valores de PaCO<sub>2</sub> hallados en las 80 muestras donde se registro un limite inferior de 27 mmHg y superior de 36 mmHg con una media de 27.3 mmHg D.E. 3.57

En la figura 8 se presentan los valores de HCO<sub>3</sub> hallados en las 80 muestras donde se registro un limite inferior de 11.8 meq/L y superior de 25 meq/L mmHg con una media de 18.8 meq/L D.E. 2.51

En la figura 9 se presentan los valores de B.E. hallados en las 80 muestras donde se registro un limite inferior de -12.8 y superior de 1 con una media de -5.19 D.E. 2.69

En la figura 10 se presentan los valores de saturación



arterial de oxígeno hallados en las 80 muestras donde se registro un limite inferior de 93% y superior de 98% con una media de 95.3% D.E. 1.07

## DISCUSION

Los residentes ubicados en grades alturas como los de la ciudad de Denver, La Paz y Bogotá entre otras, pueden presentar valores de presión arterial de oxígeno y saturación inferiores a los habitantes que están sobre el nivel del mar, variación que se debe a la disminución del oxígeno atmosférico. Una leve hiperventilación es la respuesta compensatoria a dicho fenómeno, generando una variación subsecuente en el valor del pH (Ecuación de Henderson - Haselbach).

En Bogotá se encuentran 4 estudios desarrollados durante los últimos 24 años, que reportan datos similares, sin embargo para esta investigación se destacan 3 publicaciones que datan de 1982, 1984 y 1996. Al realizar la comparación de los resultados hallados en este estudio se encuentran variaciones en el pH, presión arterial de CO<sub>2</sub> y presión arterial de oxígeno, respecto de los valores descritos en las investigaciones anteriores (Tabla 5). Las investigaciones previas han realizado estudios con espirometría a todos los voluntarios para precisar la función pulmonar, lo cual no fue realizado en este caso, teniendo en cuenta como criterio para establecer normalidad, el no diagnóstico de enfermedad pulmonar crónica o aguda por historia clínica en los últimos dos meses.

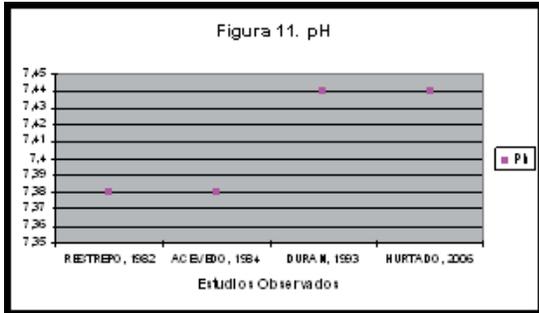
Tabla 5. Comparación de Resultados					
	Ph	PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	SatO <sub>2</sub>
RESTREPO, 1982	7,38	68,6	31,2	21,5	93,6
ACEVEDO, 1984	7,38	67	30	17	93
DURAN, 1993	7,44	67	32	22	94
HURTADO, 2006	7,44	75	27,35	18,89	95
Media	7,41	69,4	30,14	19,85	93,9
Desviación Estándar	0,035	3,809	2,032	2,337	0,841

Al igual que en los estudios mencionados se registró alcalosis respiratoria con disminución de bicarbonato como sistema de compensación fisiológica ante la altura.

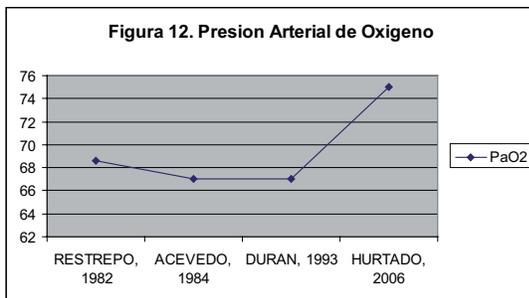
El análisis de los resultados se desarrolló desde cuatro puntos clave: variaciones en el pH, PaCO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> y Bicarbonato, ya que la variación de la

saturación fue mínima, registrando valores por encima de 93%.

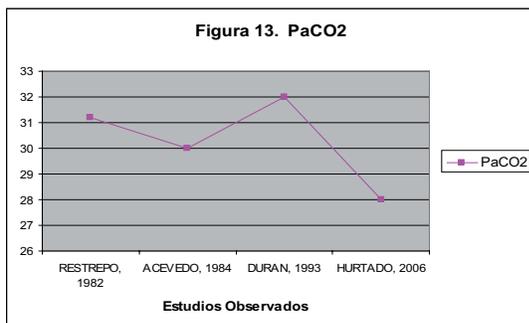
El pH registrado en los 4 estudios varia en dos cifras 7.38 y 7.44, correspondientes cada una a dos estudios respectivamente. (Figura 11)



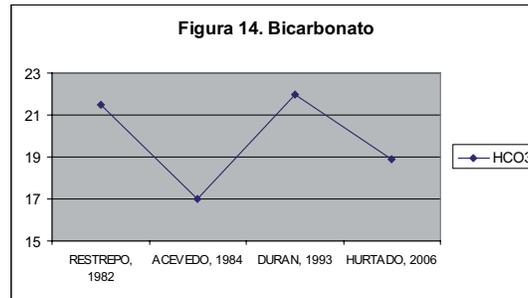
La PaO<sub>2</sub> presenta un comportamiento uniforme, entre 67 y 68 mmHg en los estudios previos, pero muestra una variación de 10.5% en el estudio actual con un aumento de la presión a 74 mmHg. (Figura 12)



La PaCO<sub>2</sub> presenta un comportamiento menos uniforme, con una variabilidad que oscila entre 27.35 y 32 mmHg, (Figura 13)



El HCO<sub>3</sub> cursa con un comportamiento similar donde presenta variaciones entre 17 y 22 mEq/l, (Figura 14), evidenciando un patrón correspondiente al hallado en la PaCO<sub>2</sub>.



Los hallazgos en la  $PO_2$ ,  $PCO_2$  del estudio actual, difieren de manera importante con los estudios anteriores lo cual puede atribuirse a hiperventilación por estrés al momento de la punción arterial, a pesar de las medidas de reposo previo a la toma de la muestra. (Figuras 12 Y 13)

## CONCLUSIONES

Los estudios realizados en individuos sanos, han oscilado entre 25 y 80 individuos, registrando variaciones entre los valores medios presentados por los diferentes autores con desviaciones estándar inferiores a 2.5, excepto en la Presión arterial de Oxígeno (D.E. 3.8). (Tabla 5).

Finalmente se pueden concluir los valores promedio de los diferentes estudios, con su desviación estándar, así: (Tabla 6)

	Media	D.E.
pH	7.41	0.035
PaO <sub>2</sub>	69 mmHg	3.809
PaCO <sub>2</sub>	30.1 mmHg	2.032
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	19 mEq/L	2.337
SatO <sub>2</sub>	≥93%	0.841

Es importante destacar que el número de individuos estudiados continua siendo inferior al ideal, lo cual indica que es necesario realizar estudios con un número de muestras superior que genere unos resultados de mayor confiabilidad y que permita adaptar los hallazgos como valores de referencia estandarizados para el análisis de los gases arteriales y la toma de decisiones terapéuticas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Laboratorios Rochem Biocare Ltda. por su interés abierto e incondicional en apoyar la investigación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. YUMBO CASTAÑEDA Daniel. Estudio de valores de referencia de gases arteriales en pobladores de altura. *Enfermedades del Tórax* 2002; 45 : 40-42
2. GUERRA M. Equilibrio Acido - Básico Correlación Clínico Patológica. Bayer. 2002
3. ACEVEDO L, SOLARTE I. Gasimetría arterial en adultos sanos a nivel de Bogotá. *Acta Médica Colombiana* 1984; 9:7-14.
4. GÓMEZ R., WILCHES J. SERRATO M., REYES O. Captación pico de oxígeno en adultos aparentemente sanos a 2600 metros sobre el nivel del mar. *Acta Colombiana de Medicina del Deporte*. Año 10, Volumen 9, Número 1. Noviembre 2003. Colombia.
5. FUNDACION NEUMOLOGICA COLOMBIANA. Protocolo de Toma de Gases Arteriales. URL: <http://www.neumologica.org/inci/guias.html>.
6. RESTREPO J. REYES P., VASQUEZ P. Gasimetría arterial y alveolar en adultos sanos a nivel de Bogotá. 1982.
7. ACEVEDO L., SOLARTE I. Gasimetría arterial en adultos jóvenes a nivel de Bogotá. *Acta Medica Colombiana*. Volumen 9 No. 1. 1984
8. DURAN M., GRANDAS D., REYES P. Gasimetría arterial en adultos jóvenes sanos en Bogotá. *Revista Colombiana de Neumología*. Volumen 5 No. 2 Junio 1993.