

# GASIMETRIA ARTERIAL Y ALVEOLAR EN ADULTOS SANOS A NIVEL DE BOGOTA

J. RESTREPO, P. REYES, P. VASQUEZ, M. ARDILA, B. DIAZ-GRANADOS

**Se determinaron los valores de gasimetría arterial y alveolar en adultos normales a la altura de Bogotá (altura: 2.640 m; presión barométrica: 560 mm Hg) en condiciones de reposo, ejercicio, post-hiperventilación y respirando oxígeno a elevada concentración. También se determinaron los gradientes alvéolo-arteriales en las mismas condiciones. Se analiza la aplicación clínica de los resultados obtenidos.**

## INTRODUCCION

Decidimos realizar esta investigación en residentes de la ciudad de Bogotá considerados normales, con dos objetivos: 1) definir algunos valores de gasimetría arterial y alveolar, utilizando para ambos fines el equipo de gases arteriales del cual disponen actualmente algunos hospitales del país; y, 2) si el procedimiento y los valores fuesen confiables,

aplicarlos al estudio de alteraciones funcionales pulmonares que con frecuencia requieren de equipos más complejos y costosos, de los cuales carecen la mayoría de nuestras instituciones docentes, y demostrar o no su utilidad. Analizaremos el primero de los fines propuestos y comentaremos brevemente el segundo.

## MATERIAL Y METODOS

**Población.** Se escogieron inicialmente 46 adultos jóvenes, estudiantes de medicina, a los cuales se exigían los siguientes parámetros de normalidad: a) clínicos: individuos sin antecedentes de enfermedad cardiopulmonar, no fumadores, con permanencia continua de por lo menos un año en Bogotá, examen físico negativo, con especial énfasis en el sistema cardiopulmonar; b) radiológicos: radiografía de tórax en placa 14 x 17 pulgadas, interpretada como normal anatómica y funcionalmente por dos observadores independientes; c) espirométricos: se consideraron normales las espirometrías cuyos valores de capacidad y flujo fuesen mayores del 85% y la relación VEF  $\%$ /CVF superior al 80%, según el nomograma de Morris (1). Las espirometrías se efectuaron en un espirómetro

---

Dr. Jorge Restrepo Molina: Profesor, Pontificia Universidad Javeriana, Escuela Colombiana de Medicina y Universidad del Rosario; Jefe de Atención Médica, Hospital Santa Clara, Bogotá; Dr. Pedro Vicente Reyes Pérez: Internista, Hospital Santa Clara, Bogotá; Dr. Pedro Vásquez Enciso: Médico de Planta, Hospital Santa Clara, Bogotá; Lic. Martha Ardila R.: Fisioterapeuta, Hospital Santa Clara, Bogotá; Srta. Beatriz Díaz-Granados S.: Técnica del Laboratorio Pulmonar, Hospital Santa Clara, Bogotá.

Solicitud de separatas al Dr. Restrepo.

Collins, Stead Wells, de 10 litros de capacidad. Los valores se expresan en BTPS.

De la población inicial se descartaron 10 individuos por no cumplir los requisitos de normalidad establecidos. El resto, 36, tienen las características anotadas en la Tabla 1.

**Métodos.** Los gases arteriales y alveolares se procesaron en un gasímetro Corning digital 165 C. Se cateterizó la arteria humeral con una aguja de Cournand, con anestesia previa. El aire se recolectó en una bolsa de Douglas de 150 litros, utilizando una válvula "J" de dos vías y se midió en un gasómetro Collins de 120 litros de capacidad utilizando una válvula manual de aluminio de tres vías. El ejercicio se efectuó en una bicicleta ergométrica Collins. Los estudios se efectuaron con el individuo en decúbito y en condiciones basales (ayuno de 12 horas).

El procedimiento efectuado fue el siguiente:

1. Toma de la muestra de sangre arterial, inmediata a la punción arterial, utilizando 0,1 cc de heparina como anticoagulante.

2. Para anular la posible hiperventilación por el procedimiento inicial, se dejó al individuo en reposo, respirando aire ambiente durante 10 minutos.

3. Toma de las muestras de sangre arterial y venosa simultáneamente.

4. Adaptación durante diez minutos a la válvula "J" de dos vías con oclusión de la nariz.

5. Recolección del aire espirado en la bolsa de Douglas, durante 3 minutos, registrando la frecuencia respiratoria.

6. Toma inmediata de la muestra de sangre arterial.

7. Análisis del volumen y la composición del aire espirado.

8. Adaptación al medio ambiente durante cinco minutos.

9. Hiperventilación estimulada durante tres minutos.

10. Toma inmediata de la muestra de sangre arterial.

11. Adaptación al medio ambiente durante cinco minutos.

12. Respiración de oxígeno al 100%, durante 20 minutos, utilizando la bolsa de Douglas.

13. Toma inmediata de la muestra de sangre arterial.

14. Medición de la presión del oxígeno inspirado, directamente de la bolsa de Douglas.

15. Adaptación al medio ambiente durante veinte minutos.

16. Esfuerzo máximo en la bicicleta ergométrica, con recolección del aire espirado durante el último minuto, contabilizando las frecuencias respiratoria y cardiaca.

17. Toma inmediata de la muestra de sangre arterial.

18. Análisis del volumen y la composición del aire espirado.

En todas las muestras de sangre arterial y venosa, se cuantificaron pH, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> total y SaO<sub>2</sub>. En el aire espirado se midieron las presiones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. La muestra de sangre venosa se utilizó igualmente para cuantificar los niveles de hemoglobina y el hematocrito, cuyos valores aparecen en la Tabla 2.

Las fórmulas y ecuaciones utilizadas para calcular volúmenes, consumo de oxígeno, producción de CO<sub>2</sub>, cociente respiratorio, presión alveolar de oxígeno, gradiente alvéolo-arterial, ventilación alveolar y ventilación de espacio muerto fueron tomadas de West (2), Bates(3) y Dejours(4).

Tabla 1. Promedios globales y según la edad.

	Hombres (21)	Mujeres (15)	Población X	Total	(36) D. E.
Edad (años)	21,9	21,5	21,7	±	2,9
Peso (kg)	65,1	54,8	60,88	±	7,6
Talla (m)	1,74	1,60	1,68	±	0,083
Superficie corporal (m <sup>2</sup> )	1,78	1,56	1,69	±	0,136

\* DE = Desviación estándar.

Tabla 2. Valores sanguíneos.

	Promedio	±	E. E.	D. E.	Coefficiente variacion	Valores extremos
Hemoglobina	15,45	±	0,25	1,51	9,78	12,3-19
Hematocrito	45,9	±	0,79	4,75	10,35	34-56

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

## RESULTADOS

**Espirometría** (Tabla 3). Aún cuando no es el objetivo de este estudio, se anota que el criterio de normalidad, clásicamente aceptado como el 80% de los valores predichos según nomogramas, es inferior al encontrado en este estudio y que cifras inferiores al 85% indican con mucha probabilidad una alteración ventilatoria.

**Gasimetría arterial en reposo** (Tablas 4-6). En las muestras tomadas inmediatamente, a los 10 minutos y con boquilla, los valores encontrados son muy similares, pero la última se acompaña de moderada hiperventilación con discreta disminución de la PaCO<sub>2</sub>, y concomitante aumento de la PaO<sub>2</sub>,

**Gasimetría arterial post-ejercicio** (Tabla 7). Se observa la aparición de moderada acidemia metabólica, aumento de la PaO<sub>2</sub>, del cociente respiratorio y del gradiente alvéolo-arterial.

**Gasimetría arterial post-hiperventilación** (Tabla 9). Se observa la aparición de una alcalemia respiratoria con disminución de

1 mEq de bicarbonato por cada 4,8 mmHg de disminución de la PaCO<sub>2</sub> y disminución de 6,5 mmHg de éste por cada décima de unidad de aumento del pH.

Tabla 5. Gases arteriales a los diez minutos de la punción.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
pH	7,44	± 0,01	0,053	0,78	7,37-7,52
PO <sub>2</sub>	67,50	± 0,615	3,69	5,4	63 -76
PCO <sub>2</sub>	31,24	± 0,416	2,5	8,0	24 -36
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21,25	± 0,34	2,04	9,6	16,9-24,5
SO <sub>2</sub>	93,05	± 0,24	1,46	1,57	88 -96,7
R	0,832	± 0,021	0,15	17,5	0,63-1,13
D (A-a) O <sub>2</sub>	4,27				

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

Tabla 6. Gases arteriales con boquilla.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
pH	7,45	± 0,01	0,06	0,76	7,39-7,54
PO <sub>2</sub>	69,2	± 0,92	5,54	8,0	61 -83
PCO <sub>2</sub>	30,9	± 0,5	3,04	9,8	22 -37
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21,5	± 0,31	1,88	8,72	17,5-25,8
SO <sub>2</sub>	93,86	± 0,22	1,33	1,41	91,3-97,1
R	0,832	± 0,024	0,15	17,5	0,63-113
D (A-a) O <sub>2</sub>	3,00				

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

Tabla 7. Gases arteriales post-ejercicio.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
pH	7,32	± 0,08	0,05	0,64	7,22-7,42
PO <sub>2</sub>	74,7	± 0,77	4,63	6,2	68 -36
PCO <sub>2</sub>	25,74	± 0,45	2,69	10,45	20 -30,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	13,08	± 0,35	2,14	16,36	9,8 -17,4
SO <sub>2</sub>	92,51	± 0,32	1,93	2,06	86 -96
R	1,07	± 0,012	0,07	6,82	0,87-1,17
D (A-a) O <sub>2</sub>	8,9				

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

Tabla 8. Gases arteriales post-hiperventilación.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
pH	7,71	± 0,01	0,06	0,80	7,58-7,82
PO <sub>2</sub>	94,61	± 0,67	4,01	4,24	81 -104
PCO <sub>2</sub>	13,72	± 0,31	1,86	13,5	10 -17,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17,65	± 0,48	2,88	16,32	11,4-23,5
SO <sub>2</sub>	98,53	± 0,04	0,227	0,23	97,9-98,9

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

Tabla 3. Espirometría.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
CV	99,65	± 1,03	10,7	10,7	84-120
VEF <sub>1</sub>	106,00	± 1,73	9,5	9,0	91-123
VEF <sub>1</sub> /CV	87,00	± 0,13	5,1	5,8	80-100
VEF <sub>3</sub> /CV	97,5	± 0,38	2,2	2,2	94-100
FEF <sub>0,25</sub>	107,7	± 4,00	23,5	21,8	79-187
FEF <sub>25-75</sub>	112,4	± 3,60	21,0	18,7	84-159
VVM	128,1	± 3,40	19,7	15,4	85-168

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

Tabla 4. Gases arteriales inmediatos a la punción.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
pH	7,44	± 0,0068	0,038	0,51	7,37-7,54
PO <sub>2</sub>	68,60	± 0,668	3,72	5,40	63 -77
PCO <sub>2</sub>	31,27	± 0,467	2,60	8,30	26 -36
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21,50	± 0,27	1,51	7,02	18,4 -23,4
SO <sub>2</sub>	93,65	± 0,20	1,14	1,21	92 -97
R	0,832	± 0,026	0,15	17,5	0,63-1,13
D(A-a) O <sub>2</sub>	3,14				

EE: error estándar. DE: desviación estándar.

**Gasimetría arterial con oxígeno al 100%** (Tabla 9). Se observa que con una presión inspiratoria de oxígeno cercana a 500 mmHg, la presión arterial de oxígeno es en promedio de 390 mmHg con un gradiente alvéolo-arterial promedio de 30 mmHg. Para el cálculo de la ecuación del oxígeno alveolar se aplicó el R promedio de reposo.

**Gasimetría venosa** (Tabla 10). Se quiso comparar la con la arterial para tratar de sacar alguna conclusión. Se cree que en casos muy especiales puede utilizarse para estimar pH, PaCO<sub>2</sub> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pues sus variaciones fueron poco notables, no así para el PaO<sub>2</sub>.

**Gases y volúmenes alveolares de reposo** (Tabla 11). Puede observarse que a pesar de la adaptación previa a la boquilla y del ambiente tranquilo en el laboratorio, algunos voluntarios hiperventilaron. El volumen corriente promedio es de 10 cc por kg de peso. El bajo consumo de oxígeno en algunos corresponde a mujeres con menor superficie corporal. El gradiente alvéolo-arterial se obtuvo aplicando el cociente respiratorio promedio a la ecuación de la presión alveolar de oxígeno.

**Gases y volúmenes alveolares en ejercicio** (Tabla 12). Los cambios hemodinámicos observados durante el ejercicio no se comentarán en este estudio. En cuanto a los res-

piratorios, se anota que fuera del aumento de la PaO<sub>2</sub> y la disminución de la PaCO<sub>2</sub> ya enunciados, se observa que los sujetos del estudio efectuaron un esfuerzo máximo como puede inferirse del aumento del VE BTPS y del VO<sub>2</sub>. En la Figura 1 se evidencia que los aumentos del VE BTPS, el VO<sub>2</sub> y el VCO<sub>2</sub> son lineales en proporción de 8,7, 7,8 y 9,9, respectivamente. Se anota la disminución del VDAN/VC y como es obvio el aumento de R.

## DISCUSION

A la altura de Bogotá (2.640 m) se presentan alteraciones y compensaciones en todos los aspectos de la fisiología animal, siendo los más notables los de los sistemas cardiovascular y respiratorio ocasionados por la disminución de la presión parcial de oxígeno, función de la presión barométrica; algunos son tan agudos y graves como el edema pulmonar de las alturas cuya existencia es suficientemente reconocida. Estos fenómenos de la altura han sido bien estudiados y es-

Tabla 9. Gases arteriales con oxígeno al 100%.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
PO <sub>2</sub>	387,4	± 3,84	23,02	5,9	326-436
PCO <sub>2</sub>	28,4	± 0,8	4,8	16,9	18-38
D (A-a) O <sub>2</sub>	30,47	±			9,5-56
PIO <sub>2</sub>	497,8	± 2,67	16,01	3,22	450-522
EE: error estándar.		DE: desviación estándar.			

Tabla 10. Gases venosos.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
pH	7,38	± 0,008	0,05	0,66	7,30-7,48
PO <sub>2</sub>	22,48	± 1,41	8,48	37,7	9-47
PCO <sub>2</sub>	42,2	± 0,79	4,72	11,2	35-53
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24,6	± 0,54	3,24	13,2	12,5-31,5
EE: error estándar.		DE: desviación estándar.			

Tabla 11. Gases y volúmenes alveolares de reposo.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
VE BTPS	8.736,7	± 504	2,981	34,1	5.128-18.506
VC	678,6	± 52,3	310	45,6	332-1.542
ṠCO <sub>2</sub>	178,2	± 11,2	66,1	37,1	111-450
ṠO <sub>2</sub>	213	± 12,2	72,2	33,7	126-571
R	0,832	± 0,024	0,15	17,5	0,63-1,13
D (A-a) O <sub>2</sub>	2,97				
VA BTPS	5.063	± 352	2.080	41,1	3.096-11.744
VDAN/VC	0,235	± 0,01	0,06	25,5	0,13-0,36
EE: error estándar.		DE: desviación estándar.			

Tabla 12. Gases y volúmenes alveolares en ejercicio.

	Promedio	± E. E.	D. E.	Coefficiente variación	Valores extremos
VE BTPS	77.524	± 4.385	25,946	53,5	23.713-133.465
VC	1.964	± 102,2	604,5	30,8	703-3.178
ṠCO <sub>2</sub>	1.764	± 108,9	644,1	36,5	5,76-2.750
ṠO <sub>2</sub>	1.660	± 106,4	929,6	38	557-3.166
R	1,07	± 0,012	0,073	6,82	0,87-1,17
D (A-a) O <sub>2</sub>	8,9				
VA BTPS	59.281	± 3821	22.608	38,1	19.042-109.662
VDAN/VC	0,182	± 0,011	0,064	35,2	0,055-0,30

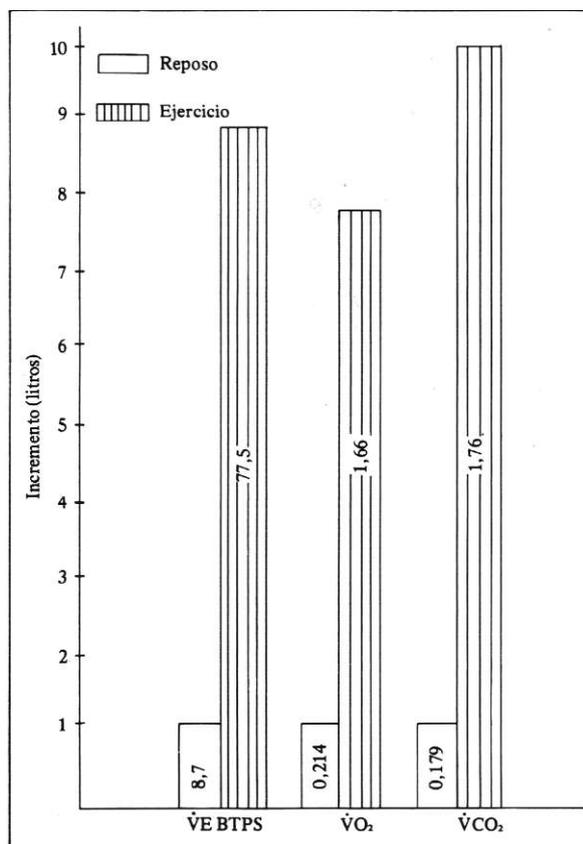


Figura 1. Aumento del  $\dot{V}E$  BTPS,  $\dot{V}O_2$ , y  $\dot{V}CO_2$  durante el ejercicio comparados con el reposo.

tablecidos por diferentes investigadores llegando a precisar datos y cifras para diferentes alturas. Quizás los mejor conocidos son los referentes a Morococha, Perú (altura de 4.540 m y presión barométrica de 496 mmHg) (5, 6). En nuestro medio pocos estudios se han efectuado en este sentido y por ello cuando sea necesario y con las debidas proporciones, nos basaremos en los estudios realizados en Morococha para algunas deducciones. Del análisis de la gasimetría arterial en reposo de nuestras observaciones se deduce que: 1) El pH está muy cercano al límite superior de la normalidad establecida. 2) La  $PaCO_2$  arterial es en promedio 32 mmHg y que cifras superiores a 35 mmHg muy posiblemente son indicativas de su retención. 3) Relacionada la  $PaCO_2$  con el  $HCO_3^-$  señalan un grado moderado de hiperventilación con compensación renal, traducida por la disminución de este anión en comparación a los

valores obtenidos al nivel del mar. 4) La  $PaO_2$  fluctúa también entre límites estrechos indicando una cifra promedio para esta edad no inferior a 64 mmHg. Posiblemente para personas mayores de 40 años este criterio debe ser más elástico. 5) El gradiente alvéolo-arterial disminuye en las alturas hasta el punto de poder desaparecer; por ello no es de extrañar que su cifra en Bogotá sea tan baja (3 a 4 mmHg) comparada con la obtenida a nivel del mar y cercana a la hallada en Morococha de 2 mmHg. Esta disminución posiblemente obedece a la mayor difusión gaseosa de las alturas.

Del análisis de la gasimetría arterial durante el ejercicio se considera que el aumento de la  $PaO_2$  durante el mismo es un fenómeno normal y que el hecho de no presentarse en una prueba de esfuerzo posiblemente indique patología pulmonar a menos que el ejercicio haya sido extremado, lo cual puede evidenciarse por las alteraciones concomitantes en el resto de los parámetros. Nuestro trabajo conforma igualmente que las personas normales no deben retener  $CO_2$  durante el ejercicio.

En relación a la gasimetría arterial en hiperventilación se observa que el pH por un lado y el  $PCO_2$  y el  $HCO_3^-$  por el otro, se mueven en direcciones opuestas, pero con magnitudes que pueden ser calculadas en el individuo normal (7). En presencia de patología pulmonar, particularmente obstrucción al flujo aéreo, no puede efectuarse adecuadamente la eliminación del  $CO_2$  y por ende no se modifican en la proporción debida el pH y el  $HCO_3^-$ .

En cuanto a la gasimetría arterial con oxígeno al 100% el conocimiento de la cifra del gradiente normal a la altura de Bogotá permite ser más exacto en el cálculo de las mezclas venosas y por la mayor difusibilidad de los gases en las alturas el gradiente es bajo comparado con el obtenido a nivel del mar. Se cree poder asegurar que el gradiente no excede de 50 mmHg a nuestro nivel.

En relación a los gases y volúmenes alveolares de reposo ya se anotó la hiperventilación provocada en algunos sujetos por la boquilla, fenómeno que explica los valores extremos de VE, del VC, de la VA y los altos

coeficientes de variación. Igualmente, se anota que los valores bajos de VA corresponden a mujeres de baja superficie corporal, ninguna de las cuales presentó retención de CO<sub>2</sub> dentro de las cifras consideradas en este estudio como normales. La determinación del espacio anatómico muerto y su relación con el volumen corriente, un parámetro importante en el estudio de la fisiopatología pulmonar, arroja un resultado promedio de 0,23, cifra un poco inferior a la que se obtiene aplicando la fórmula de Mellemegaard (8) en individuos sentados y a nivel del mar. Se anota que para el cálculo de R y la determinación del oxígeno real otro procedimiento útil, además del enunciado en este estudio, es el de aplicar las fórmulas y nomogramas de Consolazio (9) y el diagrama del O<sub>2</sub> - CO<sub>2</sub> de Rahn y Fenn (10) cuyos valores confrontados con los nuestros son muy similares.

Es conocida la dificultad de obtener valores exactos en las pruebas de esfuerzo y quizás por ello los coeficientes de variación obtenidos en este estudio son tan altos. No obstante, resalta la disminución de la VDAN/VC, hecho admitido por todos los autores, y que el promedio del  $\dot{V}O_2$  de los individuos estudiados demuestra que se efectuó un esfuerzo máximo sin que se retuviese CO<sub>2</sub>.

**Aplicación clínica.** Se han utilizado las anteriores observaciones en casos de patología pulmonar y se ha evidenciado por los métodos descritos que en los pacientes con enfermedad intersticial no se presenta aumento del PO<sub>2</sub> durante el ejercicio, que existe un aumento notable del gradiente alvéolo-arterial en reposo que no aumenta con el ejercicio, que la relación VDAN/VC es superior al 35% y que con la aplicación del O<sub>2</sub> al 100% durante 20 minutos se alcanzan presiones de O<sub>2</sub> normales.

En las enfermedades obstructivas tipo bronquitis crónica además de lo anterior se ha visto la imposibilidad de modificar el pH hacia la alcalemia y de disminuir el PCO<sub>2</sub> en la hiperventilación; que el ejercicio se acompaña de aumento de hipoxemia, si estaba presente o de su aparición si no existía y retención de CO<sub>2</sub>; y, que en la inhalación de O<sub>2</sub> al 100% se evidencia un aumento del

gradiente que traduce una alteración de  $\dot{V}/\dot{Q}$ , la mayoría de las veces por aumento de la mezcla venosa.

### CONCLUSIONES

A la altura de Bogotá los valores de gases arteriales, gases y volúmenes alveolares son diferentes a los del nivel del mar traduciéndose por disminución de PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> SaO<sub>2</sub> y aumento del pH, anotando además la disminución del gradiente alvéolo-arterial de oxígeno en reposo y con respiración de oxígeno al 100%. Utilizando el equipo de gascimetría arterial pueden obtenerse datos suficientes para el estudio de la fisiopatología pulmonar. Es aconsejable continuar esta investigación en diferentes grupos de edad.

### SUMMARY

We have determined both the arterial and alveolar gases at the level of Bogotá in a group of normal adults (altitude 2,640 m, barometric pressure 560 mmHg).

That determination was done under the following conditions: rest — exercise, post-hyperventilation, and breathing oxygen at high concentration.

The alveolo-arterial gradients were also determined under similar conditions.

The results obtained are analyzed and the clinical applications are commented.

### BIBLIOGRAFIA

- 1.— MORRIS JF, KOSKI A, JOHNSON LC. Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Res Dis* 1971; 103: 57-67.
- 2.— WEST JB. *Respiratory physiology: the essentials*. Baltimore: Williams Wilkins; 1974.
- 3.— BATES DV, MACKLEM PT, CHRISTIE RV. *Respiratory function in disease*. 2nd. ed. Philadelphia: W. B. Saunders Co.; 1971.
- 4.— DEJOURS P. *Respiration*. New York: Oxford University Press; 1966.
- 5.— HURTADO A. *Animals in high altitudes: resident man*. Handbook of physiology. Section 4. Adaptation to the environment. Washington D. C.: American Physiological Society; 1964.
- 6.— VELASQUEZ T. Maximal diffusing capacity of the lungs at high altitudes. *Texas: School of Aviation Medicine, USAF*. Randolph Field; 1956:56-108.
- 7.— ARBUS GS, HERBERT LA, LEVESQUE PR et al. Characterization and clinical application of the "significant band" for acute respiratory alkalosis. *New Engl J Med* 1969; 280: 117-123.
- 8.— MELLEMEGAARD K. Alveolar-arterial oxygen difference: size and components in normal man. *Acta Physiol Scand* 1966; 67:10-20.
- 9.— CONSOLAZIO CF, JOHNSON RE, PECORA U. *Physiological measurements of metabolic functions in man*. New York: Mc Graw Hill Book Co.; 1963.
- 10.— RAHN H, FENN WO. *A graphical analysis of the respiratory gas exchange. The O<sub>2</sub> - CO<sub>2</sub> diagram*. Washington D.C.: American Physiological Society; 1955.