

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
CENTRO MEDICO NACIONAL "LA RAZA"
U.M.A.E. HOSPITAL GENERAL "DR. GAUDENCIO
GONZALEZ GARZA"**

***PARAMETROS FUNCIONALES RESPIRATORIOS
NORMALES EN POBLACIÓN MEXICANA A
DIFERENTES ALTITUDES.
ESTUDIO MULTICÉNTRICO.***

**T E S I S
QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN
NEUMOLOGIA CLINICA
P R E S E N T A
BRISEYRA GUADALUPE FONG PONCE**

DIRECTOR DE TESIS

DR. en MC. FAVIO GERARDO RICO MENDEZ.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CO-INVESTIGADORES

**MED. ESP. LUIS GERARDO OCHOA JIMENEZ
COORDINADOR DE LA CLINICA DE ASMA
DEPARTAMENTO DE NEUMOLOGIA
U.M.A.E. HOSPITAL GENERAL “DR. GAUDENCIO GONZALEZ
GARZA”
CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**

**M en C. GUILLERMO DOMINGUEZ HERRERA
JEFE DE DEPARTAMENTO CLINICO
MEDICINA INTERNA
U.M.A.E. HOSPITAL GENERAL “DR. GAUDENCIO GONZALEZ
GARZA”
CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**

Dr. LUIS C. MENESES GUZMÁN
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE NEUMOLOGIA
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DE PUEBLA
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL.

DR. MANUEL FONG PONCE
UNIDAD CORONARIA
CENTRO MEDICO DE OCCIDENTE
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DRA. MITZI ZAIRA FONG PONCE
UNIDAD DE INVESTIGACION
CENTRO MEDICO DE OCCIDENTE
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

AUTORIZACIÓN:

DR. en MC. FAVIO GERARDO RICO MENDEZ.
**PROFESOR TITULAR DEL CURSO UNIVERSITARIO E INSTITUCIONAL
DE NEUMOLOGIA CLINICA**
JEFE DE DEPARTAMENTO CLINICO
NEUMOLOGIA
U.M.A.E. HOSPITAL GENERAL “DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA”
CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

MED. ESP. JOSE LUIS MATAMOROS TAPIA
DIRECTOR DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD
U.M.A.E. HOSPITAL GENERAL “DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA”
CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

TABLA DE CONTENIDOS

1. 1.- PORTADA
PAGS 1-4

2. 2.- RESUMEN
PAGS 5-6

3. 3.-INTRODUCCION
PAGS 7-11

4. 4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
PAGS 7-11

5. 5.-MATERIAL Y METODOS
PAGS 12-15

6. 6.- RESULTADOS
PAGS 16-18

7. 7.- DISCUSION Y CONCLUSIONES
PAGS 19-23

8. 8.-BIBLIOGRAFIA
PAGS 24-28

9. 9.-TABLAS Y GRAFICAS
PAGS 28-38

RESUMEN:

México es pionero en el estudio científico formal de los parámetros funcionales respiratorios normales y patológicos. Para interpretarlos adecuadamente, estos son comparados con los resultados esperados provenientes de sujetos sanos con similares características personales que determinan la función pulmonar.

MATERIAL Y METODOS:

De Enero de 2003 a Marzo de 2004, fueron estudiados 790 sujetos sanos voluntarios de 19 a 60 años, sin riesgo y no fumadores, divididos en tres grupos acordes a altitudes de residencia (I <1000, II 1000 a 2000 y III >2000msnm), analizándose las siguientes variables: edad, sexo, estatura, pH, PaO₂, PaCO₂, HCO₃, SatO₂, VEF1, CVF y FEF 25-75%. Los datos obtenidos se analizaron utilizando ANOVA con corrección de Bonferroni y S de Spearman.

RESULTADOS.

En el Grupo 1 se incluyeron 246 sujetos, 244 en el Grupo 2 y 300 en el Grupo 3, presentando una edad promedio de 28±7.67 años, de los cuales el 52% fueron hombres. El pH del Grupo I fue de 7.37±1.54, en el Grupo II 7.39±2.2 y en el Grupo III 7.42±2.6; con una PaO₂ promedio de 77.65±7 con PaCO₂ de 33.99±5.18. La VEF1 promedio general fue de 3.56±0.5542, siendo para el Grupo I de 3.85±0.3278, para el Grupo II 3.68±0.4253 y para el Grupo III 3.21±0.6127. Para el sexo masculino fue de 3.86±0.3362 y para el femenino 3.23±0.5581, siendo para el grupo de edad de 19 a 29 años de 3.57±0.5577; 30 a 39 de 3.63±0.537; 40 a 49 de 3.37±0.5086; y para 50 a 60 años 3.24±0.5629. Al comparar los promedios entre los grupos de diferentes altitudes mediante la prueba univariada de análisis de varianza (ANOVA) de una vía con corrección de Bonferroni, encontrando correlación negativa con la edad y positiva con la estatura así como una correlación indirecta entre los grupos con la S de Spearman.

CONCLUSIONES:

Los parámetros gasométricos y espirométricos tuvieron una relación inversa con la altitud y se correlacionaron estrechamente con los calculados matemáticamente. Las mujeres presentaron resultados respiratorios inferiores a los de los hombres para cada una de las altitudes estudiadas. Lo que sugiere fehacientemente que nuestros parámetros se ajustan razonablemente bien a la población Mexicana adulta y pueden ser utilizados como valores de referencia nacional.

Palabras clave:

Espirometría, Gasometría, Altitud, Valores de referencia, población mexicana.

ABSTRACT:

Mexico is a pioneer in the formal scientific study of the normal and pathological respiratory function testing. To interpret them appropriately they are compared with the expected result for subjects without disease but similar in personal characteristics that determine lung function.

MATERIAL AND METHODS:

From January 2003 to March 2004, we studied 790 healthy nonsmoking volunteers between 19 and 60 years without risk or illness, divided in three residence altitude groups (I <1000, II 1000 to 2000 and III >2000masl), being analyzed the following variables: age, sex, stature, pH, PaO₂, PaCO₂, HCO₃, SatO₂, VEF1, FVC and FEF 25-75%. The obtained data were analyzed using ANOVA with Bonferroni's correction and Spearman's S.

RESULTS:

246 subjects were included in Group I, 244 in Group 2 and 300 in Group 3; with median age of 28 ± 7.67 years and height of $167 \text{ cm} \pm 8.3029$, 52% were males. The pH of the Group I was of 7.37 ± 1.54 , Group II 7.39 ± 2.2 and Group III 7.42 ± 2.6 ; with a PaO₂ average 77.65 ± 7 and PaCO₂ 33.99 ± 5.18 . The VEF1 general average was 3.56 ± 0.5542 being for the Group I of 3.85 ± 0.3278 , for the Group II 3.68 ± 0.4253 and for the Group III 3.21 ± 0.6127 . For the masculine sex it was of 3.86 ± 0.3362 and for female 3.23 ± 0.5581 , being for the age group from 19 to 29 years of 3.57 ± 0.5577 ; 30 to 39 of 3.63 ± 0.537 ; 40 to 49 of 3.37 ± 0.5086 ; and from 50 to 60 years 3.24 ± 0.5629 . We compared the averages among the groups of different altitudes by means of the variance analysis "ANOVA" with Bonferroni's correction, finding negative correlations with age and positive correlations with height and indirect correlation between groups with Spearman's S.

CONCLUSIONS:

The gasometric and spirometric parameters had an inverse relationship with the altitude and closely mathematically correlated with the calculated ones. Women had lower respiratory values than men at same altitude. We suggest convincingly that our parameters are reasonably well adjusted to adult Mexican population and can be used as national reference values.

Key words:

Spirometry, Gasometry, Altitude, Reference Values, altitude, Mexican population.

ANTECEDENTES:

México es considerado un país pionero en el estudio científico formal de los parámetros funcionales respiratorios normales y patológicos [1], gracias a científicos como el Dr. Daniel Vergara Lope Escobar (1865-1938) [2], el cual desarrolló técnicas vanguardistas en la materia, en una época en donde el estudio del comportamiento respiratorio a diferentes altitudes, estaba de moda debido a las grandes epopeyas de los alpinistas efectuadas entre los años de 1890 a 1920 [3].

Desde entonces, científicos de todo el mundo han entablado investigaciones orientadas a establecer los parámetros respiratorios normales en diferentes altitudes y la Republica Mexicana no ha sido la excepción, sin embargo la diversidad geográfica, atmosférica, biológica, genética e ideosincrática no lo han permitido [4,5].

México tiene poblaciones muy alejadas entre sí dentro de los casi 2.5 millones de km² del territorio que lo conforman, mismas que se encuentran a diferentes altitudes que van desde el nivel del mar hasta el poblado de raíces en el Estado de México enclavado a 3500 metros sobre el nivel del mar {msnm} [6].

Estas variaciones de altitud son los factores que influye directamente en las constantes funcionales respiratorias en el humano [7], modificando la presión parcial de los gases de acuerdo a la presión barométrica [8], que trae como resultante que, a mayor altitud sobre el nivel del mar, menor sea la presión alveolar de oxígeno [9] y mayor la demanda en la ventilación [10].

El umbral por encima del cual aparecen trastornos, es de 2440 msnm en donde la presión barométrica es 23% menor (585 mmHg), lo que condiciona que la PaO₂ y la PaCO₂ sean en promedio de 67 y 31 mmHg, con una SaO₂ de 90-93% [11].

Para determinar adecuadamente los gases en sangre se requieren invariablemente valores de referencia de población sana que resida a una altitud similar, [12] para tal efecto, la gasometría obtenida de sangre arterial, es el procedimiento ideal para la evaluación integral del intercambio gaseoso que valora indirectamente la función pulmonar siendo de manera similar indispensable para el conocimiento preciso del equilibrio ácido-base [13].

Los valores aportados por esta prueba se ven influenciados por diversos factores ambientales, técnicos y personales entre los cuales destaca en forma importante la altitud [14]. Así, para los pobladores que se encuentran a menos de 1000 msnm, las cifras teóricas publicadas de la presión arterial de oxígeno (PaO₂) son de 92.8 y 94.5mmHg y las de presión parcial de bióxido de carbono (PaCO₂) son reportadas entre 33.5 y 35.2 mmHg; para los pobladores que se encuentran por arriba de los 2000 msnm, se reporta la PaO₂ entre 63.9 y 65.9 y la PaCO₂ entre 32.7 y 32.3 mm Hg, finalmente, por arriba de los 3000 msnm, las cifras gasométricas de PaO₂ se encuentran en derredor de 55 mmHg y la PaCO₂ de 30 mmHg [15,16].

La espirometría es un procedimiento que evalúa la función respiratoria en lo general y la mecánica pulmonar en lo particular, contando con un alto grado de reproducibilidad, especificidad y sensibilidad, lo cual, aunado a su bajo costo, ha provocado el desplazamiento de otros procedimientos que en antaño ocupaban las primeras conductas diagnósticas como la pletismografía [17,18].

A pesar de esto, existen varios problemas que deben de ser tomados en cuenta al utilizar la espirometría de forma indiscriminada: Uno de ellos consiste en que la totalidad de los equipos para efectuarla son importados, incluyendo rangos de referencia generados en poblaciones no mestizas y por ende dar resultados tanto falso positivos como negativos por lo que, los valores emitidos no corresponden a las características de la población mexicana [19]. Otra eventualidad, consiste en que las características antropométricas influyen fuertemente en las pruebas respiratorias, jugando un papel importante como factor diferencial entre las diferentes razas [20], lo que ha motivado el interés de diversos investigadores desde finales del siglo XIX [21,22].

El ejemplo más representativo fue el reportado por Knudson y colaboradores [23] quienes al comparar la población afro-americanos con sujetos europeos demostraron que los primeros tenían menores valores en el Volumen espiratorio forzado (VEF1) y en la capacidad vital (CVF).

Las condiciones geográficas en las cuales viven los hombres es cuestión fundamental en las resultantes respiratorias dónde la altitud es el referente como fue consignado en los Incas del Perú [24] y los originarios de Nepal [25].

Las características anatómicas a diferentes edades influyen en los valores funcionales principalmente en aquellos que sobrepasan los 65 años, época en la cual se presenta una disminución de la fuerza muscular además de pérdida de la retracción elástica y de la distensibilidad pulmonar tanto estática como dinámica lo que conlleva una pérdida de 20 ml., por año en la capacidad vital con un incremento en el volumen residual de 220 mL aproximadamente [26], lo que modifica las cifras de oxemia circulante de tal suerte que, los individuos de mayor edad pueden presentar cifras entre 54.4 y 57.1 mmHg de PaO₂ con una SaO₂ entre 85.6 y 91.2% [27],

Finalmente, el género no debe de perderse de vista ya que las diferencias estructurales existentes, conllevan modificaciones en los volúmenes y capacidades pulmonares cuantificadas hasta en un 10% entre los hombres y las mujeres [28, 29, 30]. Estas condiciones entre otras, han propiciado que los valores de referencia de los parámetros funcionales respiratorios tanto gasométricos como espirométricos utilizados en la República Mexicana no sean los adecuados al no reflejar la realidad de los habitantes originando errores constantes que pueden repercutir no sólo en el ámbito diagnóstico ó terapéutico sino laboral y jurídico en el binomio salud/enfermedad.

Tratando de subsanar estas deficiencias y ante la necesidad de contar en la República Mexicana con cifras funcionales respiratorias que reflejen con cierto grado de certeza las constantes de sus habitantes en diferentes alturas sobre el nivel del mar decidimos llevar a cabo un estudio descriptivo, transversal y prospectivo en poblaciones específicas de México en diferentes altitudes con la finalidad de que sus resultados sirvan como valores de referencias nacional.

MATERIAL Y METODOS:

Se llevó a cabo un estudio descriptivo, prospectivo, transversal de base poblacional en individuos sanos mayores de 18 años, previa aceptación por el comité local de investigación. A todos ellos se les explico el motivo del estudio, trascendencia y se les solicitando su consentimiento por escrito para integrarlos al estudio de Enero del 2003 a Marzo del 2004 y que cumplieran con los criterios de inclusión, los cuales debían ser masculinos o femeninos, libres de antecedentes de riesgo laboral, toxicomanías, patología pleuro-pulmonar o enfermedad sistémica de importancia y originarios de los lugares de donde fueron obtenidas las muestras.

La muestras fueron dividida en tres grupos acordes a la altitud: Grupo I, <1000 msnm (Acapulco Gro. y Ciudad Obregón Son.); Grupo II, de 1000 a 2000 msnm (Guadalajara Jal.); y Grupo III, >2000 msnm (Ciudad de México y Puebla, Pbla).

Antes de iniciar el protocolo se unificaron las técnicas y procedimientos entre los investigadores así como todos y cada uno de los pasos que debían de efectuarse en la toma de la muestra así como equipos a utilizar con sus especificaciones de calibración.

Fueron recabados los datos correspondientes a edad, sexo y estatura con el fin de poder calcular los valores predichos para la espirometría, la cual se llevo a cabo con el paciente en bipedestación, inhalando y exhalando forzadamente, a través de una boquilla hermética que cubría la boca con una válvula de flujo unidireccional, previa colocación de clip nasal, utilizando un espirómetro modelo ST 250 Spiro Analyzer (Fukada Sangyo, Tokyo Japan), calibrado diariamente con una jeringa especial de 3 Lts revisando las fugas con una constante de presión de 3 cm H₂O por un minuto, así como el alineamiento de flujos con 3 rangos, cumpliendo con las especificaciones de la American Thoracic Society en conjunto con la European Respiratory Society [31,32].

Fueron rechazadas las maniobras que no completaban ≥ 6 seg. o con inicio inadecuado, realizándose de tres a cinco espiraciones forzadas hasta que la variabilidad en FVC fue $<5\%$ o 100 ml en dos maniobras. La mejor curva fue seleccionada y comparada con las referencias de Knudson [23].

Cada variable espirométrica fue reportada en litros, evaluándose el Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF 1), la Capacidad Vital Forzada (CVF), la Relación VEF1/CVF y los flujos espiratorios forzados periféricos (FEF 25-75%).

La muestra para gasometría fueron obtenidas de la arteria radial previa prueba de Allen, y procesadas en un equipo IL- 1312, determinando Ph, Presión

Parcial de Oxígeno Arterial (PaO₂), Presión Parcial de Bioxido de Carbono (PaCO₂), Bicarbonato (HCO₃), y Saturación de Oxígeno (SaO₂).

Para determinar el número de la muestra suficiente para detectar una diferencia significativa entre las tres regiones se eligió la PaCO₂ ya que presenta una de las diferencias más pequeñas (± 3 unidades Torr) con una desviación estándar de 2 unidades, de acuerdo con los datos consignados en la introducción. Esto asegura que los parámetros de mayor interés pero con diferencias más pronunciadas como la PaO₂ tendrán suficiente poder estadístico como para garantizar que no haya diferencia si esta no es estadísticamente significativa. Para ello se utilizó la fórmula para el cálculo de la muestra en comparación de dos medias poblacionales [33, 34, 35, 36]:

$$n=2 (z_2(a)+ z_1(b))^2 ds^2/d^2.$$

Dónde z_2 es el percentil de la distribución normal usado como valor crítico en una prueba de dos colas de tamaño α (que será de 1.95 para garantizar un nivel de .05) y $z_1(b)$ es el percentil de la distribución normal utilizado como valor crítico en una prueba de una cola de tamaño $b=1- (\pi)$.

Por ello, para detectar una diferencia de 3 unidades Torr con una desviación estándar de 2 en la PaCO₂, el número de casos por grupo necesario es de 204 más un factor de 1.15 para tomar en cuenta posibles datos aberrantes y pérdidas, lo cual resulta en una n final de 235 casos por grupo de estudio.

Los resultados obtenidos se analizaron utilizando el paquete estadístico SPSS V14 y los datos utilizando prueba univariada de análisis de varianza (ANOVA) de una vía con corrección de Bonferroni y S de Spearman.

RESULTADOS:

Fueron incluidos un total de 1200 sujetos, de los cuales 790 cumplieron satisfactoriamente los criterios de ingreso siendo en el grupo 1: 246 (31.1%); en el grupo 2: 244 (30.9%) y en el Grupo III: 300 (38%). De ellos 407 (52%) correspondieron al sexo masculino y 383 (48%) al femenino. El valor medio de estatura para ambos sexos fue de 167.14 ± 8.30 (170.29 ± 3.82 en hombres y 164.19 ± 6.01 para mujeres).

El promedio de edad para ambos sexos fue de 28.6 ± 7.67 años (28 ± 6.87 hombres y 29.02 ± 8.42 mujeres). Al agruparlos por décadas, entre los 19 y 29 años se presentaron 499 sujetos (63.2%); de 30 a 39, 198 (25.1%); de 40 a 49, 70 (8.9%) y de 50 a 60 años, 23 (2.9%).

CONSTANTES FUNCIONALES GASOMETRICAS

En lo que respecta a los resultados gasométricos [Tabla 1], el pH del Grupo I fue de 7.37 ± 1.54 , en el Grupo II dio como resultado 7.39 ± 2.2 y en el Grupo III 7.42 ± 2.6 [Gràfica 1]; encontrando para el sexo masculino un pH de 7.39 ± 2.97 y 7.40 ± 2.97 para el femenino; y por grupo de edad, de 19 a 29 años el pH fue de 7.39 ± 2.50 en promedio, de 30 a 39 años 7.39 ± 1.98 , en el de 40 a 49 resultó de 7.40 ± 1.95 y de 50 a 60 correspondió a 7.42 ± 2.38 ., siendo el pH general de 7.39 ± 0.031 .

Para la PaO₂, esta fue de 73.02±6.03 mmHg en el Grupo I, 85.83±2.65 Grupo II y 75.10±5.67 para el Grupo III [Gráfica 2]. Por sexo, el sexo masculino fue de 78.75±7.51 y el femenino 75.42±6.92. Por grupo de edad, de 19 a 29 años fue de 78.20±7.53; de 30 a 39, 77.41±7.61; 40 a 49, 76.18±6.68 y de 50 a 60, 72.43±7.47. Siendo el promedio general de 77.65±7.

En lo que respecta a la PCO₂, su resultado en mmHg, correspondió para el Grupo I en 40.97±1.01, para el Grupo II 31.81±2.61 y en el Grupo III 30±2.18 [Gráfico 3]. Por sexo, correspondió al masculino un promedio de 35.68±5.52 y para el sexo femenino 32.20±4.09 y por grupo de edad de 19 a 29 años, fue de 34.39±5.19; en el grupo de 30 a 39; 32.6±5.25, de 40 a 49 fue de 32.06±4.47 y de 50 a 60 años de 30.06. Teniendo un promedio en general de 33.99±5.18.

Al comparar los promedios entre los grupos de diferentes altitudes mediante la prueba univariada de análisis de varianza (ANOVA) de una vía con corrección de Bonferroni para identificar diferencias, se encontró significancia estadística para edad, estatura, pH, PaO₂, PaCO₂, HCO₃ y SaO₂ [Gráfica 4], posteriormente efectuamos correlación con S de Spearman para identificar la correlación entre la altitud y las variables gasométricas, encontrando correlación positiva entre la altitud y el pH, siendo negativa para PaO₂, PCO₂, HCO₃ y SaO₂.

PARAMETROS FUNCIONALES RESPIRATORIOS:

Los resultados espirométricos [Tabla 2] demostraron un VEF1 promedio general de 3.56 ± 0.5542 , siendo para el Grupo I de 3.85 ± 0.3278 , para el Grupo II 3.68 ± 0.4253 y para el Grupo III 3.21 ± 0.6127 [Gráfica 5]. Para el sexo masculino fue de 3.86 ± 0.3362 y para el sexo femenino 3.23 ± 0.5581 [Gráfica 6], siendo para el grupo de edad de 19 a 29 años de 3.57 ± 0.5577 ; de 30 a 39 de 3.63 ± 0.537 ; para 40 a 49 de 3.37 ± 0.5086 ; y para 50 a 60 años de 3.24 ± 0.5629 [Gráfica 7].

En la prueba de ANOVA, hay significancia estadística entre los grupos para FEV1, CVF, FEV1/CVF, FEF 25 75. La S de Spearman demostró correlación indirecta entre los grupos de altitud con las variables de FEV1, CVF, FEV1/CVF y FEF 25 75%.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN:

La gasometría y la espirometría son de gran utilidad en la práctica cotidiana para evaluar el comportamiento respiratorio de los individuos a diferentes altitudes. El método ideal para establecer valores de referencia requiere de muestras grandes en sujetos sanos con características específicas antropométricas, las cuales difieren de continente a continente y de país a país.

Nuestro análisis permitió la evaluación de los parámetros funcionales respiratorios con el menor margen de sesgo posible gracias al tamaño de muestra calculado [34,35, 36,37], siendo la talla la variable independiente que mejor se correlacionó con los resultados funcionales respiratorios [38] y con cierta especificidad en los rangos correspondientes de 19 a 29 y de 50 a 60 años de edad, situación similar a lo reportado por Becklake en 1986 [39].

Desde el punto de vista gasométrico, gracias a nuestro análisis efectuado en comparación con otros autores mexicanos [Tabla 3], nos fue posible observar que obtuvimos resultados similares a ellos para pH, PaO₂, PaCO₂, y SaO₂ en relación con las diferentes altitudes en las que fueron medidos los parámetros acordes a la distribución por edad y sexo, reafirmando la veracidad de los resultados obtenidos por nuestro estudio, resaltando que el comportamiento del pH sufrió un aumento considerable conforme a la altura sobre el nivel del mar, cifras que correlacionan con las investigaciones llevadas a cabo por Pérez-

Martínez [28] y Muñoz-Bojalil [40], en diferentes poblaciones de la República Mexicana como fueron Guadalajara Jalisco, la Ciudad de México y Puebla, Puebla.

La cuantificación de la concentración de oxígeno circulante ha sido motivo de inquietud por diversos investigadores dentro de los que resaltan Hodgkin y Petty [16] en la década de los años 80, quienes estudiaron una población por arriba de los 3000 metros sobre el nivel del mar con la finalidad de determinar los requerimientos de oxígeno suplementario. Las cifras reportadas se encontraban en derredor de 55 mmHg concluyendo en su observación que su presencia no era indicativo de su administración debido a que las cifras de hipoxemia son compensadas adecuadamente con incremento del gasto cardiaco y discreto aumento de la masa eritrocítica, refieren también que esta compensación no ocurre en pacientes con daño pulmonar crónico, apareciendo como consecuencia hipertensión pulmonar, cor pulmonale y eritrocitosis secundaria en diversos grados.

Previamente en México durante el año de 1969, Mireles y cols. [41] habían reportado una PaO₂ de 67±9 mmHg en sujetos que vivían a >2000 msnm.

Para el año 2000 Vázquez-García y Pérez Padilla [5], a través de estimaciones teóricas en diferentes altitudes reportaron una PaO₂ para el nivel del mar de 95.9, para Guadalajara de 74.1, y para la Ciudad de México de 65.9 mmHg,

hallazgos que concuerdan con los reportados en nuestro estudio y que les imprimen igualmente, un alto grado de confiabilidad.

Desde el punto de vista estadístico se observó que la PaO₂, PaCO₂ y SaO₂ se comportaron en forma inversa con la altitud, mismas que disminuyeron conforme avanzó la edad, aduciéndose esto principalmente a la pérdida de la retracción elástica, así como a la disminución de la fuerza muscular que en conjunto producen una reducción de la capacidad vital cuantificada en 20 mL por año y un incremento en el volumen residual cercano a 220 mL en promedio [42, 43], tendencia que respalda las percibidas en su oportunidad por Rahn y Fenn [44] hace 51 años en población Norteamericana y equiparables a los realizados en ciudadanos mexicanos por Lizardi-García y Pérez-Padilla [11] en 1993 y con el grupo encabezado por Rico y cols en 1998 [45,46].

Las constantes funcionales respiratorias al igual que los resultados gasométricos, presentaron correlación negativa con la altitud, disminuyendo estas mientras los habitantes tienden a la longevidad [47]. Este grupo de sujetos geriátricos ha sufrido el embate de la ciencia médica debido al incremento poblacional y los altos costos que su atención genera en especial por la multipatología que los acompaña, de ahí que el estudio de los procesos bioquímicos y funcionales sea prioritario para un manejo racional. Estas investigaciones generadas especialmente por Rojas y cols. en México [48], por Milne [49] y Burr en los Estados Unidos de Norteamérica [50] así como por Woo en china [51], demuestran uniformidad de criterios en relación con los resultados que obtuvimos, avalándolos inclusive de forma indirecta.

El análisis de la variabilidad de los flujos y la relación VEF1 /CVF, encontradas tiene varias explicaciones, que incluyen la poca cooperación del paciente, la falta de entendimiento del método a seguir por el mismo, así como nerviosismo y/o senescencia pulmonar, documentadas desde 1971 por Morris [52] y recientemente por Moragrega-Adame en 1999 [53] por lo que, diversas sociedades y organizaciones científicas como la ATS y la SEPAR, tratando de disminuir esta variabilidad, han emitido los criterios que tienden a uniformar el método y determinando la necesidad de realizar tres procedimientos en diferentes tiempos lo que le ha dado consistencia a la técnica.

La VEF1, CVF y FEF 25, 50 y 75 presentaron variabilidad estadística en relación con la talla, encontrando correlación positiva al igual que Morris y Quanjer al relacionar las características morfológicas [52, 54].

La adecuada interpretación de los parámetros funcionales respiratorios y para que sean fidedignos, requiere compararlos con valores previamente calculados en pacientes de similares características y no es dable utilizar aquellos provenientes de poblaciones norteamericanas, caucásicos, orientales, ó afroamericanos a reserva de emitir juicios no apegados a la realidad por lo que deberán de equipararse a poblaciones similares a los mexicanos como los méxico-americanos ó latinoamericanos, quienes sustentan características antropométricas semejantes y confieren a los datos una mayor certidumbre [55, 56], de donde se desdobra la importancia del presente reporte, ya que al ser realizado en población mexicana y concordar sus resultados con

investigaciones similares [Tabla 4] como son las de los grupos encabezados por los médicos Cruz-Mérida [18] y Pérez-Padilla [19] el reporte de nuestras cifras alcanza muy alto grado de confiabilidad, con lo cual nuestros parámetros pueden ser utilizados como valores de referencia nacional, al ajustarse razonablemente a la población mexicana.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Rodríguez de Romo AC. La fisiología de las alturas en el siglo XIX mexicano: Implicaciones medicas, científicas y sociales. Distrito Federal, México: Talleres Gráficos de México; 1999. p. 610-663.
- 2) Rodríguez de Romo AC, Pérez-Padilla JR. The Mexican Response to High Altitudes in the 1890s: The Case of a Physician and his "Magic Mountain". *Medical History* 2003; 47: 493-516.
- 3) West JB. High altitude physiology. Pennsylvania, USA: Hutchinson Ross; 1931. p.14-19.
- 4) Rodríguez de Romo AC. Fisiología mexicana en el siglo XIX: La investigación. Distrito Federal, México: Asclepio; 1997. p. 133-145.
- 5) Vázquez-García JC, Pérez-Padilla R. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2000; 13(3):06-13.
- 6) Pérez-Padilla JR. Alturas en México. *Neumol Cir Tórax Méx* 1993;52: 7-14.
- 7) Rico-Méndez FG, Urias-Almada P, Barquera-Simón C S, Ochoa-Jiménez-LG, Padilla-Navarro MA, Meneses-Guzmán LC, et al. Valores espirométricos y gasométricos en una población geriátrica sana, a diferentes alturas sobre el nivel del mar, en la República Mexicana: Estudio multicéntrico. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2001; 14(2):90-98.
- 8) Rico-Méndez FG. Daños a la salud por contaminación ambiental. Distrito Federal, México: Editorial UAEM; 2001.
- 9) Staines E, García J, Muñoz-Bojalil B. Algunos aspectos de la función cardiopulmonar en la Ciudad de México. *Neumol Cir Tórax Méx* 1971; 32: 369-386.
- 10) Schoene RB. Limits of Respiration at High Altitude. *Clin Chest Med* 2005; 26: 405-414.
- 11) Lizardi-García D, Pérez-Padilla JR. Las altitudes sobre el nivel del mar en México: Principales poblaciones carreteras, vías férreas, montañas y viajes aéreos: Guía para los neumólogos y sus pacientes. *Neumol Cir Tórax* 1993; 52: 7-14.
- 12) Mendoza A, Vargas-Becerra MH, Pérez-Padilla R. Valores de gasometría arterial en habitantes de una población a 1489 metros de altitud. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 1990; 3(3): 177-179.
- 13) Davenport HW. The ABC of acid-base chemistry. Chicago IL, USA: The University of Chicago Press; 1971.
- 14) Weil JV. Ventilatory control at high altitude: Handbook of Physiology. Maryland, USA: American Physiological Society; 1988.
- 15) Pérez-Padilla JR. Oxigenoterapia domiciliaria crónica en ciudades a gran altura sobre el nivel del mar en países en vías de desarrollo: Dificultades y alternativas. *Neumol Cir Tórax Méx* 1993; 52: 19-33.
- 16) Hodgkin JE, Petty TL. Chronic Obstructive Pulmonary Disease : Current Concepts. Philadelphia USA : W.B. Saunders Company ; 1987. p. 92-98.

- 17) American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1107-1136.
- 18) Cruz-Mérida AJ, Soto-de la Fuente AE, Méndez-Vargas MM, Méndez-Ramírez I. Prediction Equations for Spirometric Parameters in Mexican Adult Population. *Archives of Medical Research* 2004; 35: 445-449.
- 19) Pérez-Padilla JR, Regalado-Pineda J, Vázquez-García JC. Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores mexicanos y valores de referencia internacionales. *Salud Pública de México* 2001; 43(2): 113-121.
- 20) Glosan M, Nematbakhsh M, Amra B, Crapo R.O. Spirometric reference values in a large Middle Eastern population. *Eur Respir J*. 2003; 22: 529-534.
- 21) Herrera AL, Vergara-Lope D, La vie sur les hauts plateaux : Influence de la presión barométrique sur la constitution et le développement des etres organisés. Distrito Federal, México : Imprimerie Escalante ; 1899.
- 22) American Thoracic Society. Lung function testing: Selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144: 1202-1218.
- 23) Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983; 19(5): 1-95.
- 24) Fishman AP, Elías JA, Fishman JA, Grippi MA, Kaiser LR, Senior RM, et al. *Fishman's Pulmonary Disease and Disorders*. 3er Edition. New York, USA: Mc Graw-Hill; 1998; 683-696.
- 25) Maloney JP, Broeckel U. *Clin Chest Med* 2005; 26: 395-404.
- 26) Morgan KC. The assessment of ventilatory capacity (committee recommendations). *Ches* 1975; 67: 95-97.
- 27) Bellemare F, Jeanneret A, Couture J. Sex Differences in Thoracic Dimensions and Configuration. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2003; 168: 305-312.
- 28) Pérez-Martínez S, Pérez-Padilla JR. Valores Gasométricos en sujetos sanos reportados en la población mexicana: Revisión y análisis. *Rev Invest Clin* 1992; 44: 356-362.
- 29) Boezen HM, Cansen DF, Postma DS. Sex and gender differences in lung development and their clinical significance. *Clin Chest Med* 2004; 25: 237-245.
- 30) Brusasco V, Crapo R, Viegi G. Coming together: the ATS/ERS consensus on clinical pulmonary function testing. *Eur Respir J*. 2005; 26: 1-2.
- 31) Brusasco V, Crapo R, Viegi. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26: 948-968.
- 32) Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26: 319-338.
- 33) Spiegel MR. *Estadística. Serie Schaum*. México: Mc Graw-Hill; 1983: 141-155.
- 34) Petrie A, Sabin C. *Medical Statistics at a Glance*. 2nd Edition. USA: Blackwell Publishing; 2005. p. 22-56.

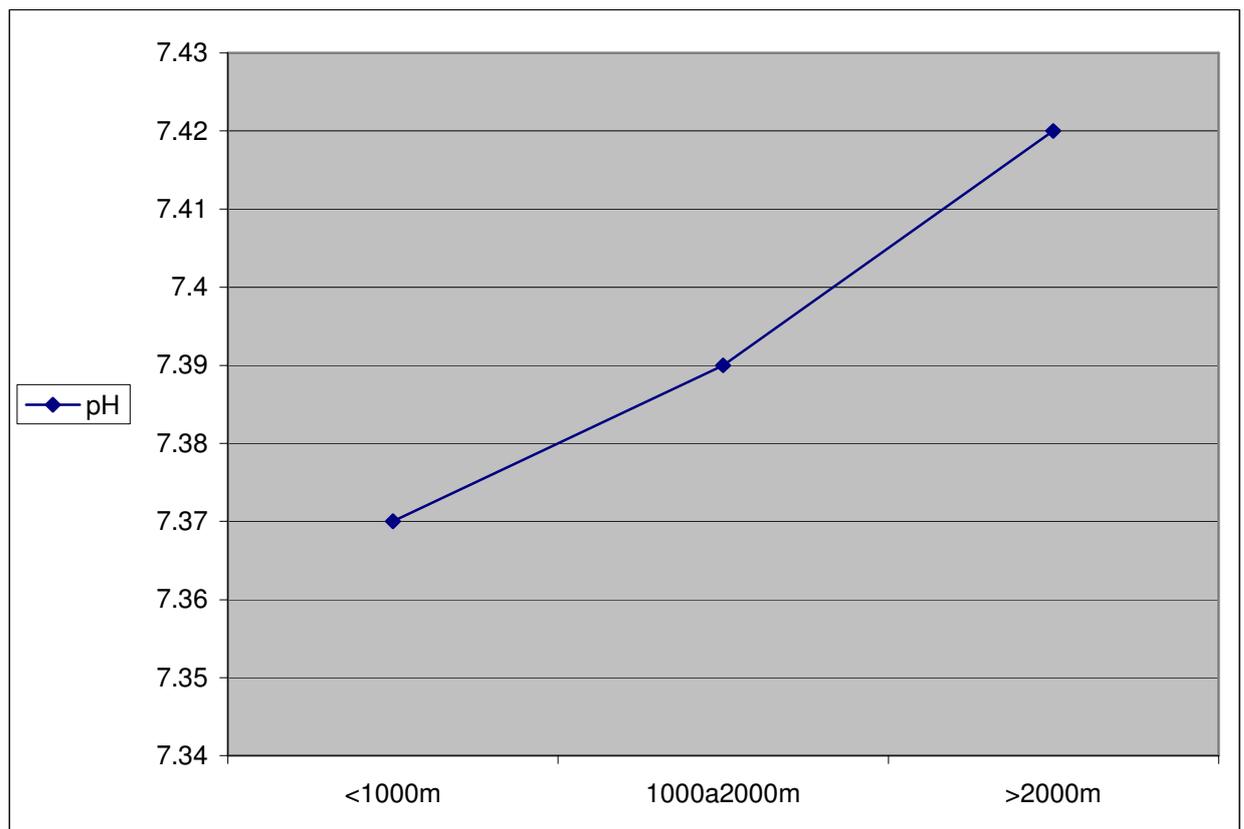
- 35) Twisk JW. Applied Longitudinal Data Analysis for Epidemiology: A Practical Guide. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press; 2003. p. 244-266.
- 36) Page RM, Cole GE, Timmreck TC. Basic Epidemiological Methods and Biostatistics. A practical Guidebook. Canada: Jones and Bartlett Publishers Canada; 1995. p. 179-214.
- 37) Díez Herranz A. Concordancia entre los valores de referencia para la espirometría recomendados por las Sociedades Neumológicas Española y Europea. Arch Bronconeumol 1996; 32: 459-462.
- 38) Enright PL, Arnold A, Manolio TA, Kuller L. Spirometry Reference Values for Healthy Elderly Blacks. CHEST 1996; 110: 1416-1424.
- 39) Becklake MR. Concepts of abnormality applied to the measurement of lung function. Am J Med 1986; 80: 1158-1164.
- 40) Muñoz-Bojalil B. Estudios de Ventilación pulmonar de gases y pH en sangre en sujetos sanos, en la ciudad de México. Neumol Cir Tórax 1972; 32: 133-138.
- 41) Mireles M, Sánchez R, Mira ML. Valores normales de pH, PaCO₂, Saturación de oxígeno, déficit y exceso de base, base buffer, bicarbonato estándar y actual en la Ciudad de México. Rev Med IMSS 1969; 8: 23-27.
- 42) Morris AH, Kanner RE, Crapo RO, Gardner RM. Clinical pulmonary function testing: Toracic Society. Salt Lake City, USA: Intermountain; 1984.
- 43) Ward MP, Miledge JS, West JB. The atmosphere. IN: High altitude medicine and physiology. Philadelphia, EEUU: Chapman and Hall, 1989: 27-43.
- 44) Rahn H, Fenn WO. A graphical analysis of the respiratory gas exchange: The O₂, CO₂ diagram. EEUU: The American Physiological Society; 1955.
- 45) Rico G, Gómez F, Meneses L, Múgica J, Pérez C. Valores Gasométricos en población geriátrica. Análisis en dos diferentes altitudes. Rev Inst Nal Enf Resp Mex 1998; 11: 25-28.
- 46) Martínez F. Pruebas de la función pulmonar en Diagnóstico y tratamiento de las enfermedades respiratorias. España: Auroch; 1998. p. 109-148.
- 47) DuWayne S, Marion LD, Ree MG, Franklin KB. Spirometric Standards for Healthy Elderly Men and Women. Am Rev Resp Disease 1973; 108: 933-939.
- 48) Rojas-González A, Pérez-Neria J. Efecto de la altitud sobre el flujo espiratorio máximo. Rev Inst Nal Enf Resp Mex 2000; 13: 14-7.
- 49) Milne JS, Williamson J. Respiratory function test in older people. Clin Sci 1972; 42: 371-381.
- 50) Burr ML, Phillips KM, Hosrt DN, Lung function in the elderly. Thorax 1985; 40: 54-59.
- 51) Woo J, Pang J. Spirometry in Healthy Elderly Chinese. Thorax 1988; 43: 617-620.
- 52) Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric Standards for Healthy Nonsmoking Adults. American Review of Respiratory Disease 1971; 103: 55-67.

- 53) Moragrega-Adame JL, Contreras-Zárate M. Pruebas de función respiratoria: Valores de referencia. *Rev Mex Cardiol* 1999; 10: 103-107.
- 54) Quanjer PH. Standardized lung function testing. *Bull Eur Physiopathol Resp* 1983; 19:1-95.
- 55) Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. Population. *Am JU Respir Crit Care Med* 1999; 159: 179-187.
- 56) Oyarzun M. Normal spirometric values in the Chilean population. *Rev Med Chil* 1996; 124: 1365-1367.
- 57) Muñoz-Bojalil BR, Olivas-Díaz E, Garnica-Villalpando B, Echaury-Gonzalez M, Díaz-Mejía GS. La diferencia alvéolo-arterial de oxígeno como parte de las pruebas de la función respiratoria. Resultados en la ciudad de México. *Rev Mex Anest Ter Int* 1975; 24: 295-306.
- 58) Soto-Rojas G, Márquez C. Some features of pulmonary insufficiency at high altitudes. *Am Rev Respir Dis* 1962; 85: 25-29.

GRAFICAS:

GRAFICA 1:

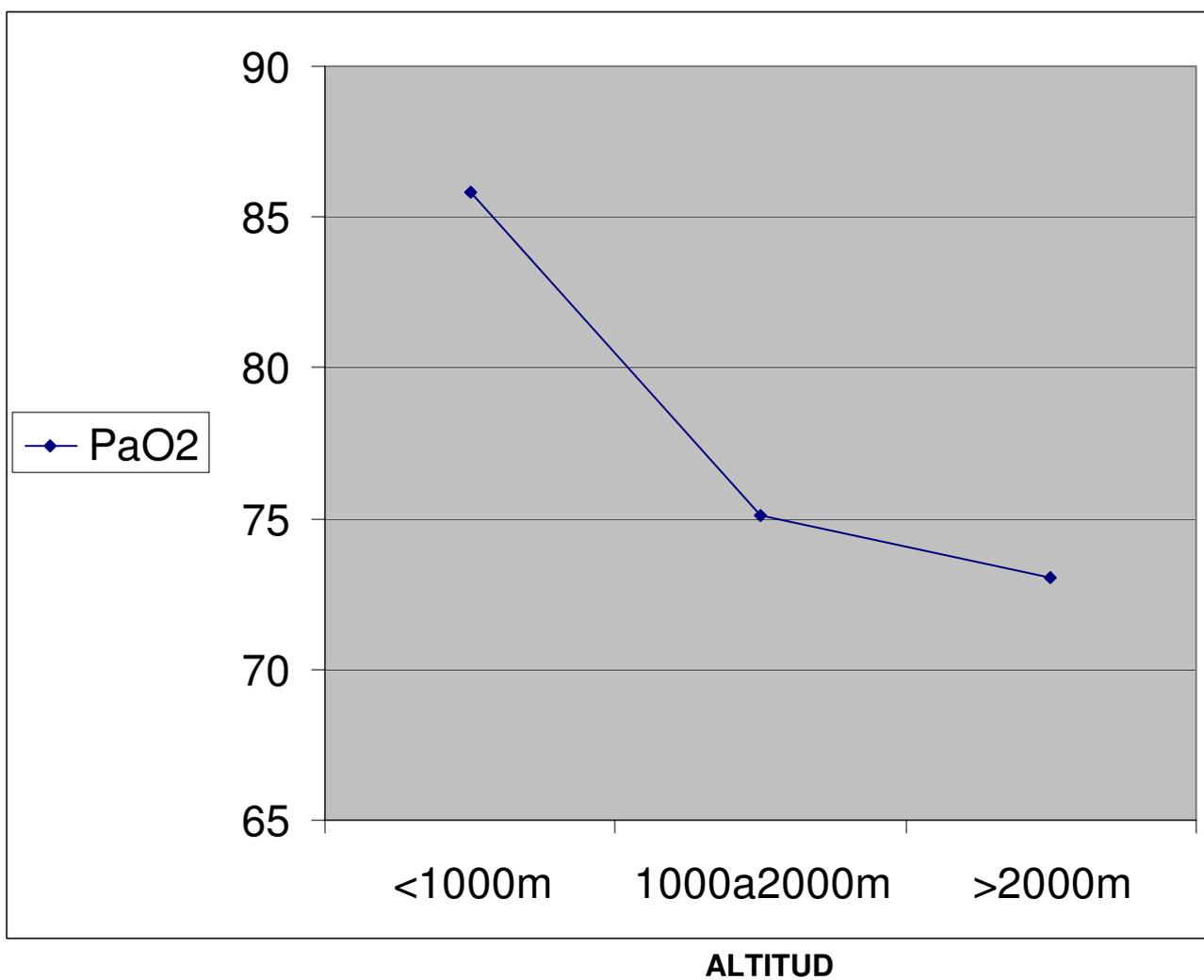
RELACION ALTITUD-pH:



ALTITUD

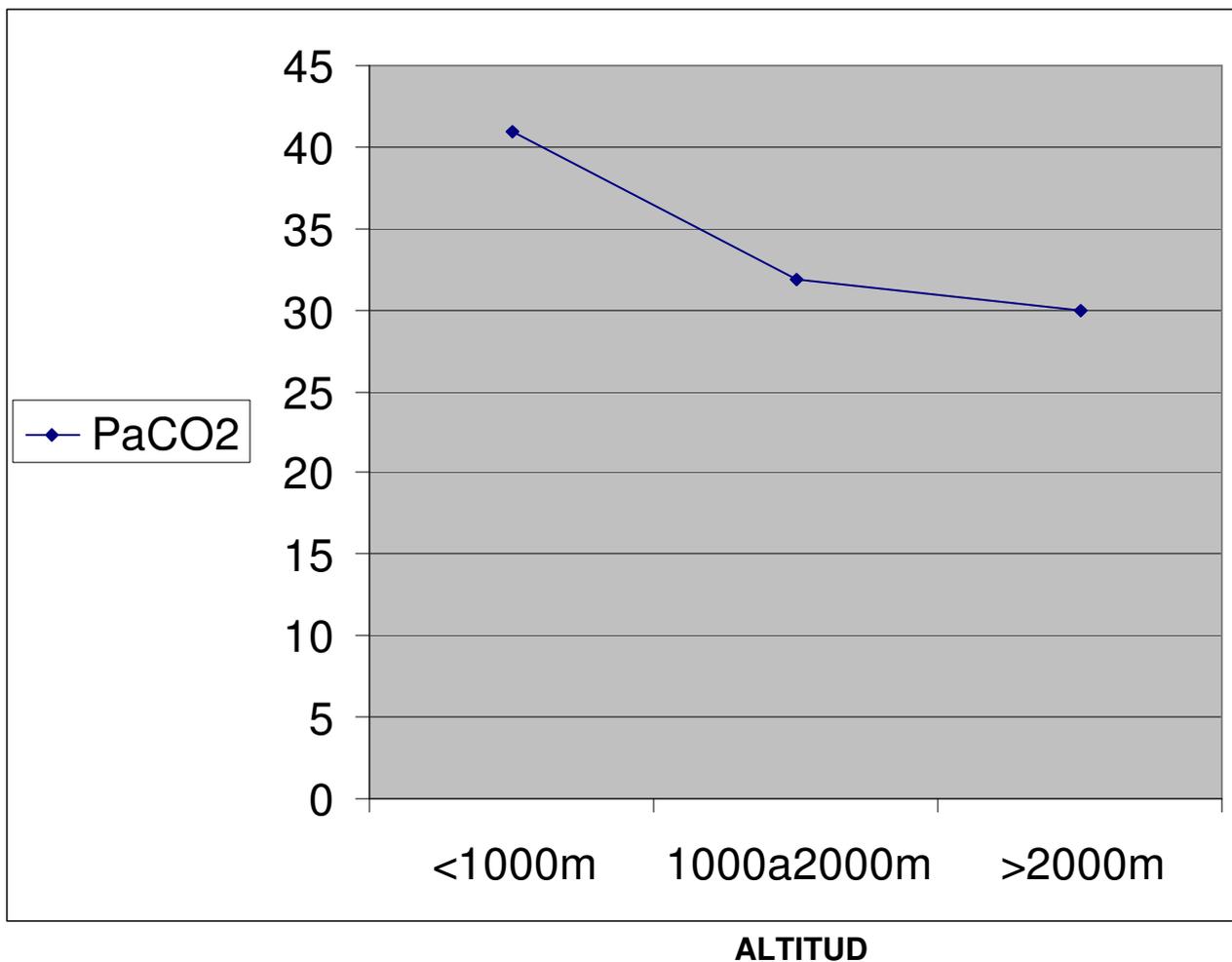
GRAFICA 2:

RELACION ALTITUD PaO2:



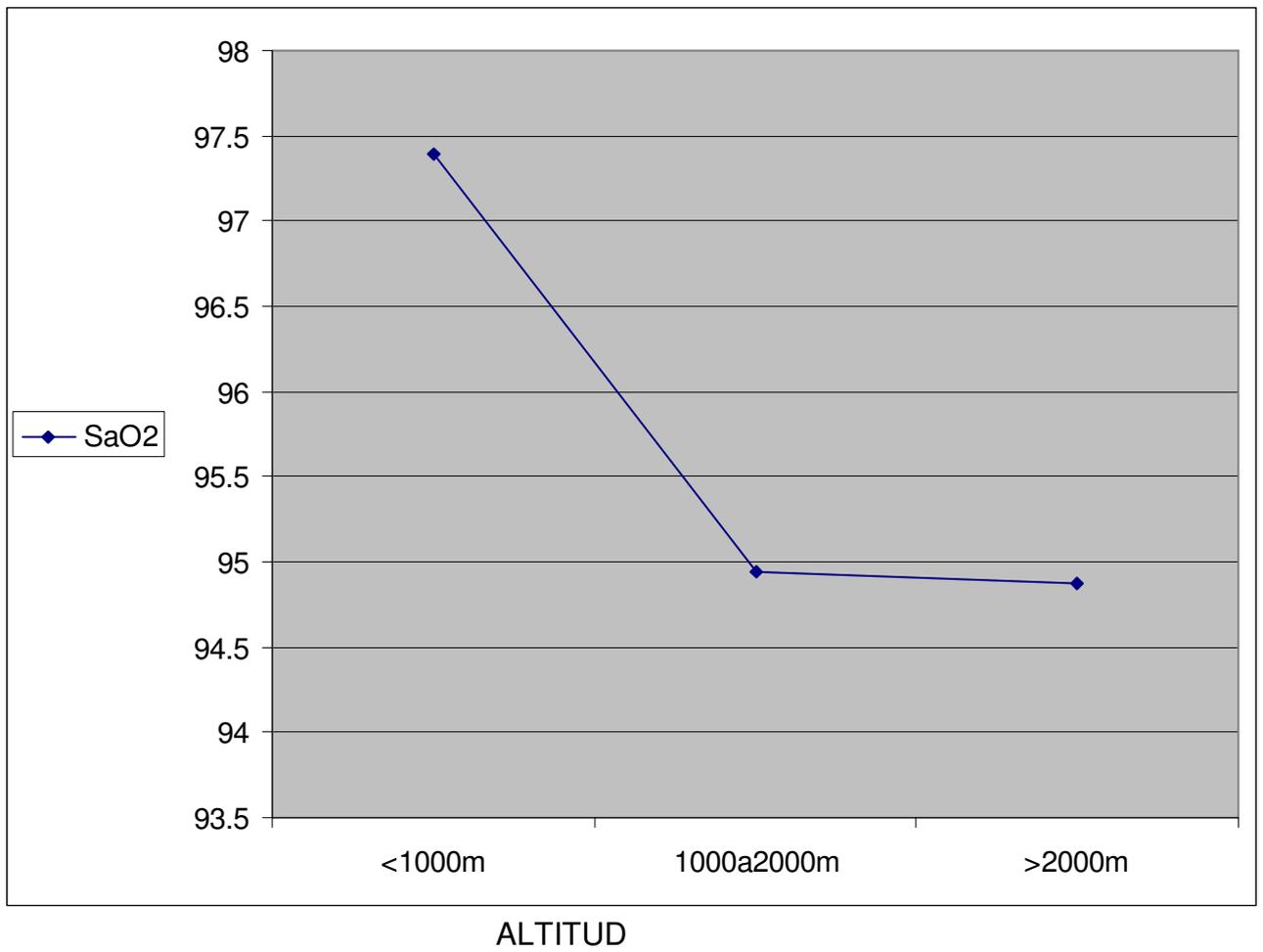
GRAFICA 3:

RELACION ALTITUD CON PaCO2:



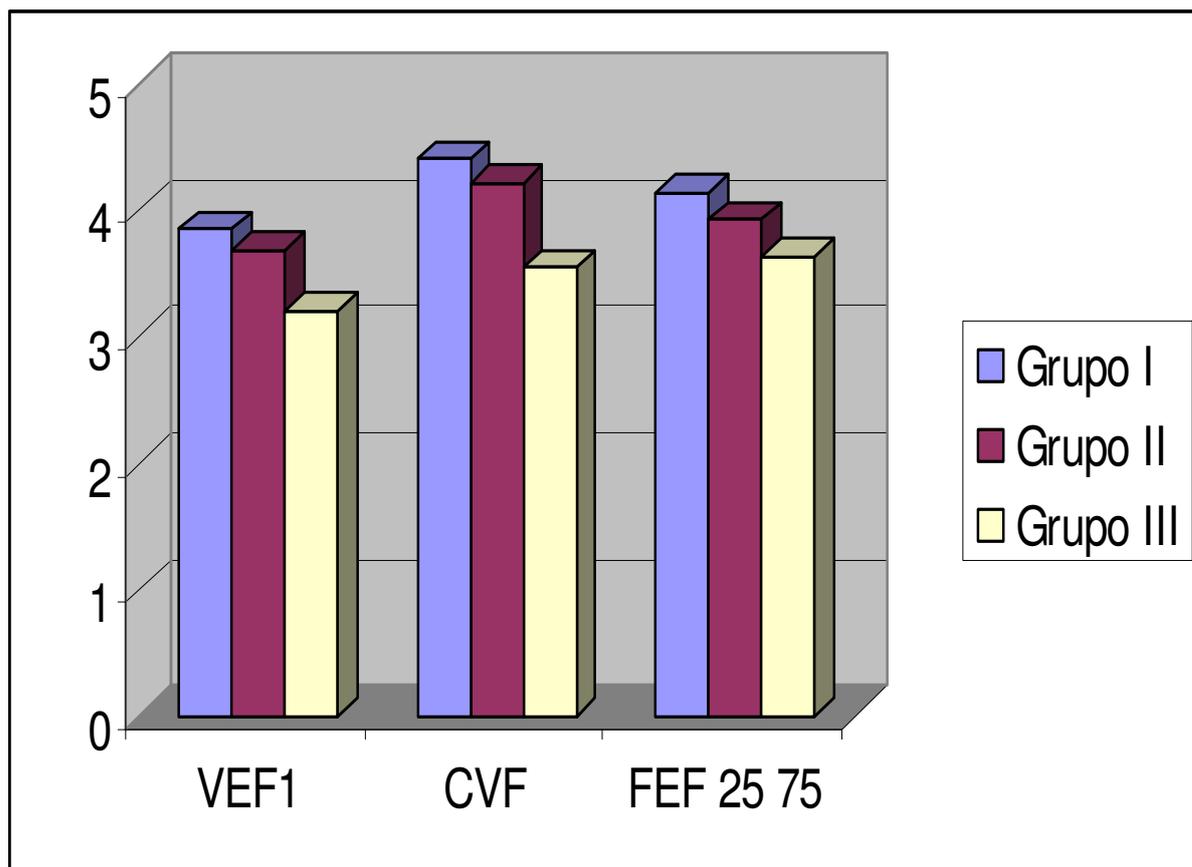
GRAFICA 4:

RELACION ALTITUD-SaO2:



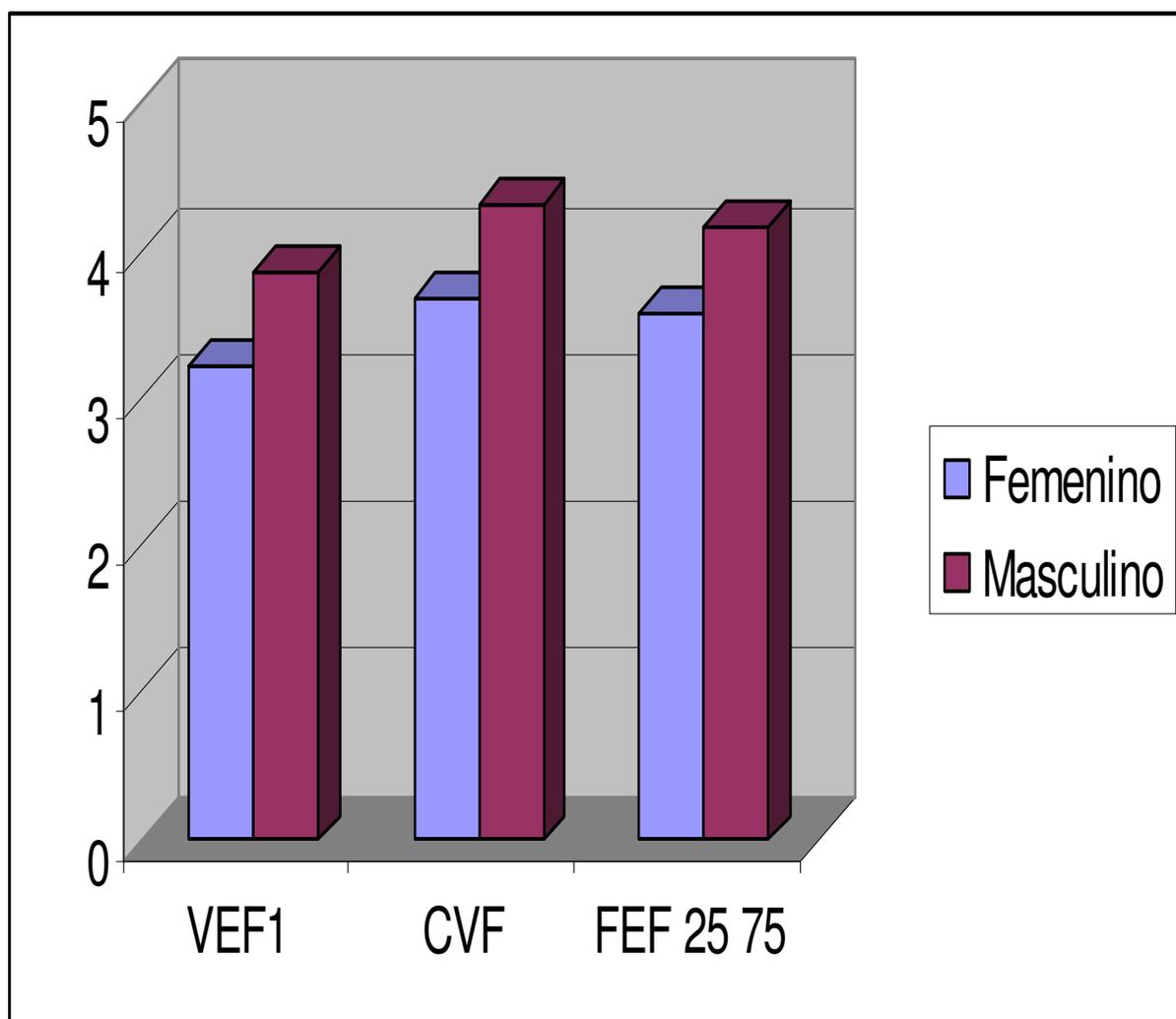
GRAFICA 5:

RELACION ALTITUD CON VEF1, CVF Y FEF 25 75:



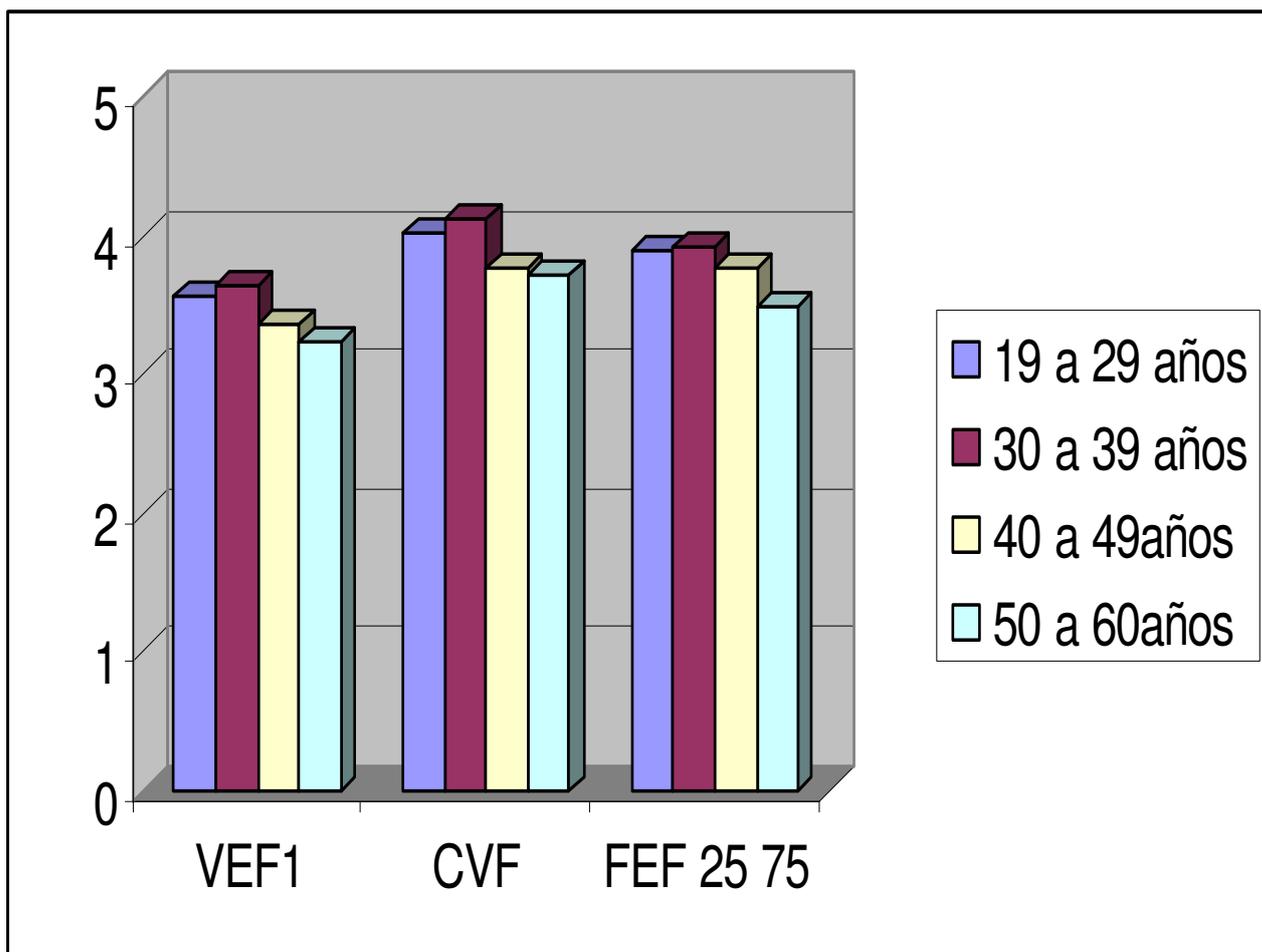
GRAFICA 6:

RELACION SEXO CON VEF1, CVF Y FEF 25 75:



GRAFICA 7:

EDAD CON VEF1, CVF, FEF 25 75:



TABLAS:

Tabla 1:

Resultados Gasométricos:

		pH	PaO2	PaCO2	HCO3	Saturación
Grupo	I	7.37 ± 1.54	85.83 ± 2.65	40.94 ± 1.01	25.67 ± 1.15	97.39 ± 0.97
	II	7.39 ± 2.20	75.1 ± 5.67	31.87 ± 2.61	19.27 ± 1.83	94.94 ± 0.97
	III	7.42 ± 2.60	73.02 ± 6.03	30 ± 2.18	20.61 ± 1.86	94.87 ± 1.70
Sexo	Masc	7.39 ± 2.97	79.75 ± 7.57	35.68 ± 5.52	22.8 ± 3.18	96.05 ± 1.90
	Fem	7.4 ± 2.97	75.42 ± 6.92	32.2 ± 4.09	20.68 ± 2.71	95.28 ± 1.76
Edad	19-29	7.39 ± 2.50	78.2 ± 7.53	34.39 ± 5.19	21.94 ± 0.22	95.76 ± 1.87
	30-39	7.39 ± 1.98	77.41 ± 7.61	34.1 ± 5.25	21.82 ± 3.09	95.84 ± 1.78
	40-49	7.4 ± 1.95	76.18 ± 6.68	32.06 ± 4.47	20.79 ± 2.79	95.07 ± 1.93
	50-60	7.42 ± 2.39	72.43 ± 7.47	30.06 ± 3.77	20.73 ± 2.39	94.3 ± 1.76
Promedio General		7.4 ± 0.30	77.65 ± 7.59	33.99 ± 5.18	21.77 ± 3.15	95.68 ± 1.87

Tabla 2:

Resultados Espirometricos:

	VEF1 (Lts)	CVF(Lts)	FEF 25-75(Lts)
Grupo I	3.85 ± 0.3278	4.40 ± 0.3302	4.14 ± 0.3653
Grupo II	3.68 ± 0.4253	4.21 ± 0.4493	3.93 ± 0.4719
Grupo III	3.21 ± 0.6117	3.5415 ± 0.6283	3.63 ± 0.8309
Femenino	3.23 ± 0.5581	3.6785 ± 0.6386	3.58 ± 0.6209
Masculino	3.86 ± 0.3362	4.33 ± 0.4052	4.17 ± 0.5259
19 a 29 años	3.57 ± 0.5577	4.02 ± 0.6222	3.90 ± 0.6597
30 a 39 años	3.63 ± 0.537	4.11 ± 0.6102	3.92 ± 0.5773
40 a 49 años	3.37 ± 0.5086	3.76 ± 0.6098	3.77 ± 0.6954
50 a 60 años	3.24 ± 0.5629	3.71 ± 0.602	3.49 ± 0.6197
General	3.56 ± 0.5542	4.01 ± 0.625	3.89 ± 0.646

Tabla 3

Resultados gasométricos comparativos a diferentes altitudes con otros autores en México.

Altitud	Autor	Referencia	# Adultos	Edad(años)	Sexo	PaO2	PaCO2	pH	SaO2
<1000msnm	Vazquez et.al.	5	estimado	---	---	95.9	38.3	---	---
	Fong y Rico	---	246	16a60	F M	85.8±2	40.9±1	7.37±1.54	97.3±0.9
1000a2000msnm	Mendoza et.al.	12	30	16a60	F M	75.1±6.3	32.1±2.6	7.39±0.02	---
	Vazquez et.al.	5	estimado	---	---	74.1	34.4	---	---
	Fong y Rico	---	244	16a60	F M	75.1±5	31.8±2	7.39±2.2	94.9±0.9
>2000msnm	Mireles et. Al.	41	40	19a40	F	66.7±9	37.2±2.7	7.40±0.34	92.9±7.1
	Muñoz B et.al.	57	69	34	---	67	30.7	7.41	92
	Staines et.al.	9	300	16a60	F M	67±3	30.3±3	7.41±0.03	92±2
	Muñoz B et.al.	40	35	34	---	67.5±4	30.7±2	7.41	91.8±1.2
	Soto-R et.al.	58	---	---	---	64	36	7.4	92
	Vazquez et.al.	---	estimado	---	---	65.9	32.7	---	---
	Fong y Rico	---	300	16a60	F M	73±6	30±2.1	7.42±2.6	94.8±1.7

Tabla 4:

Resultados espirométricos comparativos a diferentes altitudes con otros autores en México.

Autor	Referencia	Sexo	# Adultos	Edad(años)	Estatura	FEV1	FVC	FEF25 75
Cruz-M et.al.	18	F	206	41.69±12.4	1.53±0.06	2.78±0.46	3.40±0.49	3.46±0.63
		M	230	47.53±9.49	1.65±0.06	3.58±0.51	4.53±0.59	4.80±0.84
Perez-Padilla et.al.	19	F	685	49.3±8	151±5.7	2.4±0.5	2.97±0.6	2.9±1
		M	5086	51±8.5	163±6	3.3±0.7	4.2±0.7	3.7±1.4
Fong y Rico	---	F	383	16a60	163±10.24	3.23±0.55	3.67±0.63	3.58±0.62
		M	407	16a60	170±3.82	3.86±0.33	4.33±0.40	4.17±0.52