

## ESTUDIOS SOBRE CAPACIDAD PULMONAR

### I. Valores normales en hombres

POR

ANDRÉS ROTTA O. Y FRANCISCO GUERRERO

**DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS**

**Y DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA, HOSPITAL  
ARZOBISPO LOAYZA.**

La determinación de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones ha sido frecuentemente usada con el objeto de apreciar cuantitativamente el grado de sus alteraciones en los trastornos de la mecánica respiratoria. Es de suponer, sin embargo, que al lado de las alteraciones patológicas de esta medida de la función mecánica de la respiración, existan variaciones fisiológicas, en relación con los caracteres raciales o con ciertas condiciones del medio que modifiquen la ventilación pulmonar, tal como sucede en las grandes alturas.

Entre nosotros, los factores señalados cobran importancia, porque una gran parte de nuestra población vive a alturas considerables, en las regiones andinas, y ya se ha demostrado por BARCROFT (1), MONGE (2), HURTADO (3) y HURTADO y GUZMÁN BARRON (4) que los sujetos que habitan en estas regiones presentan ciertas modificaciones anatómicas y funcionales en sus órganos como son, el mayor volumen del tórax, el aumento de la capacidad vital, la mayor expansión torácica, y otras de carácter hemático, humoral, etc. cuando se les compara con individuos que habitan a nivel del mar.

De otro lado, se sabe que en la ascención a las grandes alturas, el organismo se adapta para compensar la acción de la baja tensión del O<sub>2</sub> atmosférico, aumentando la ventilación pulmonar; y es probable que en el proceso de adaptación a nivel del mar, para los individuos de la altura, el volumen de la capacidad pulmonar sufra variaciones al desaparecer las necesidades de la hiperventilación.

Estas consideraciones nos han inducido a verificar el presente estudio con el propósito de hallar los valores medios de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones en sujetos normales que habitan a nivel del mar y compararlos, en futuros estudios, a los que se obtengan en aquellos que proceden de la altura; datos que consideramos imprescindibles para apreciar en su verdadero valor el rol de la mecánica respiratoria en la adaptación.

Naturalmente, la comparación con las cifras medias que se han obtenido en precedentes investigaciones, en individuos de constitución física y caracteres raciales más homogéneos que entre nosotros, ofrece especial interés desde el punto de vista clínico y con este criterio no hemos practicado una selección rigurosa de los sujetos examinados con respecto a su procedencia, cuidando sólo de que el tiempo de residencia a nivel del mar nos asegurase, dentro de los límites sospechables, una adaptación más o menos completa.

Para llenar nuestro cometido, hemos practicado 50 determinaciones de la capacidad pulmonar y sus diferentes subdivisiones. Además, hemos buscado la correlación entre estas y diversas medidas físicas y radiológicas del tórax. El "espacio muerto respiratorio" ha sido determinado en un grupo de los sujetos de experiencia, y las variaciones del volumen de la capacidad vital en relación con la posición del cuerpo, en otro sector de ellos. Los resultados obtenidos, que consignamos en este estudio preliminar, representan, de esta manera, la medida normal de la capacidad pulmonar que entre nosotros se encuentra a nivel del mar, cuyo conocimiento es preciso ampliar con la investigación de sus variaciones y alteraciones, inexploradas todavía en nuestro medio.

#### NOMENCLATURA

Es indudable que uno de los grandes escollos para la correcta interpretación de los valores normales de la capacidad

pulmonar ha sido el uso de términos distintos cuando se ha querido significar el volumen de sus diferentes subdivisiones. Muchos autores, al hacer sus estudios, han creado nuevas acepciones o modificado algunas de las ya existentes, enmarañando más la terminología de por sí un tanto compleja. No pretendemos en el presente estudio hacer una revisión crítica y bibliográfica del problema, que ha sido ampliamente expuesto por HURTADO Y BOLLER (5), pero sí consideramos conveniente, para mayor claridad, presentar un resumen de la nomenclatura usada por estos autores por ser la que hemos adoptado.

Las definiciones usadas son las siguientes :

*Aire residual*, es la cantidad de aire que permanece en los pulmones después de una expiración máxima. Sólo puede expulsarse abriendo el tórax y dejando que se colapsen los pulmones.

*Aire de reserva*, es la cantidad de aire que puede expulsarse después de una expiración normal, por medio de una expiración forzada.

*Capacidad media*, es el volúmen del aire que queda en los pulmones después de una expiración normal. Representa la suma del aire de reserva y el residual.

*Aire complementario*, es el volumen de aire que puede penetrar en los pulmones después de una expiración normal por medio de una inspiración forzada.

*Capacidad vital*, es el volumen de aire que puede expulsarse en una expiración máxima, precedida de una inspiración, también máxima. La capacidad vital representa la suma del aire complementario más el aire de reserva.

*Capacidad total*, es la suma de la capacidad vital y el aire residual.

Gráficamente se puede apreciar el concepto de estas definiciones en el diagrama de la figura I, en el que, de acuerdo con el criterio expresado, la capacidad media representa el punto de reposo del tórax después de una expiración normal. El aire circulante (cantidad de aire que entra y sale de los pulmones en la respiración normal), según la definición dada, se encuentra comprendido en el aire complementario.

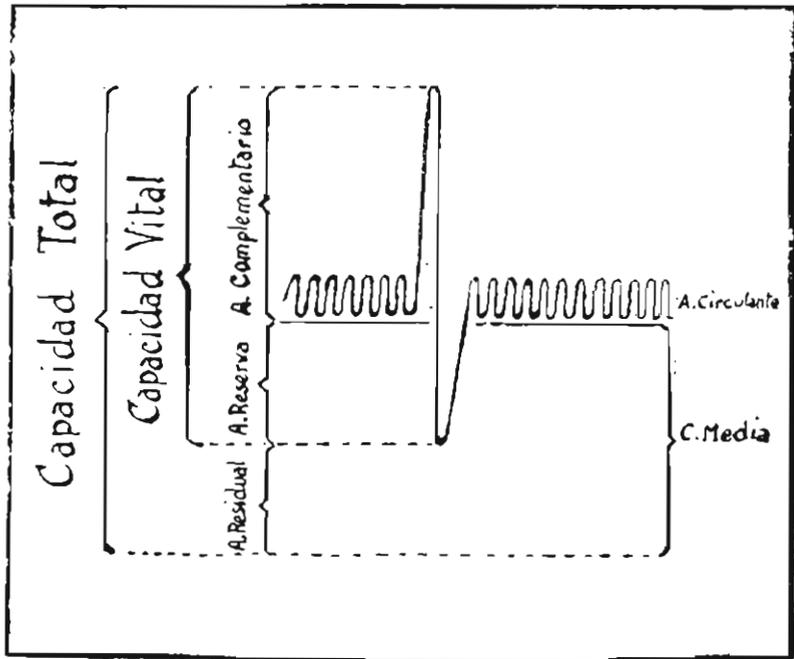


Fig. No. 1

Representación gráfica del significado de los diferentes términos empleados.

## MÉTODOS

Para la determinación de la capacidad pulmonar hemos usado un espirómetro del tipo descrito por BINGER y VAN SLYKE (6), aproximadamente de ocho litros de capacidad, dotada de un sistema inscriptor que nos permitía obtener gráficamente el volumen de aire circulante, el número de respiraciones y la curva de consumo de oxígeno. Una válvula de 5 llaves interpuesta entre el «sistema» del aparato y el sujeto de experiencia hacía posible la comunicación de éste con el aire exterior o con la campana de gas sin la menor dificultad y en cualquier momento de la prueba. El espirómetro fué previamente calibrado correspondiendo cada milímetro de desplazamiento de la aguja a 24.5 cc. de volumen. La medición del espacio muerto del aparato, incluyendo tubos, depósito de cal sodada, etc., dió un volumen de 2500 cc. Un sifón adaptado adecuadamente al espirómetro nos permitía mantener el mismo nivel de agua conservando, de este modo inalterable el volumen del espacio muerto en todas las determinaciones.

El aire residual ha sido determinado por el método de dilución de O<sub>2</sub> en respiración normal, de CHRISTIE (7) con las modificaciones que se han

introducido últimamente a este método (5). Todas las determinaciones fueron hechas en posición sentada previo reposo de 15 a 20 minutos. El tiempo de experiencia fué de 7 minutos. En todos los casos se hicieron dos determinaciones con algunos minutos de intervalo. La temperatura del espirometro y la presión barométrica fueron anotadas al final de cada experiencia. El análisis de los gases se ha practicado con el aparato volumétrico de VAN SLYKE.

Para hallar el volúmen de aire residual hemos usado la siguiente fórmula de CHRISTIE.

$$A. \text{ res} = \frac{O_2 \text{ puesto en el aparato} - O_2 \text{ consumido} \times N_2 \% - \text{Espacio muerto del aparato}}{79.1 - N_2 \%}$$

Los resultados obtenidos con esta fórmula han sido corregidos por el N<sub>2</sub> excretado por la sangre, el N<sub>2</sub> contenido en los cilindros de O<sub>2</sub> y, por último, a la temperatura de 37° C y completa saturación de vapor de agua.

La capacidad vital y sus dos fracciones fueron obtenidas gráficamente y en la misma posición sentada, duplicándose la prueba para cada una de ellas. Para hacer los cálculos hemos elegido el espirograma mas amplio que correspondía a cada fracción, corrigiendo los resultados por la cantidad de CO<sub>2</sub> retenido en el depósito de cal sodada.

Al mismo tiempo que se ha estudiado la capacidad pulmonar, se han practicado mediciones externas del tórax en todos los sujetos de experiencia. La edad, el peso y la estatura fueron previamente anotados. La circunferencia torácica fué medida a la altura de la eminencia mamilar. El diámetro trasverso del tórax, lo consideramos entre las dos líneas axilares medias, a la altura de la mamila. El diámetro antero—posterior, de la línea medio esternal a las apófisis espinosas de la columna vertebral, guardando siempre como punto de referencia para la altura, la eminencia mamilar. La altura del tórax ha sido medida de la orquilla del esternón a la unión del cuerpo de este hueso con el apéndice xifoides. Todos estos diámetros, a excepción del longitudinal, fueron medidos en las posiciones de máxima inspiración, máxima expiración y media (al final de una expiración normal). El volúmen externo del tórax fué calculado según el procedimiento de VAN SLIKE y LUNDSGAARD (8) multiplicando los tres diámetros respectivos para cada posición.

En cada caso hemos obtenido una doble radiografía superpuesta en una misma plancha: en máxima inspiración y en expiración forzada. Para la obtención de éstas radiografías dobles hemos seguido las técnicas indicadas por THOMAS (9) y HURTADO y FRAY (10). En el aparato de rayos X del Hospital Loayza usamos 106 Kv. Mx. y 80 M. A., variando el tiempo de 8 M. As. a 12 M. As. según el grosor del tórax, para la primera exposición; la segunda se obtuvo con un cuarto del tiempo de la primera. Toda las radiografías fueron tomadas a dos metros de distancia, en posición sentada y el mismo día de la determinación de la capacidad pulmonar. En muy pocos casos hubo de repetirse la prueba por falta de nitidez o por mala colaboración.

Las áreas pulmonares radiológicas las calculamos por medio de un planímetro previamente calibrado, en el que cada división del tambor equivale a 10 62 centímetros cuadrados, construido especialmente para éste objeto. Practicamos, además, la medición de los diámetros radiológicos trasversal y longitudinal, así como el ángulo de rotación de las costillas y la altura de la excursión diafragmática en cada lado separadamente. El diámetro trasverso fué medido a la altura del noveno espacio intercostal posterior; el diámetro longitudinal, de la cúpula del diafragma a la prolongación de una línea que pasa por encima de la articulación de la primera costilla; el ángulo de rotación de las costillas, trazando una línea que siga el eje de ésta formación ósea en su tercio posterior (en sus dos posiciones, de inspiración y expiración) a partir de su articulación con la apófisis trasversa correspondiente. Para esta última medición hemos elegido la sexta costilla. El volumen radiológico del tórax ha sido determinado por el procedimiento de HURTADO y FRAY (10), multiplicando el área radiológica por el diámetro antero—posterior externo. En la Figura 2 se ha representado esquemáticamente una radiografía doble en la que se ha trazado las diferentes líneas que corresponden a las mediciones que se han practicado.

El espacio "muerto respiratorio" ha sido calculado con la siguiente fórmula de PRISTLEY y HALDANE (11).

$$E. M. = \text{Vol. aire circulante} - \left( \text{vol. aire circ.} \times \frac{\text{p. ciento CO}_2 \text{ aire exp.}}{\text{p. ciento CO}_2 \text{ aire alv.}} \right) - k$$

(k representa el espacio muerto del aparato que en nuestro caso era igual a 95 cc.)

La muestra del aire alveolar fué obtenida siguiendo en principio el método de PRISTLEY. El aparato del que disponemos en el Laboratorio se compone de un tubo de caucho de 80 cm. de longitud y de 3 cm. de diámetro al que se ha adaptado, en sus extremos, dos pequeños cilindros de bronce del mismo diámetro y de 8 cm. de longitud. Uno de éstos, está provisto muy cerca de su estremidad libre, de un tubito de escape, muy fino, que se pone en comunicación con un aparato para muestras de gas. Cierren el sistema, por un lado, una válvula simple de goma que impide el retroceso del aire que sale por el tubo; y por el otro, una válvula de 3 llaves con su respectiva boquilla, destinada a la respiración del sujeto de experiencia.

La técnica para la obtención de la muestra es sencilla. Nosotros hemos procedido de la siguiente manera: estando el sujeto sentado en posición cómoda se le adapta la boquilla y se le obtura la nariz, permitiéndole respirar aire exterior por medio de la válvula de 3 llaves. Entonces al final de una expiración normal, se le invita para que haga una expiración máxima, al mismo tiempo que se vuelve la llave de la válvula y se le pone en comunicación con el tubo. Al final de la expiración forzada se cierra la llave y se toma la muestra previo "lavado" de las pequeñas conexiones. La operación se repite durante tres veces para estar seguros de que la muestra corresponde a una mezcla de aire alveolar.

El aire expirado en tres minutos era colectado en un saco de DOUGLAS de mas o menos 100 litros de capacidad, con el sujeto en la misma posición e inmediatamente después de haber tomado la muestra de aire alveolar. Un sistema de válvulas interpuestas entre el sujeto de experiencia y el saco permitía que todo el aire expirado se almacenara en éste. Antes de proceder a la determinación se practicaba siempre un "lavado" del saco con aire expirado por el mismo sujeto. El aire colectado era pasado a través de un contómetro de gas para averiguar la cantidad correspondiente en litros. El número de respiraciones en los tres minutos fué contado lo más ajustadamente posible. Una muestra de aire se tomaba directamente del saco. Un pequeño cálculo nos permitía averiguar la cantidad de aire expirado, el número de respiraciones por minuto, el volúmen minuto, y el volúmen de aire circulante.

La aplicación de métodos estadísticos ha merecido especial cuidado en el presente trabajo. El valor científico de todo estudio seriado en el que hay que considerar la variación de diferentes caracteres o propiedades debe fundarse no solo en la exposición aislada de los hechos, sino también en la apreciación cuantitativa de éstas variaciones y la posible relación que puede haber entre unas y otras. Por ésta razón, la media, desviación standard, coeficiente de variación y variaciones extremas fueron obtenidas en cada serie de guarismos correspondientes a las diferentes medidas y determinaciones. Los coeficientes de correlación y de relación así como el valor  $S_{n2} - r^2$  fueron hallados cuando convenía buscar la relación recíproca entre dos caracteres.

## MATERIAL

La capacidad pulmonar total y sus subdivisiones han sido determinadas en 50 sujetos normales de sexo masculino cuya edad variaba de 19 a 28 años con una media de  $24.4 \pm 0.17$  años. Todos fueron estudiantes y 34 de ellos habían nacido y procedían de la costa; 16 eran de la sierra, pero con permanencia de 3 o más años en Lima. Una anamnesis ligera y un previo exámen clínico nos orientaban sobre el estado de salud del sujeto, especialmente de la normalidad de su aparato respiratorio.

Las características físicas de los sujetos examinados se pueden apreciar en la tabla I. Observando las amplias variaciones de la estatura, peso, circunferencia torácica, etc. se puede colegir fácilmente que no hubo selección física previa, representando por lo tanto, nuestras determinaciones, a los diferentes tipos constitucionales que entre nosotros pueden encontrarse, entre los 20 y 30 años de edad.

Para la determinación del "espacio muerto respiratorio" utilizamos 15 individuos, igualmente sin criterio selectivo.

TABLA I  
**CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUJETOS EXAMINADOS**

	MEDIA	Desviación Standard	Cociente de variación.	Variaciones
Edad (años) .....	24.4 ± 0.17*	1.8 ± 0.12	7.4	19 — 28
Peso (kilos) .....	61.9 ± 0.82	8.6 ± 0.58	13.9	47 — 86
Estatura (cm) .....	166.2 ± 0.54	5.7 ± 0.38	3.4	154 — 179
Area de superficie (m <sup>2</sup> ) .....	169.0 ± 1.18	12.4 ± 0.84	7.3	142 — 199
Circunferencia torácica (cm) .....	83.1 ± 0.49	5.2 ± 0.35	6.2	73 — 100
Ind. torácica $\frac{\text{Profundidad} \times 100}{\text{ancho}}$ .....	71.4 ± 0.46	4.9 ± 0.33	6.3	11 — 92.3
Volúmen torácico (litros) .....	7.06 ± 0.12	1.3 ± 0.09	18.3	5.06 — 10.68

\* Error probable.

Las variaciones de la capacidad vital y sus componentes, en relación con los cambios de posición del cuerpo, fué estudiada en otro grupo de 15 sujetos normales.

### ESTUDIOS ANTERIORES

Sólo a partir del año de 1918 se han practicado estudios de la capacidad pulmonar al estado normal, en serie y con métodos que les acreditan su verdadero valor científico. Sin embargo, la diversidad de técnicas empleadas y las diferentes posiciones en que se han hecho las determinaciones, han dado lugar a cierta disconformidad en los valores medios hallados. En los últimos años, la unificación de los procedimientos y el conocimiento de las variaciones de capacidad pulmonar según la posición que adopte el cuerpo, han permitido la comparación en forma más precisa.

En 1918 LUNDSGAARD y VAN SLIKE (8) presentaron 11 observaciones, en que estudiaron la relación de la capacidad pulmonar con las medidas externas del tórax. En 1923 LUNDSGAARD y SCHIERBECK (12), en sus estudios sobre la ventilación pulmonar en el enfisema, presentaron 19 determinaciones en sujetos normales, con el objeto de apreciar comparativamente los trastornos de la ventilación en esta enfermedad. En el mismo año BINGER (13) estudió las alteraciones de la capacidad pulmonar en los cardíacos y comparó sus hallazgos con 7 determinaciones en sujetos normales. ANTHONY (14) en 1930, practicó 9 determinaciones, también en sujetos normales. Por último, en 1932, HURTADO y BOLLER (5) en Rochester, llevaron a cabo un estudio que comprende 50 determinaciones, siendo ésta la serie más larga de la literatura médica.

En las tablas II y III se encuentran expresados sumariamente los valores absolutos y relativos que se han obtenido en estos estudios.

Al mismo tiempo que se han buscado los valores medios normales de la capacidad pulmonar, se ha tratado de hallar una correlación más o menos aceptable entre ésta y ciertas medidas físicas o radiológicas del tórax. LUNDSGAARD y VAN SLIKE, encontraron en su serie una correlación bastante marcada entre la capacidad total, capacidad vital, capacidad media, aire residual, y la circunferencia torácica calculada en condiciones de reposo. Esta correlación fué más tarde con-

firmada por LUNDSGAARD y SCHIERBECK (12) y criticada por BINGER y BROW (15); fundándose estos últimos en el hecho de que la capacidad pulmonar total o sus subdivisiones no pueden guardar relación con las medidas externas del tórax, porque el nivel del diafragma juega un papel importante en el volúmen de aire que contiene la caja torácica.

Se ha hecho clásica la predicción de la capacidad vital por la medida del área de superficie, considerándose desde WEST (16) como cifras normales las de 2.50 litros para el hombre y 2.00 litros para la mujer, por metro cuadrado de superficie corporal. Este criterio se ha fundamentado en el hecho de que siendo función principal del aparato respiratorio el transporte de  $O_2$  a los tejidos, la capacidad vital debe estar en relación con las necesidades de  $O_2$  del organismo y por lo tanto con el área de superficie.

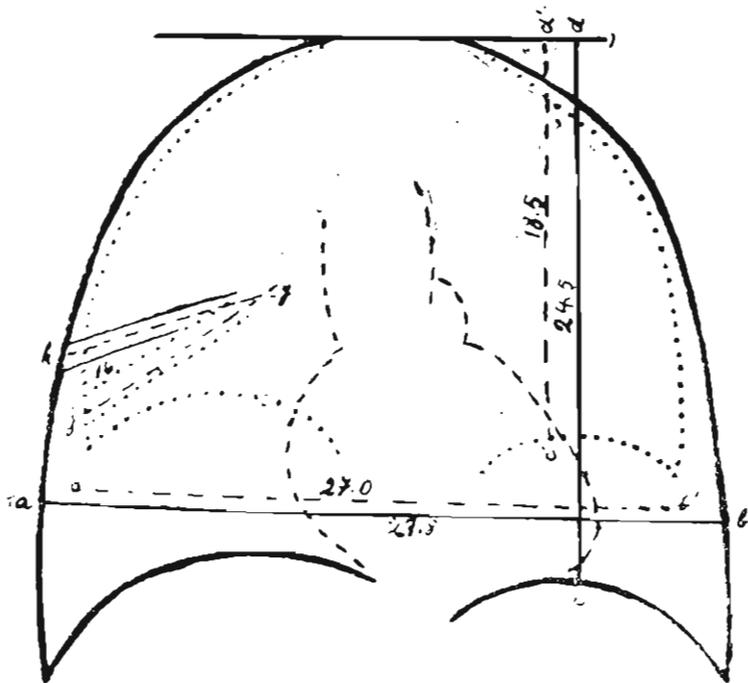


Fig. N° 2

Representación esquemática de una radiografía de doble exposición (máxima inspiración y máxima expiración.)

BINGER y BROW (15) en 1922 mencionaron, sin llegar a probar, que con la medida de los campos pulmonares en radiografías podía ser posible predecir el volúmen de la capa-

cidad pulmonar. En 1932 HURTADO y FRAY (10) hallaron una correlación bastante alta, relacionando la capacidad pulmonar total, la capacidad vital, capacidad media y el aire residual con el volúmen radiológico del tórax. El coeficiente de correlación entre capacidad vital y volúmen radiológico en máxima inspiración, obtenido por estos autores, alcanza a  $\pm 0.7174 \pm 0.0467$ . La alta correlación obtenida entre estos dos factores fué confirmada en 1934 en un estudio practicado en mujeres (19).

### RESULTADOS OBTENIDOS

*Capacidad pulmonar y sus subdivisiones.*—En la tabla IV se encuentran los valores absolutos y relativos de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones, que se han obtenido en el presente estudio.

*Los valores absolutos* se caracterizan por las amplias variaciones que ofrecen alrededor de su valor medio. Para la capacidad total hemos hallado una media de  $6.29 \pm 0.06$  litros, variaciones extremas de 4.97 y 7.85 litros y una desviación standard de 0.61 litros. El coeficiente de variación alcanza a 9.7 por ciento indicando el caracter de su variabilidad.

La capacidad vital expresada en cifras absolutas presenta también variaciones bastante marcadas. Con un valor medio de  $4.81 \pm 0.06$  litros, una desviación standard de 0.60 litros, su coeficiente de variación es de 12.0 por ciento.

La fluctuación de las otras fracciones de la capacidad pulmonar alrededor de sus valores medios son todavía mayores, especialmente del aire de reserva, cuyo coeficiente de variación llega a 24.0 por ciento.

En la figura 3 se han presentado los valores medios absolutos que hemos obtenido en 50 determinaciones.

Un estudio comparativo de los valores absolutos hallados por nosotros y los que se encuentran en la literatura (tablas II, III y IV) ponen de manifiesto la estrecha relación que hay en las cifras correspondientes a las capacidades total y vital en todas las determinaciones. En las otras fracciones de la capacidad pulmonar se pueden apreciar variaciones más o menos pronunciadas si se comparan sus valores en las 3 tablas. La capacidad media en la tabla III está representada por un valor medio de  $2.34 \pm 0.05$  litros, mientras que en la nuestra este valor alcanza a  $3.35 \pm 0.05$  litros. El aire de reserva, comparando siempre las 2 tablas citadas, presenta un

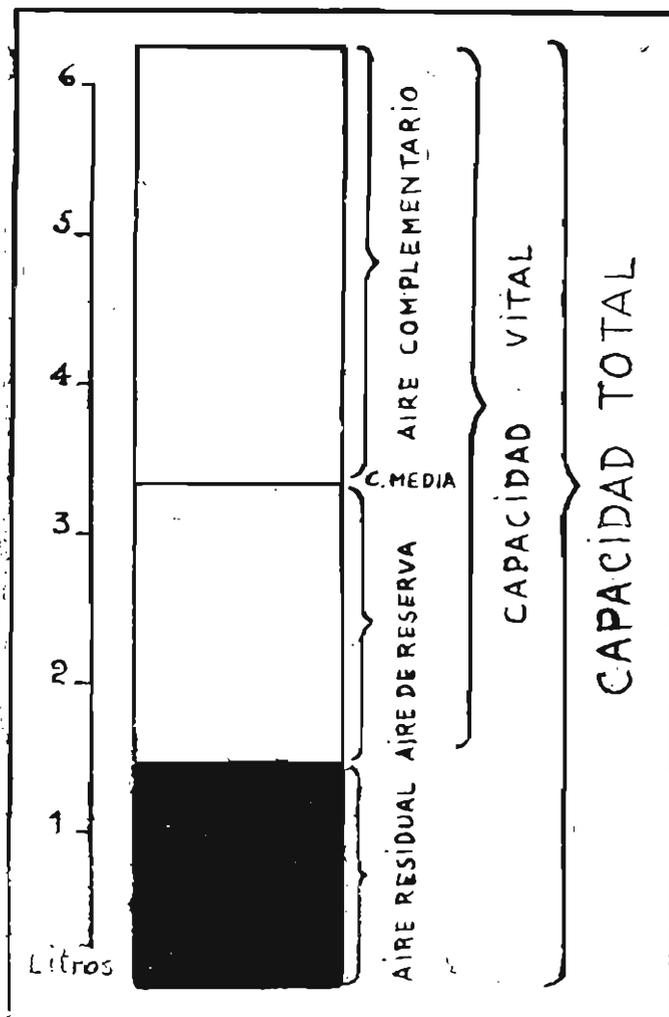


Fig. N° 3

Representación gráfica de los valores medios de la capacidad pulmonar total y sus subdivisiones, que se han obtenido en 50 determinaciones entre nosotros.

valor mucho más alto en nuestra serie, y el aire complementario está representado por un volúmen menor, de 0.85 litros. Estas diferencias pueden explicarse si se tiene en cuenta que los valores de la tabla III se refieren a determinaciones practicadas en decúbito dorsal y los de la nuestra corresponden a mediciones en posición sentada. Ya veremos, más adelante, que el volúmen de las diferentes fracciones de la capacidad pulmonar varía según la posición del cuerpo, justificando así esta aseveración.

**TABLA II**  
**VALORES NORMALES DE LA CAPACIDAD PULMONAR**  
**EN LA LITERATURA\***  
**Valores absolutos**

Capacidad pulmonar	Media	Desviación Standard	Coefficiente de variación	Variaciones
	litros	litros	Por ciento	litros
Capacidad total.....	5.98	1.12	18.7	3.35 — 8.22
Capacidad vital.....	4.46	0.87	19.5	2.31 — 5.95
Aire complementario ..	2.60	0.63	24.2	1.61 — 3.95
Aire de reserva .....	1.98	0.51	25.7	0.70 — 2.92
Capacidad media .....	3.70	0.66	17.8	2.32 — 5.08
Aire residual .....	1.50	0.33	22.0	0.87 — 2.48

**Valores relativos (Capacidad total = 100)**

	Por ciento	Por ciento	Por ciento	Por ciento
Capacidad vital.....	75.1	4.2	5.6	60 — 84
Aire complementario...	40.6	4.9	12.0	26 — 48
Aire de reserva.....	30.0	6.2	20.6	15 — 40
Capacidad media.....	60.7	4.0	6.6	52 — 69
Aire residual.....	25.3	4.3	17.0	16 — 40

**Valores relativos (Capacidad vital = 100)**

	Por ciento	Por ciento	Por ciento	Por ciento
Aire complementario...	56.7	5.9	10.4	44 — 69
Aire de reserva.....	44.0	5.9	13.4	31 — 56
Capacidad media.....	81.2	8.7	10.7	63 — 97
Aire residual .....	34.2	11.0	32.1	19 — 66

\*Valores correspondientes a 46 determinaciones que se encuentran en la literatura hasta el año de 1932, reunidos por Hurtado y Boller (5).

TABLA III  
**VALORES NORMALES DE LA CAPACIDAD PULMONAR  
 EN LA LITERATURA<sup>1</sup>**

**Valores absolutos**

	Media	Desviación Standard	Coefficiente de variación	Variaciones
	litros	litros	%	litros
Capacidad total.....	6.13 $\pm$ 0.08*	0.82 $\pm$ 0.06	13.3	4.42 — 7.86
Capacidad vital.....	4.78 $\pm$ 0.06	0.59 $\pm$ 0.04	12.3	3.40 — 5.85
Aire complementario..	3.79 $\pm$ 0.05	0.52 $\pm$ 0.04	13.7	2.41 — 4.93
Aire de reserva.....	0.98 $\pm$ 0.02	0.26 $\pm$ 0.02	26.5	0.26 — 1.58
Capacidad media .....	2.34 $\pm$ 0.05	0.49 $\pm$ 0.03	20.9	1.09 — 3.38
Aire residual.....	1.36 $\pm$ 0.04	0.38 $\pm$ 0.03	27.9	0.81 — 2.16

**Valores relativos (Capacidad total = 100)**

	%	%	%	%
Capacidad vital.....	78.0 $\pm$ 0.41	4.3 $\pm$ 0.29	5.5	68.4 — 85.5
Aire complementario..	61.9 $\pm$ 0.51	5.3 $\pm$ 0.36	8.5	51.7 — 78.9
Aire de reserva.....	16.2 $\pm$ 0.39	4.1 $\pm$ 0.28	25.3	5.0 — 30.3
Capacidad media.....	37.9 $\pm$ 0.75	7.9 $\pm$ 0.53	20.6	21.0 — 50.3
Aire residual.....	22.0 $\pm$ 0.41	4.3 $\pm$ 0.29	19.5	14.5 — 31.6

**Valores relativos (Capacidad vital = 100)**

	%	%	%	%
Aire Complementario..	79.4 $\pm$ 0.50	5.2 $\pm$ 0.35	6.5	63.1 — 94.1
Aire de reserva.....	20.6 $\pm$ 0.52	5.4 $\pm$ 0.36	26.2	5.9 — 36.9
Capacidad media.....	49.1 $\pm$ 0.85	8.9 $\pm$ 0.60	18.1	25.0 — 70.4
Aire residual .....	28.2 $\pm$ 0.70	7.3 $\pm$ 0.49	25.8	16.9 — 46.0

\* Error probable.

1) Sumarios de 50 determinados practicadas en sujetos normales de sexo masculino, 1932 (5)

riaciones al rededor de sus valores medios, probablemente sin relación con los caracteres físicos y constitucionales de los sujetos examinados. En cambio, la apreciación porcentual de las diferentes subdivisiones con respecto a la capacidad total, varían poco en todos los estudios practicados, demostrando así, que la expresión en *valores relativos* tiene mayor significación en la medida de la capacidad pulmonar.

La capacidad vital, expresada en porcentaje de la capacidad total, presenta una media de  $76.6 \pm 0.37$  por ciento; su desviación standard es de  $3.9 \pm 0.26$  por ciento y su coeficiente de variación llega escazamente a un 5 por ciento. De este modo, la cifra hallada por nosotros se encuentra comprendida entre 75.1 por ciento y 78.0 por ciento que son los valores dados en la literatura, que reproducimos en las tablas II y III.

La capacidad media, tiene en nuestras determinaciones, un valor medio de  $52.4 \pm 0.32$  por ciento. Difiere por lo tanto, ampliamente con el valor que se dá para ésta fracción, en la tabla II. La razón de ésta diferencia estriba en que, en ésta tabla, la capacidad media representa la cantidad de aire contenido en los pulmones en un punto equidistante entre una inspiración y una expiración normales; en otros terminos, representa la suma del aire de reserva y el residual mas la mitad del aire circulante. La diferencia de nuestra media con la de la tabla III puede explicarse por las razones apuntadas al comparar los valores absolutos de esta subdivisión de la capacidad pulmonar total.

Para la relación  $(\text{aire residual, capacidad total}) \times 100$ , hemos obtenido un valor medio de  $23.6 \pm 0.37$  por ciento. Las variaciones extremas han sido de 15.5 y 30.5 por ciento, estando comprendidas el 99.5 por ciento de nuestras determinaciones entre 15 y 30 por ciento. Aunque existen ligeras diferencias entre el valor medio hallado por nosotros y los que se encuentran en la literatura, es interesante poner de manifiesto que todas las investigaciones que se han llevado a cabo hasta el presente, dan como cifras de extrema fluctuación para el aire residual expresado en porcentaje de capacidad total, las de 15 y 30 por ciento, en el sujeto normal y en la edad media de la vida.

En la Figura 4 se han representado gráficamente los valores medios de la capacidad vital, capacidad media y aire residual expresados en porcentaje de la capacidad total, al re-

**TABLA IV**  
**DETERMINACIONES DE LA CAPACIDAD PULMONAR EN 50**  
**SUJETOS NORMALES DE SEXO MASCULINO.**  
**(RESULTADOS OBTENIDOS ENTRE NOSOTROS)**

**Valores absolutos**

	Media		Desviación Standard		Coficiente de variación.	Variaciones
	litros		litros		%	litros
Capacidad total.....	6.29	+ 00.6*	0.61	0.04	9.7	4.97 — 7.58
Capacidad vital ...	4.81	+ 00.6	0.60	0.04	12.5	3.69 — 5.97
Aire complementario	2.94	00.4	0.46	0.03	15.6	2.03 — 3.82
Aire de reserva .....	1.87	00.4	0.45	0.33	24.0	1.30 — 3.34
Capacidad media.....	3.35	00.5	0.51	0.03	14.0	2.29 — 4.57
Aire residual.....	1.48	00.2	0.25	0.02	16.8	0.92 — 1.98

**Valores relativos (Capacidad total = 100)**

	%		%		%	%
Capacidad vital.....	76.6	0.37	3.9	0.26	5.0	68.5 — 84.5
Aire complementario..	47.8	0.45	4.8	0.32	10.0	39.3 — 59.9
Aire de reserva.....	28.9	0.45	4.8	0.32	16.6	20.6 — 43.3
Capacidad media.....	52.4	0.32	4.9	0.23	9.3	40.1 — 60.7
Aire residual.....	23.4	0.37	3.9	0.87	16.5	15.5 — 31.5

**Valores relativos (Capacidad vital = 100)**

	%		%		%	%
Aire complementario..	61.3	0.68	7.2	0.48	11.7	41.8 — 72.3
Aire de reserva .....	38.4	0.68	7.2	0.48	18.7	27.7 — 58.2
Capacidad media.....	69.6	0.84	8.8	0.59	12.6	48.5 — 88.8
Aire residual.....	31.1	0.61	6.4	0.43	20.5	19.4 — 45.9

\* Error probable

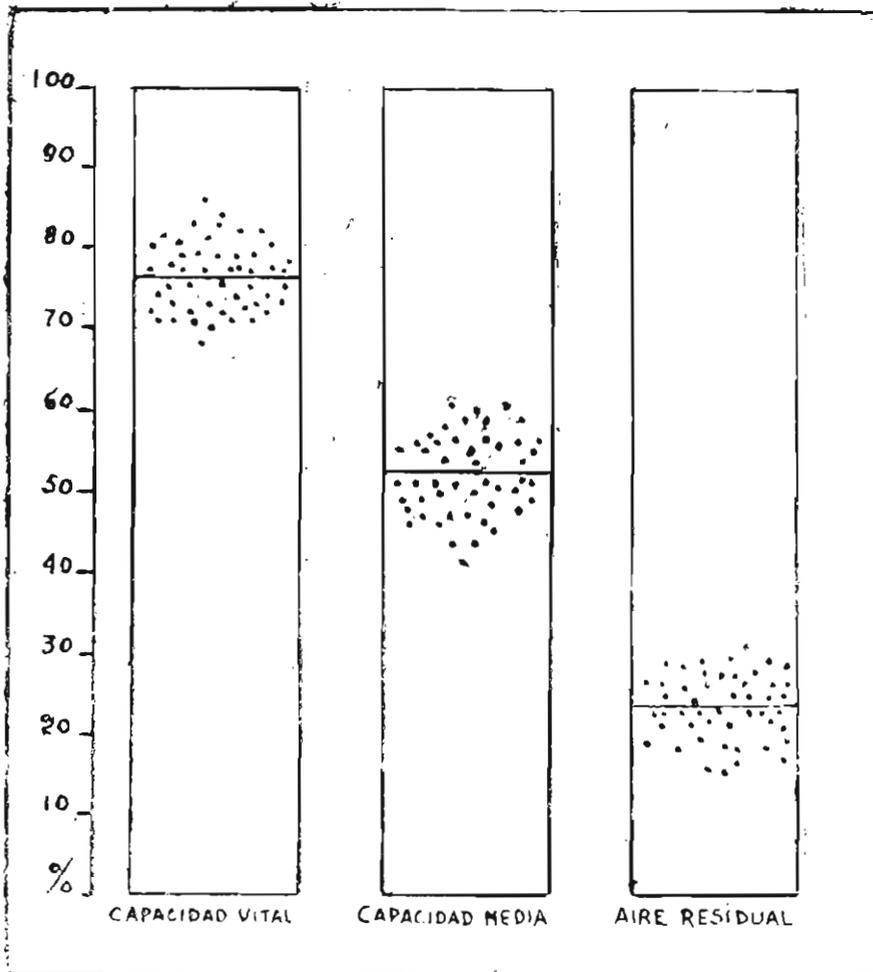


Fig. N° 4

Capacidad vital, capacidad media y aire residual expresados en porcentaje de la capacidad total.

(Los puntos indican las 50 observaciones individuales agrupadas alrededor de su valor medio).

dedor de los cuales se encuentran los valores individuales que hemos obtenido en las 50 determinaciones que comprende nuestro estudio.

*Correlación\* entre la capacidad pulmonar y las medidas físicas y radiológicas.*—En la tabla V se hallan representados los coeficientes de correlación y relación, y el valor  $S_n^2 - r^2$  que se han obtenido entre las diferentes fracciones de la capacidad pulmonar y varias medidas físicas y radiológicas del tórax.

Los coeficientes más altos corresponden, en nuestra serie, a los de correlación entre capacidad total y volumen radiológico del tórax en máxima inspiración, y capacidad vital y volumen radiológico, también en inspiración forzada. Para el primero hemos obtenido un valor  $+ 0.5194 \pm 0.0696$  y para el segundo, de  $+ 0.4951 \pm 0.0719$ . Nuestras observaciones están, pues, de acuerdo con investigaciones precedentes (5) en las que se ha demostrado que la predicción de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones por medio del volumen radiológico del tórax, es hasta el momento la más precisa de todas las que se han propuesto. Nosotros hemos observado, asimismo, que la correlación entre capacidad vital y área de superficie está representada por cifras muy bajas, como se puede observar en la tabla V, y, como también en este punto estamos de acuerdo con anteriores estudios, (5) (19) creemos que debe preferirse al área de superficie la medición del volumen radiológico como medio de predecir la capacidad vital en la clínica.

Conocidos los coeficientes de correlación, hemos derivado del más alto (capacidad total y volumen radiológico), la respectiva fórmula de regresión que nos permita en un caso determinado predecir el volumen de la capacidad pulmonar, con cierto grado de precisión, por la simple medición del volumen radiológico. Esta fórmula ha resultado ser la siguiente :

---

\*) El coeficiente de correlación representa la relación recíproca entre dos caracteres o propiedades. Su valor ideal es la unidad, de modo que cuanto más nos acercamos a ella, tiene mayor significación. El coeficiente de correlación sólo tiene valor estadístico cuando excede a su error probable multiplicado por 3 y gráficamente se representa por una línea recta. En muchos casos, sin embargo, los caracteres que se comparan, no siguen una línea recta, porque uno de ellos crece o decrece en mayor proporción que el otro, dando lugar a una línea curva, tal como sucede con la línea de disociación de la hemoglobina. En este caso el coeficiente se llama de «relación» y sólo tiene valor estadístico cuando la diferencia de los cuadrados de ambos coeficientes es mayor que el error probable de esta diferencia multiplicado por 3.

Capacidad total (lit.) = [vol. radiológico del tórax (lit.)]  $\times$  0.21 + 3.63.

El resultado de esta ecuación expresa el volumen de la capacidad total en litros. Ahora bien, para conocer el volumen que corresponde a las diferentes fracciones, bastará deducir de la cifra hallada el 76.6 por ciento para la capacidad vital, el 22.4 por ciento para el aire residual, etc., que son los valores medios expresados en porcentaje que hemos encontrado entre nosotros. Con la fórmula de regresión hemos construido la línea de correlación ideal que se representa en la figura 5, alrededor de la cual se han colocado los valores correspondientes a nuestras 50 determinaciones. En la figura 6 se representa la línea de correlación ideal entre capacidad vital y volumen radiológico, construido a partir de la fórmula de regresión derivada de la correlación entre estos dos factores.

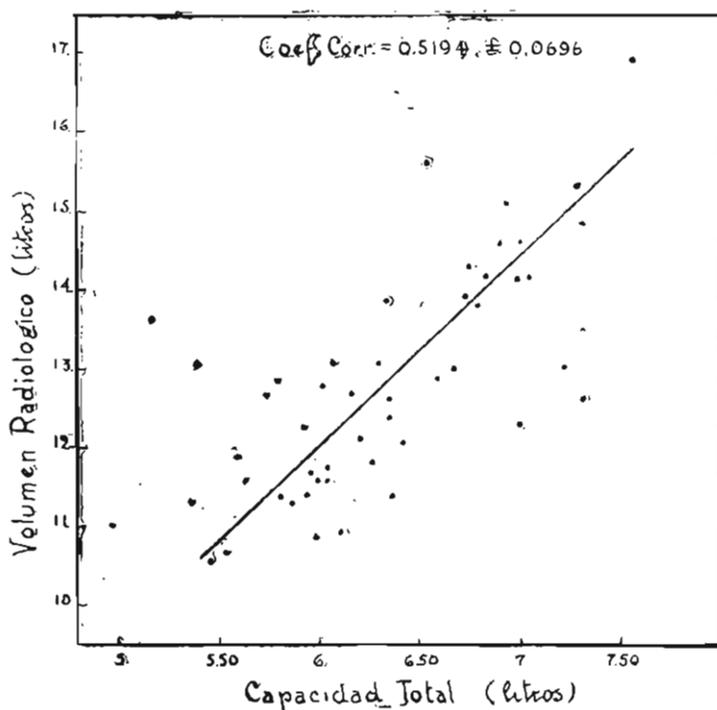


Fig. N° 5

Correlación entre capacidad total y volumen radiológico del tórax. (La línea representa la correlación ideal derivada de la ecuación de regresión. Los puntos representan las observaciones individuales).

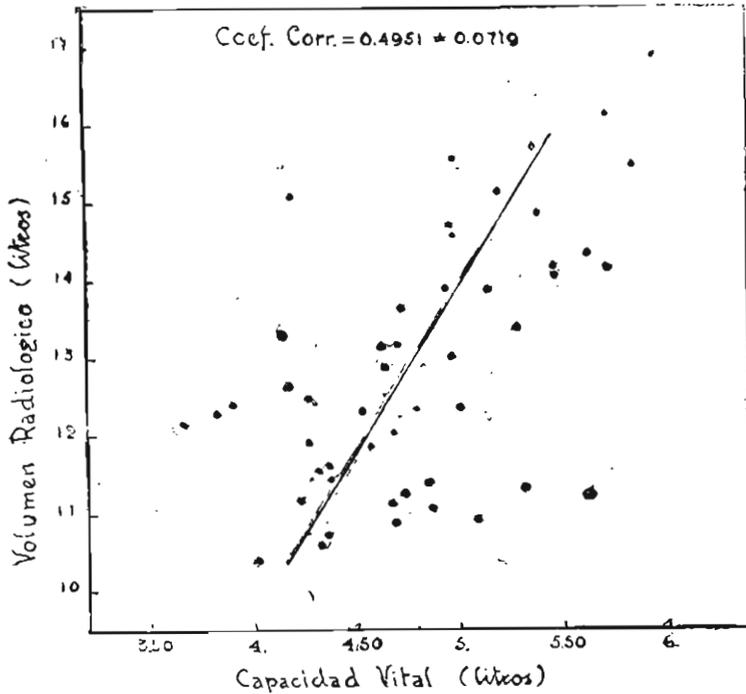


Fig. N° 6

Correlación entre capacidad vital y volumen radiológico del tórax. (La línea representa la correlación ideal derivada de la ecuación de regresión. Los puntos corresponden a las 50 observaciones individuales).

*Variaciones de la capacidad vital según la posición del cuerpo.*—La influencia de los cambios de posición del cuerpo sobre el volumen de la capacidad vital se ha demostrado desde hace varios años. CHRISTIE y BEAMS (17) hallaron que la capacidad vital disminuía en 5.4 por ciento al pasar de la posición sentada a la de decúbito dorsal. WILSON (18) trató de demostrar que esta disminución se debía al menor volumen del aire de reserva cuando se determinaba la capacidad vital en la posición de decúbito dorsal. ANTHONY (20) confirmó esta tesis, pero señaló, al mismo tiempo, que el aire complementario aumentaba en esta posición. HAMILTON y MORGAN (22) en 1931, al hacer un estudio detenido sobre las variaciones de los diámetros del tórax y la capacidad pulmonar, al cambiar la posición del cuerpo, observaron que la capacidad vital disminuía en la posición horizontal, a pesar de que los diáme-

TABLA V

COEFICIENTE DE CORRELACION Y RELACION ENTRE CAPACIDAD PULMONAR Y DIFERENTES MEDIDAS FISICAS Y RADIOLOGICAS EN 50 SUJETOS NORMALES

	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de relación	Sn <sup>2</sup> — r <sup>2</sup>
Capacidad pulmonar total y peso del cuerpo.....	+ 0.3809 ± 0.0815*	+ 0.5361	0.1423 ± 0.0625
Capacidad pulmonar total y estatura.....	+ 0.2710 ± 0.0848	+ 0.5304	0.2979 ± 0.0702
Capacidad pulmonar total y área de superficie.....	+ 0.3609 ± 0.0829	+ 0.4793	0.0995 ± 0.0501
Capacidad pulmonar y circunferencia torácica (máxima ins- piración).....	+ 0.4407 ± 0.0768	+ 0.6451	0.1719 ± 0.0621
Capacidad pulmonar total y volúmen externo del tórax (má- xima inspiración).....	+ 0.4489 ± 0.0762	+ 0.5086	0.0572 ± 0.0218
Capacidad pulmonar total y área de los campos pulmonares (máxima inspiración).....	+ 0.3941 ± 0.0806	+ 0.6107	0.1277 ± 0.0442
Capacidad pulmonar total y volúmen radiológico del tórax (máxima inspiración).....	+ 0.5194 ± 0.0696	+ 0.6532	0.1875 ± 0.0682
Capacidad vital y peso del cuerpo.....	+ 0.3344 ± 0.0847	+ 0.4934	0.1316 ± 0.0564
Capacidad vital y estatura.....	+ 0.3217 ± 0.0855	+ 0.4995	0.1460 ± 0.0556
Capacidad vital y área de superficie.....	+ 0.4013 ± 0.0800	+ 0.4706	0.0602 ± 0.0362
Capacidad vital y circunferencia torácica (máxima inspira- ción).....	+ 0.4706 ± 0.0744	+ 0.6040	0.1431 ± 0.0640
Capacidad vital y volúmen externo del tórax (máxima inspi- ración).....	+ 0.4293 ± 0.0778	+ 0.5194	0.0855 ± 0.0360
Capacidad vital y área de los campos pulmonares (máxima inspiración).....	+ 0.4180 ± 0.0787	+ 0.5608	0.1398 ± 0.0626
Capacidad vital y volúmen radiológico del tórax (máxima inspiración).....	+ 0.4951 ± 0.0719	+ 0.6443	0.1700 ± 0.0649
Capacidad media y circunferencia torácica (posición media)	+ 0.1806 ± 0.0940	+ 0.5561	0.2223 ± 0.0825
Capacidad media y volúmen externo del tórax (posición me- dia).....	+ 0.1907 ± 0.0919	+ 0.4658	0.2069 ± 0.0751
Aire residual y circunferencia del tórax (máxima expiración)	+ 0.1614 ± 0.0949	+ 0.4932	0.2055 ± 0.0675
Aire residual y volúmen externo del tórax (máxima expira- ción).....	+ 0.2411 ± 0.0898	+ 0.5439	0.2367 ± 0.1259
Aire residual y área de los campos pulmonares (máxima expiración).....	+ 0.2794 ± 0.0879	+ 0.5268	0.1994 ± 0.0697
Aire residual y volúmen radiológico del tórax (máxima expi- ración).....	+ 0.3632 ± 0.0828	+ 0.4917	0.1099 ± 0.0573

\* Error probable.

metros del tórax parecían mayores; concluyeron, entonces que la disminución de la capacidad pulmonar se debía a un estasis sanguíneo en el circuito pulmonar que se producía en esta posición. Sin embargo, BRISCOE (23) en 1919, ya había llamado la atención sobre la disminución de la cavidad del tórax en decúbito dorsal, por la situación alta que adopta el diafragma en esta posición; confirmando LIVINGSTONE (24) en 1928 estas aseveraciones. HURTADO y FRAY (10) en 1932, en un estudio practicado con este objeto han llegado a la conclusión de que al pasar de la posición sentada a la de decúbito dorsal hay una disminución de la capacidad vital de 6.6 por ciento; que esta disminución se hace exclusivamente a expensas del aire de reserva puesto que el aire complementario aumenta en 11.1 por ciento. De las mediciones físicas y radiológicas practicadas, concluyen estos autores, que las variaciones mencionadas se deben a la disminución de la cavidad tóraxica por elevación del diafragma principalmente, aunque también se encuentra una disminución proporcional de los diámetros externos.

Nosotros hemos practicado 15 determinaciones de la capacidad vital en las dos posiciones indicadas; la medición en una y otra posición se hizo solo con algunos minutos de intervalo, en cada sujeto de experiencia. Los resultados obtenidos se han representado en la tabla VI, en la que se puede apreciar que en decúbito dorsal la capacidad vital presenta un volumen menor de 0.54 litros, el aire complementario aumenta en 0.39 litros y el aire de reserva disminuye en 0.85 litros, dando un promedio de disminución, esta última fracción, de 44.3 por ciento, con respecto a su volumen determinado en la posición sentada.

En la figura 7 se ha reproducido el espirograma correspondiente a una de nuestras determinaciones, en el que se puede apreciar, a simple vista el carácter de estas variaciones.

*Determinación del "espacio muerto respiratorio".*—Este espacio ha sido determinado en 15 sujetos normales. La media obtenida ha sido de  $181 \pm 0.09$  cc., correspondiéndole un volumen de aire circulante de  $0.66 \pm 0.03$  litros. La media de la ventilación por minuto ha sido de  $9.95 \pm 0.48$  litros con un promedio de  $16.0 \pm 0.79$  respiraciones por minuto. En la tabla VII se encuentran estos valores individualmente expresados.

TABLA VI  
**VARIACIONES EN EL VOLUMEN DE LA CAPACIDAD VITAL  
 EN RELACION CON LA POSICION DEL CUERPO**

Sujetos Examinados	SENTADOS			DECUBITO DORSAL		
	Capacidad Vital (litros)	Aire Complemen. (litros)	Aire de reserva (litros)	Capacidad Vital (litros)	Aire com- plementario (litros)	Aire de reserva (litros)
A. V.	5.31	3.01	2.30	4.92	3.35	1.57
P. S.	5.27	2.77	2.50	4.75	2.91	1.84
S. M.	5.43	2.60	2.83	5.24	3.18	2.06
J. C.	5.58	2.08	3.50	4.99	2.69	2.30
R. P.	4.64	2.69	1.95	4.17	2.94	1.23
J. P.	4.80	2.98	1.82	4.70	3.18	1.52
V. J.	6.11	3.48	2.43	5.92	3.97	2.05
T. E.	5.96	2.91	3.01	5.50	3.58	1.92
E. R.	6.31	3.09	3.22	6.01	3.31	2.70
J. D.	5.75	2.91	2.84	5.02	3.62	1.40
O. T.	5.25	3.10	2.15	4.89	3.52	1.37
J. L.	5.92	2.91	3.01	5.17	3.52	1.65
C. Z.	4.45	2.70	1.75	3.92	3.08	0.84
M. O.	4.51	2.91	1.61	3.89	3.23	0.66
J. C.	6.78	3.43	2.25	6.00	3.81	2.13
<b>Media</b> .....	5.57+0.11*	2.91+0.06	2.51+0.09	5.03+0.11	3.30+0.06	1.66+0.06
<b>Desv. Stan- dard</b> .....	0.67+0.08	0.35+0.04	0.55+0.07	0.65+0.07	0.34+0.04	0.35+0.04
<b>Coefficiente de Variación</b> ..	12.2%	12.0%	21.9%	12.9%	10.3%	21.0%
<b>Variaciones</b> ..	4.45—6.31	2.08—3.48	1.61—3.50	3.89—6.01	2.69—3.97	0.66—2.70

\* Error probable.

sados, al final de los que se ha hecho la apreciación estadística correspondiente.

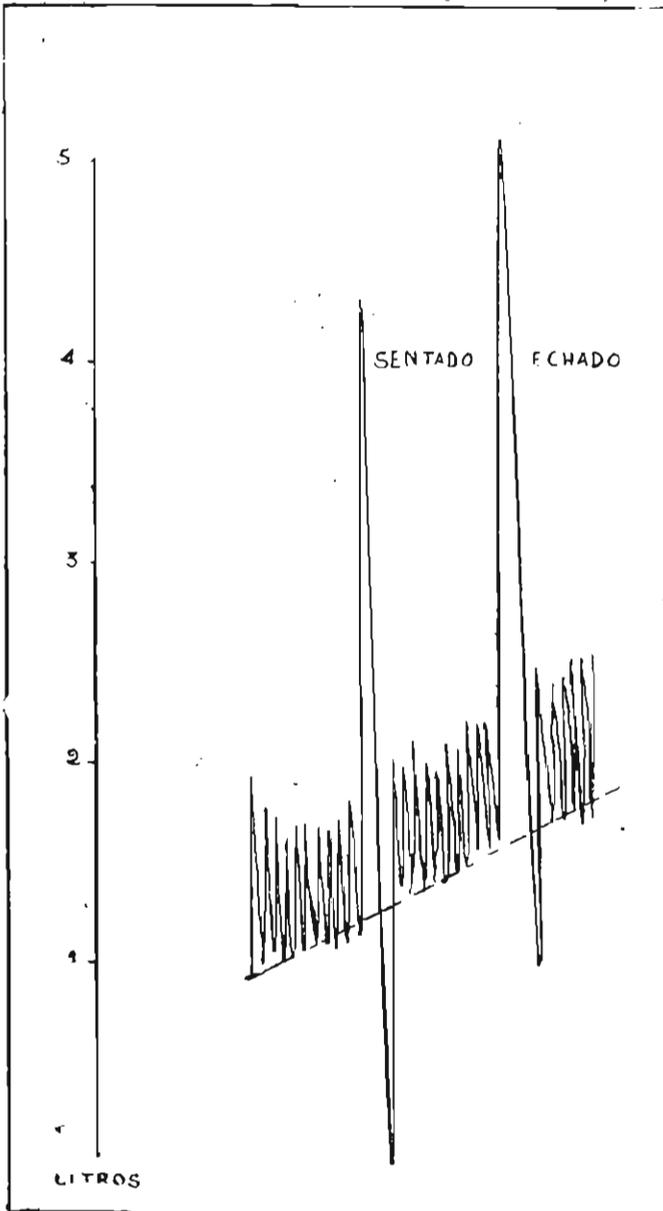


Fig. N° 7

Reproducción de un espirograma de la capacidad vital en las posiciones sentada y decubito dorsal.

**TABLA VII**  
**DETERMINACION DEL "ESPACIO MUERTO RESPIRATORIO"**  
**EN 15 SUJETOS NORMALES DE SEXO MASCULINO**

Sujetos Examinados	Ventilación por minuto	Volumen de A. Circulante	Respiraciones por minuto	Espacio muerto (c. c.)
	(litros)	(litros)		
V. J.	8.93	0.56	16	164
R. P.	7.70	0.48	16	116
J. C.	10.77	0.83	12	259
P. S.	10.46	0.95	11	309
L. P.	6.47	0.52	13	155
E. V.	12.74	0.54	24	207
J. L.	7.11	0.55	13	144
G. C.	10.14	0.84	12	212
J. D.	12.85	0.68	19	182
T. E.	6.06	0.40	15	95
E. R.	7.02	0.78	11	152
M. Z.	17.21	0.68	25	202
S. M.	8.01	0.52	15	154
O. T.	13.32	0.66	20	174
M. O.	9.56	0.79	12	195
Media .....	9.95 $\pm$ 0.48*	0.66 $\pm$ 0.03	16.0 $\pm$ 0.79	181.0 $\pm$ 0.09
Desviación Stan- dard. ....	2.80 $\pm$ 0.34	0.16 $\pm$ 0.02	4.4 $\pm$ 0.54	0.53 $\pm$ 0.07
Coefficiente de variación .....	28.1%	24.2%	27.5%	28.1%
Variaciones .....	6.06 — 18.21	0.40 — 0.96	11 — 24	95 — 309

Coeficiente de correlación entre volumen de A. circulante y espacio  
muerto =  $\pm$  0.8624  $\pm$  0.0239

\* Error probable.

Siguiendo la opinión de la mayoría de los autores en el sentido de que el volumen del "espacio muerto" varía en relación con el volumen del aire circulante, hemos buscado el coeficiente de correlación entre estos dos factores hallando que, le corresponde la cifra de  $+ 0.8624 \pm 0.0239$ . De este modo nuestras observaciones están de acuerdo con lo demostrado en estudios detenidos por HALDANE (26), WITHNEY (27) DOUGLAS y HALDANE (28), SIEBECK (29) y HURTADO, FRAY, KALTREIDER, etc. (19). quienes han sostenido el concepto funcional del "espacio muerto respiratorio" y por ende su carácter de variabilidad; probando al mismo tiempo, que la variación de su volumen guarda una correlación estrecha con la magnitud del aire circulante. La tesis opuesta que considera para el "espacio muerto" un volumen fijo e invariable, sostenida principalmente por KROGH (20), PEARCE y HOOVER (25), etc., ha sido mirada cada vez con mayor reserva incluso por sus mismos autores (21).

La fórmula de regresión derivada del coeficiente de correlación está representada de la siguiente manera :

$$\text{Espacio muerto (cc)} = [349.5 \times \text{vol. de aire circulante (lit.)}] - 48.0$$

A partir de esta fórmula se ha construido la línea de correlación ideal que se representa en la Figura 8, al rededor de la cual se ha anotado el valor de las 15 observaciones personales.

*Medidas de expansión torácica:*—En la tabla VIII se han expresado sumariamente los valores obtenidos por nosotros para expansión de las medidas externas y radiológicas del tórax.

En las medidas de expansión externa se puede apreciar, amplias variaciones. La media de la circunferencia torácica es de  $7.2 \pm 0.15$  centímetros y su coeficiente de variación 22.2 por ciento. Las expansiones lateral y antero-posterior presentan valores medios de  $3.4 \pm 0.08$  y  $3.5 \pm 0.07$  respectivamente con coeficientes de variación de 23.8 y 20.8 por ciento que pone de manifiesto el enorme campo de variación de estas medidas, al rededor de sus valores medios.

Las medidas de expansión radiológica ofrecen mayor interés al análisis, siendo sensiblemente mayor en el izquierdo. La relación (área a máxima inspiración | área a máxima expiración) X 100, dá una media de  $65.4 \pm 0.36$  por ciento; su coeficiente de variación llega escasamente a 6.3 por ciento,

TABLA VIII

**MEDIDAS DE EXPANSION TORACICA.**

	Medidas externas			
	Media	Desviación Standard	Coficiente de variación	Variaciones
Expansión circunferencia (cm) .....	7.2 ± 0.15	1.6 ± 0.11	22.2	4.5 — 11.0
Expansión lateral (cm) .....	3.4 ± 0.08	0.8 ± 0.05	23.8	1.8 — 5.9
Expansión antero posterior (cm) .....	3.5 ± 0.07	0.7 ± 0.05	20.8	2.0 — 5.4
<b>Medidas radiológicas</b>				
Excursión diafragma. - derecho .....	5.5 ± 0.10	1.1 ± 0.07	20.0	1.5 — 9.2
Excursión diafragma. — izquierdo .....	5.8 ± 0.13	1.4 ± 0.09	24.1	1.5 — 7.8
Movimiento de las costillas (*) .....	16.3 ± 0.85	4.9 ± 0.60	30.0	8.0 — 25.1
Area a máxima expiración × 100	65.4 ± 0.36	4.1 ± 0.26	6.3	48.5 — 81.1

\*Error probable.

haciendo posible la utilización de esta relación, como ya se ha propuesto en estudios anteriores (10), en la medida de la movilidad del tórax y del diafragma. Se admite que cuando la relación indicada es mayor de 72.0 por ciento, se puede sospechar en un trastorno de la movilidad torácica.

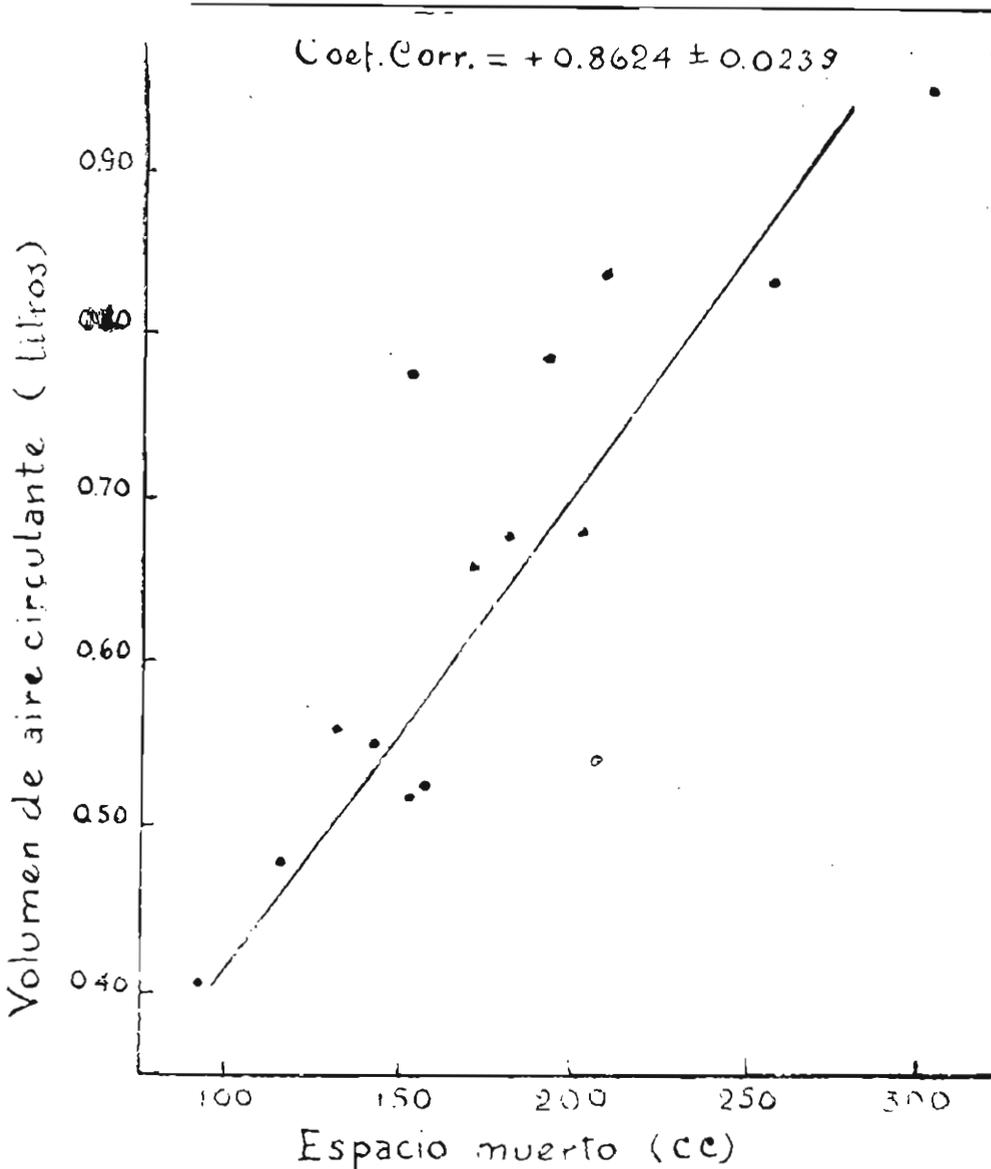


Fig. N° 8

Correlación entre "espacio muerto respiratorio" y volumen de aire circulante. (La línea representa la correlación ideal derivada de la ecuación de regresión. Los puntos corresponden a 15 observaciones individuales).

*Variaciones de la capacidad pulmonar y de las medidas físicas según la procedencia de los sujetos examinados.*—Como el total de nuestras determinaciones correspondía a sujetos procedentes de la costa y de la altura, consideramos conveniente estudiar separadamente cada grupo y comparar los resultados en uno y otro. La prolongada permanencia de los serranos en la costa nos había hecho suponer que de existir cambios fisiológicos en el aparato respiratorio de estos sujetos, con la adaptación a nivel del mar, el tiempo transcurrido (más de 3 años) podía considerarse como suficiente para que dichos cambios se hubieran verificado.

Los resultados que se han obtenido, al hacer la comparación, se han anotado en las tablas IX y X y la Figura 9. La observación de estas tablas permite apreciar algunas variaciones tanto en las medidas de expansión del tórax como en las de la capacidad pulmonar y sus fracciones, notándose, en conjunto, un aumento a favor de los sujetos procedentes de la altura.

La comparación de las medidas de expansión torácica del grupo de serranos de nuestra serie y las que se han obtenido en la altura (3), en sujetos nativos que no han descendido a la costa, revela en estos últimos, una mayor expansión, haciendo sospechar que alguna modificación ocurre en la función mecánica de la respiración, cuando ellos permanecen cierto tiempo a nivel del mar. No ha sido posible establecer una comparación de la capacidad pulmonar y sus diferentes subdivisiones, de nuestro grupo y los nativos que no han descendido, porque no se han hecho estudios en la altura (salvo de la capacidad vital), hasta el momento, que permitan tal comparación, pero se puede suponer que existan algunas variaciones en relación con las de expansión torácica.

De todos modos, así como el número de los sujetos costños le otorga cierto grado de significación a su apreciación estadística, el reducido grupo de los andinos no autoriza a sentar conclusiones definitivas, pero sí sugiere una investigación más amplia en este sentido, que ya ha sido emprendida por el Laboratorio de investigaciones.

TABLA IX

VARIACIONES DE LA EXPANSION TORAXICA SEGUN LA PROCEDENCIA DE LOS SUJETOS EXAMINADOS

	MEDIDAS EXTERNAS				VARIACIONES			
	MEDIA		Desviación Standard		Coeficiente de variación		Serranos	Costeños
	Serranos	Costeños	Serranos	Costeños	Serranos	Costeños	Serranos	Costeños
Expansión Circunferencia (cm.).....	8.0 ± 0.39*	6.2 ± 0.22	1.9 ± 0.23	1.9 ± 0.15	42.1	30.6	4.5 — 12.0	3.4 — 10.0
Expansión lateral (cm.).....	3.3 ± 0.09	3.2 ± 0.12	0.6 ± 0.05	0.0 ± 0.08	16.9	32.5	2.0 — 5.0	1.5 — 6.0
Expansión antero posterior (cm) ....	3.9 ± 0.17	3.6 ± 0.76	1.0 ± 0.12	0.7 ± 0.53	28.1	14.3	2.0 — 6.5	2.5 — 5.0

MEDIDAS RADIOLOGICAS

Excursión diafragma.—derecho.....	6.6 ± 0.15	5.2 ± 0.16	0.9 ± 0.11	1.4 ± 0.11	13.8	26.9	4.5 — 8.0	1.5 — 8.2
Excursión diafragma.—izquierdo. ....	6.5 ± 0.17	5.6 ± 0.17	1.0 ± 1.12	1.4 ± 0.11	15.4	23.6	4.5 — 1.8	1.5 — 7.8
Movimiento de las costillas (°).....	16.2 ± 0.67	14.1 ± 0.44	4.0 ± 0.48	3.8 ± 0.31	24.7	26.9	9.0 — 22.0	8.0 — 26.0
Área máxima de expiración X 100	62.2 ± 0.93	68.3 ± 0.63	5.5 ± 0.65	5.5 ± 0.45	8.8	8.0	48.5 — 72.9	55.7 — 81.1

\* Error probable.

TABLA X

VARIACIONES DE LA CAPACIDAD PULMONAR Y SUS SUBDIVISIONES SEGUN LA PROCEDENCIA DE LOS SUJETOS EXAMINADOS

Valores absolutos

	MEDIA		Desviación Standard				Coeficiente de variación		Variaciones	
	Serranos litros	Costeños litros	Serranos litros	Costeños litros	Serranos %	Costeños %	Serranos litros	Costeños litros		
Capacidad total.....	6.53 ± 0.09	6.18 ± 0.07	0.56 ± 0.07	0.63 ± 0.05	8.6	10.2	5.56 — 7.58	4.97 — 7.32		
Capacidad vital.....	5.07 ± 0.11	4.74 ± 0.05	0.69 ± 0.08	0.44 ± 0.03	13.6	9.2	3.87 — 5.97	3.96 — 5.62		
Aire complementario	3.06 ± 0.08	2.98 ± 0.07	0.49 ± 0.06	0.43 ± 0.05	15.8	14.4	2.18 — 3.82	2.03 — 3.73		
Aire de reserva.....	2.01 ± 0.10	1.76 ± 0.04	0.63 ± 0.07	0.33 ± 0.03	30.0	18.7	1.30 — 3.34	1.32 — 2.60		
Capacidad media.....	3.47 ± 0.10	3.23 ± 0.03	0.59 ± 0.07	0.47 ± 0.02	17.0	14.5	2.28 — 4.57	2.36 — 4.06		
Aire residual.....	1.46 ± 0.04	1.47 ± 0.04	0.26 ± 0.03	0.25 ± 0.03	17.8	17.0	2.98 — 1.88	0.92 — 1.98		

Valores relativos (Capacidad total = 100)

Capacidad vital.....	77.5 ± 0.80	76.1 ± 0.38	4.8 ± 0.57	3.4 ± 0.27	6.2	4.3	68.5 — 84.5	70.0 — 84.2
Aire complementario	46.7 ± 0.79	48.1 ± 0.50	4.7 ± 0.56	4.4 ± 0.36	10.0	9.0	39.3 — 58.9	40.9 — 56.1
Aire de reserva.....	30.8 ± 1.02	28.0 ± 0.40	6.2 ± 0.71	3.5 ± 0.28	20.3	12.5	20.0 — 40.4	21.3 — 35.9
Capacidad media.....	53.7 ± 0.92	51.9 ± 0.49	5.5 ± 0.65	4.3 ± 0.35	10.2	8.2	40.1 — 60.7	43.9 — 60.0
Aire residual.....	22.5 ± 0.80	24.0 ± 0.38	4.8 ± 0.57	3.3 ± 0.27	21.2	13.7	15.5 — 31.5	15.8 — 30.0

Valores relativos (Capacidad vital = 100)

Aire complementario	59.7 ± 1.23	62.6 ± 0.92	7.3 ± 0.86	8.0 ± 0.65	12.2	14.3	41.8 — 72.3	43.9 — 71.5
Aire de reserva.....	43.2 ± 0.96	37.3 ± 0.74	8.3 ± 0.67	6.4 ± 0.52	19.2	17.1	27.7 — 58.2	28.5 — 56.1
Capacidad media.....	71.0 ± 1.77	68.5 ± 0.89	10.6 ± 1.20	7.7 ± 0.63	14.9	11.2	48.5 — 88.8	55.4 — 87.6
Aire residual.....	29.8 ± 1.30	31.7 ± 0.65	7.7 ± 0.91	5.7 ± 0.46	25.8	17.9	18.4 — 45.9	19.0 — 42.2

• Error probable.

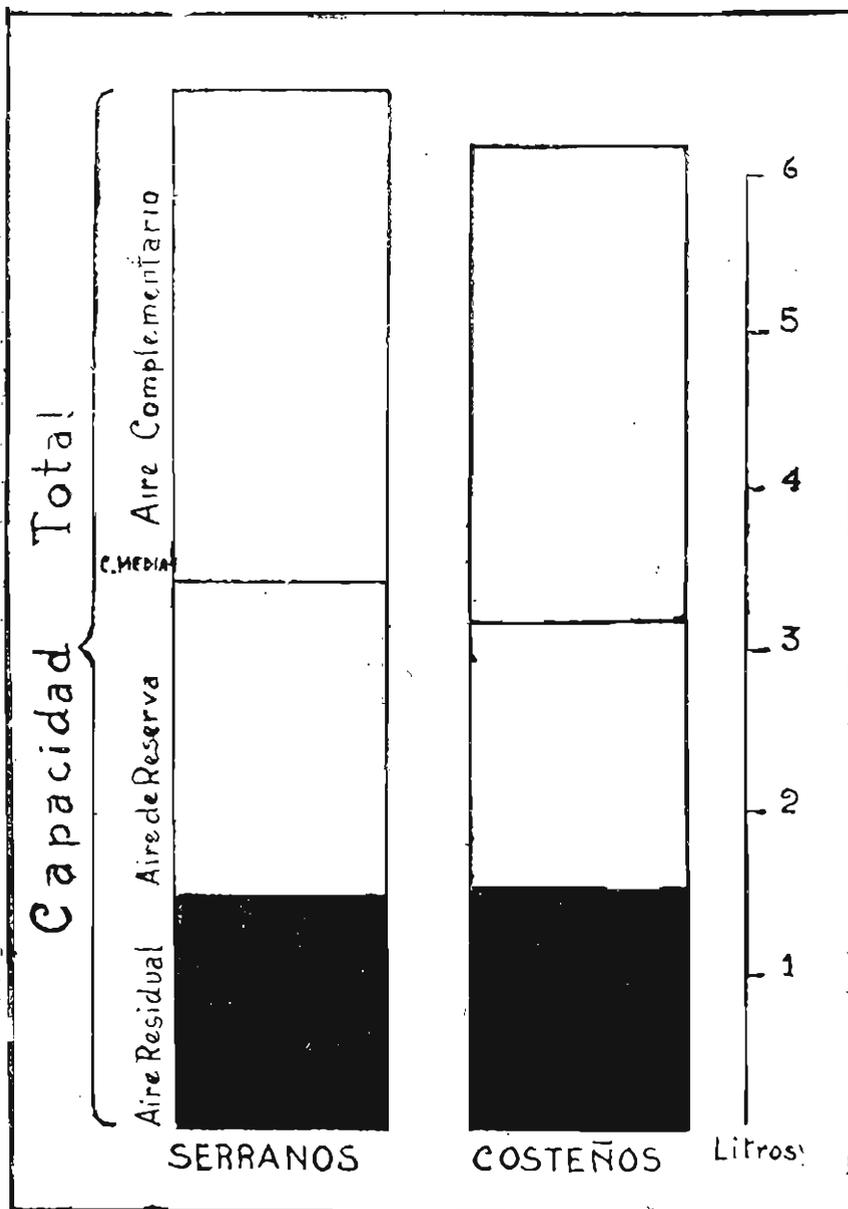


Fig. N° 9

Variaciones de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones (valores absolutos) según la procedencia de los sujetos examinados.

## SUMARIO Y CONCLUSIONES

Se han practicado 50 determinaciones de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones en sujetos jóvenes de sexo masculino. El método usado ha sido el de dilución O<sub>2</sub> en respiración normal, de CHRISTIE. La edad, el peso, la estatura, área de superficie y las características físicas y radiológicas del tórax han sido presentadas aisladamente y en correlación con la capacidad pulmonar y sus subdivisiones, siguiendo procedimientos y técnicas que se describen. Se han verificado 15 determinaciones del "espacio muerto respiratorio" y 15 mediciones de la capacidad vital en las posiciones sentada y de decúbito dorsal. Los resultados obtenidos han sido comparados con los que se encuentran en la literatura médica, revisándose, en cada serie de medidas, la significación de las diferencias halladas. Se ha discutido brevemente las diferencias que se han encontrado entre sujetos procedentes de la altura y los residentes a nivel del mar, proponiéndose un estudio completo en este sentido que permita apreciar, en forma precisa, el valor de estas diferencias.

El conjunto de nuestras observaciones nos sugieren las conclusiones siguientes :

- 1—Los valores absolutos de la capacidad pulmonar y sus subdivisiones, se caracterizan por sus amplias variaciones alrededor de la media obtenida para cada una de ellas.
- 2—Las diferentes fracciones de la capacidad pulmonar expresadas en porcentaje de la capacidad total, fluctúan muy poco alrededor de sus valores medios; siendo, por lo tanto, ésta, la forma más precisa de referirse a las medidas de la capacidad pulmonar.
- 3—Los valores normales, absolutos y relativos de la capacidad pulmonar en sujetos de nuestra costa, o en aquellos procedentes de la altura, con más de 3 años de permanencia a nivel de mar, no presentan variaciones de consideración con los que se han encontrado en individuos de otras razas.
- 4—Existe una correlación utilizable entre las capacidades total y vital, y el volumen radiológico del tórax-

permitiendo la predicción de la capacidad pulmonar, con cierto grado de precisión, que corresponde a determinado individuo.

- 5—El volumen de la capacidad vital varía con la posición del cuerpo. De esto se deduce que deben seguirse procedimientos iguales en todos los estudios de la capacidad pulmonar, y, a no ser posible, debe indicarse la posición en que se ha hecho la determinación, para evitar confusiones en la interpretación de los valores hallados.
- 6—Es posible apreciar el grado de la movilidad del tórax, estudiando una radiografía obtenida en las posiciones de máxima inspiración y expiración.
- 7—El “espacio muerto respiratorio” no es volumen inalterable, sino que varía en relación con el volumen de aire circulante. El valor medio obtenido para este espacio, entre nosotros, supera ligeramente a los indicados en la literatura y obliga, por lo tanto, a verificar estudios con mayor número de casos, que dilucidan la veracidad de este dato.
- 8.—Una breve comparación de los resultados obtenidos entre sujetos de la altura y costeños, a pesar de la prolongada permanencia de los primeros a nivel del mar, parece indicar ciertas diferencias tanto en las medidas de la expansión torácica como en el volumen pulmonar, lo que justifica una investigación más amplia al respecto.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 BARCROFT J., BINGEE C. A., BOCK A. V., DOGGART J. H., FORBES H. S., HARROP G., MEAKINS J. C., REDFIELD A. C.—Observations upon the effect of high altitude on the physiological processes of the human body, carried out in the Peruvian Andes, chiefly at Cerro de Pasco.—*Philos. Trans Roy. Soc.*, 1923, CCXI. 351.
- 2 MONGE C. ENCINAS E., HURTADO A., HERAUD C., CERVELLI M., etc.—Estudios fisiológicos sobre el hombre de los Andes.—*An. Fac. Méd.* 1928.
- 3 HURTADO A.—Respiratory adaptation in the Indian natives of the Peruvian Andes. Studies at high altitude.—*Am. J. Anthropology*, 1932, XVII, 137.
- 4 HURTADO A., GUZMAN BARRON A.,—Estudios sobre el indio peruano. *Rev. Méd. Peruana*, 1930, II. 201 y 243.
- 5 HURTADO A. Y BOLLER CH.,—Studies of total pulmonary capacity and its subdivisions. I. Normal, absolute and relative values.—*J. Clin Invest.* 1933, XII, 793.
- 6 V. SLYKE D. D. AND BINGER C. A. L.—The determination of the lung volume without forced breathing.—*J. Exper. Med.*, XXXVII. 457.

- 7 CHRISTIE R. V.,—The lung volume and its subdivisions. I. Methods of measurement.—*Quat. J. Med.* 1932, XI, 1099.
- 8 LUNDSGAARD C. Y VAN SLYKE D. D.—Studies of lung volume. I. Relation between thorax size and lung volume in normal adults.—*J. experiment. Med.*, 1918, XXVII, 63.
- 9 THOMAS H. A.—Graphic method of recording the respiratory excursion of the diaphragm.—*Am. J. Roentgenol.*, 1931, XCVI, 878.
- 10 HURTADO A. Y FRAY W. W.—Studies of total pulmonary capacity and its subdivisions. II. correlation with physical and radiological measurements.—*J. Clin. Invest.*, 1933, XII, 807.
- 11 HALDANE J. S. AND PRIESTLEY J. G.—The regulation of the lung ventilation.—*J. Physiol.*, 1905. XXXII, 225.
- 12 LUNDSGAARD C. AND SCHIERBECK K.—Untersuchungen über die volumina den lungen IV. Die Verhältnisse bei Patienten mit Lungenemphysem.—*Acta med. Scandinav.*, 1923, LVIII. 541.
- 13 BINGER C. A L.—The lung volume in heart disease.—*J. Exper. Med.*, 1923, XXXVIII, 445.
- 4 ANTHONY J. A.—Untersuchngen über Lungenvolumina und Lungenventilation.—*Deuts. Arch. f. klin. Med.* 1930, CLXVII. 129.
- 15 BINGER J. A. AND BROW G. R.—Studies on the respiratory mechanism in lobar pneumonia. A study of lung volume in relation to the clinical course of the disease.—*J. Exper. Med.*, 1924, XXXIX, 677.
- 16 WEST H. F.—Clinical studie son the respiration. VI. a comparation of various standards for the normal vital capacity of the lungs.—*Arch. Int. Med.*—1922. XXX, 34.
- 17 CHRITIE C. D. AND BEAMS A. J.—The estimation of normal vital capacity, with especial reference to the effect of posture.—*Arch. Int. Med.* 1922, XXX, 34.

- 18 WILSON W. H.—The influence of posture on the volume of reserve air.—*J. Physiol.*, 1927-28, CXIV, 54.
- 19 HURTADO A. FRAY W. W., KALTRAIDER N. N., AND BROOKS W. D. W.—Studies of total pulmonary capacity and its subdivisions. V. Normal values in female subjects.—*J. Clin. Invest.*, 1934, XIII, 169.
- 20 KROGH A. AND LINDHARD. J.—The volume of the dead space in brathing.—*J. Physiol.*, 1913-14, XLVIII, 30
- 21 KROGH A. AND LINDARD J.—The volume of the dead space in breathing and the mixing of gases in the lungs. *J. Physiol.*, 1917, LI 59.
- 22 HAMILTON W. F. AND MORGAN A. B.—Mechanism of the postural reduction in vital capacity in relation to orthopnea and storage of blood in the lungs.—*J. Physiol.*, 1931-32, XCIX, 526.
- 23 BRISCOE J. C.—The mecanism of post-operative massive collapse of the lung.—*Quart J. Med.*, 1919-20, XIII, 293.
- 24 LIVINGSTONE J. L.—Variations in the volume of the chest with changes in posture.—*Lancet.* 1928 I, 754.
- 25 PEARCE R. G. HOOVER D. H.—Studies in the Physiology of the respiration. III, The O<sub>2</sub> and the CO<sub>2</sub> dead space in man.—*Am. J. Physiol.*, 1917, XLIV, 391.
- 26 HALDANE J, S.—The variations in the effective dead space in breathing —*J Physiol.*, 1915, XXXII, II, 225.
- 27 WITNEY J. L. HENDERSON Y., CHILLINGWORTH F. P. The respiratory dead space.—*Am J. Physiol.*, 1915, XXXII. II.
- 28 DOUGLAS C. G. AND HALDANE J. S.—The capacity of the air passages under varying pathological conditions. *J. Physiol.*, 1912, xlv, 235.
- 29 SIEBECK R.—Über den gasaustausch zwischen aubenluft und alveolen. Zweite mitteilung über die bedeutung und bestimmung des "schadlichen rammes" bei der atmung.—*Sc. Arch. f. Physiol.*, 1911, XXV, 81.