

## EL PROBLEMA DE LA HIPERTROFIA CARDIACA EN LOS HABITANTES DE LAS ALTURAS

por el doctor GONZALO ESGUERRA GOMEZ

La República de Colombia, situada en la esquina noroeste de la América del Sur, es un país tropical. Por lo tanto, en toda la extensión de su territorio no existen estaciones como en los países de la zona templada. La temperatura es uniforme en las distintas ciudades durante todo el año, pero varía de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar a que se encuentren situadas. Es errónea, por consiguiente, la creencia que tienen algunos habitantes de la zona templada de que toda ciudad tropical goza de un clima ardiente. Esto no sucede sino en aquellas situadas al nivel del mar. A medida que la altura aumenta la temperatura decrece, y así se explica que la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, edificada en una altiplanicie a 8.016 pies (2.630 metros) sobre el nivel del mar, tenga una temperatura media de 14.55 grados centígrados (58 Fahrenheit), es decir, un clima relativamente frío.

La considerable altura de Bogotá, con relación al nivel del mar, ha sido la causa para que durante mucho tiempo se haya discutido sobre la adaptación del organismo humano a la altiplanicie.

En el año de 1945 el profesor de Física de la Facultad de Medicina de Bogotá, doctor A. M. Barriga Villalba, presentó un documentado estudio a la Academia de Medicina sobre el mayor trabajo que realizaba el corazón en las alturas (1). Y entre las conclusiones de ese estudio llegó a suponer que existía

una relativa hipertrofia cardíaca en los habitantes de la ciudad de Bogotá, como parecían demostrarlo los estudios radiológicos hechos en la misma ciudad por el doctor Benigno Jiménez (2), y los realizados en Oroya (Perú) a una altura de 12.000 pies, por el doctor A. J. Kerwin (3).

El doctor Francisco Gnecco Mozo, sin negar el hecho de un mayor trabajo del corazón y de una hipertrofia compensadora en las grandes alturas, sostuvo que a 2.630 metros a que se encontraba Bogotá, no había aumento en el trabajo del corazón y seguramente tampoco hipertrofia cardíaca (4 y 5).

Por estas razones consideré necesario adelantar un estudio cuidadoso sobre el asunto, para confirmar o infirmar las hipótesis relativas a una posible hipertrofia cardíaca en los residentes de la ciudad de Bogotá. Mis primeras observaciones fueron presentadas a la Academia de Medicina en el año de 1945 (6), y hoy quiero completarlas con estudios hechos de entonces para acá.

Tanto la hipertrofia cardíaca acompañada de dilatación, como la hipertrofia concéntrica, sin aumento en el tamaño del corazón, pueden comprobarse en las autopsias de individuos muertos por causas que no afecten el corazón. Desgraciadamente son muy pocos los casos que logran autopsiarse en Bogotá en estas condiciones, y por lo tanto prescindí de tal investigación.

Para saber si existía o no aumento en el tamaño del corazón era necesario examinar un número considerable de individuos normales, con la menor causa posible de error, por un procedimiento sencillo y tratando de eliminar la apreciación subjetiva de los resultados.

No pensé en el estudio clínico porque, aunque la percusión permite limitar el área cardíaca, es un procedimiento lento y que necesita ser ejecutado por un clínico muy experto, para que tenga algún valor.

Hubiera querido emplear el ortodiagrama por tratarse del método más exacto, y para aprovechar las tablas de predicción del importante estudio de los doctores Hodges y Eyster (7), pero desgraciadamente requería un trabajo excesivo para reunir el número necesario de observaciones, e intervenía además apreciablemente el factor personal.

Pensé entonces que la teleradiografía era el procedimiento más adecuado. Si no tan exacto como el ortodiagrama, por

lo menos es de fácil realización. Y como el porcentaje de error nunca llega al 10% (8), los resultados obtenidos al examinar un grupo numeroso son ampliamente satisfactorios.

Pero prescindí de avaluar el área cardíaca y los diámetros longitudinal y oblicuo del corazón porque para obtenerlos hay que señalar los puntos en que a derecha e izquierda termina el contorno cardíaco y comienza el contorno vascular, lo cual se presta a variaciones individuales de apreciación.

Así, pues, circunscribí mi investigación al estudio del diámetro transverso cardíaco. Pero no tomándolo aisladamente, sino relacionándolo con el peso y la estatura de los examinados. Prescindí de la relación cardio-torácica porque hoy día es bien sabido el poco valor que ella tiene.

El estudio del diámetro transverso o de cualquiera otra medida que sirva para avaluar el tamaño del corazón, no tiene ningún valor mientras no se establezca su relación con el peso y la talla del examinado. Se sabe que existe una relación definitiva entre el peso, la talla y las medidas lineares de las distintas cavidades cardíacas (9). Por los estudios de C. P. Clark (10 y 11), las circunferencias del tórax y del abdomen varían con el índice **Peso**, y se supone que una relación similar

### Estatura

debe existir entre el diámetro transverso del corazón y dicho índice antropométrico. Y finalmente, he llegado a la conclusión y al convencimiento de que la constante biológica establecida por Ungerleider y Clark, es exacta (12). Dicha constante, avaluando el peso y la estatura de los examinados en libras y pulgadas, es la siguiente:

$$\frac{\text{Peso} \times 100.000}{\text{Estatura} \times (\text{Diámetro}) \times 2} = 13.83$$

Y tomando, como lo he hecho, el peso y la estatura en kilos y en centímetros, se obtiene el resultado:

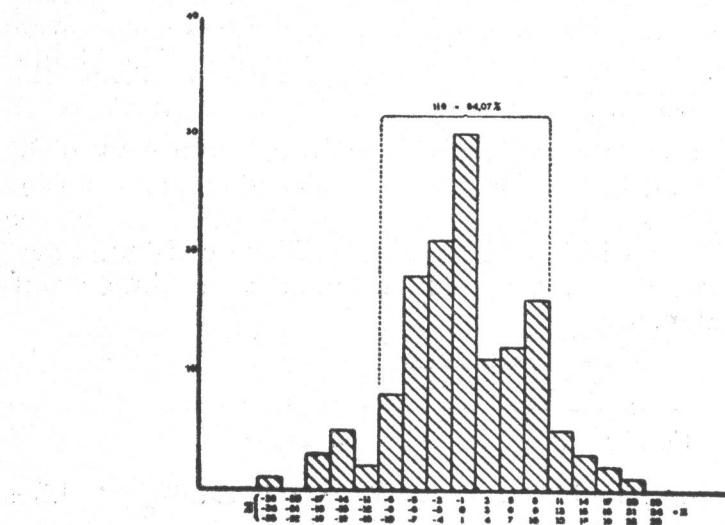
$$\frac{\text{Peso} \times 100.000}{\text{Estatura} \times (\text{Diámetro}) \times 2} = 2.47$$

Todas las radiografías se hicieron a seis pies de distancia (2 metros) en inspiración moderada y con una exposición de

1/10 de segundo. Los examinados se pesaron sin saco, y en la estatura se hizo la reducción correspondiente al calzado.

Mis primeros estudios los realicé sobre 120 estudiantes de medicina que habían nacido o vivido en la ciudad de Bogotá por más de cuatro años, a los que agregué los casos presentados por el doctor Jiménez (2), con los cuales se trataba de demostrar la existencia de una ligera dilatación cardíaca. Lo primero que me llamó la atención fue encontrar que las observaciones citadas por Jiménez, basándose en los diámetros y el área cardíacos para demostrar la existencia de una relativa hipertrofia, eran normales al relacionar el diámetro transverso del corazón con el índice antropométrico. Y lo segundo, observar que ese conjunto de estudiantes, sumado a los casos del doctor Jiménez, se agrupaba normalmente dentro de las tablas de predicción hechas por Ungerleider y Gubner (13), con una marcada preponderancia del punto cero y con el 84,07% de los examinados entre el más diez y el menos diez por ciento.

El histograma respectivo es el siguiente:



Como del estudio anterior se llegaba a la conclusión de que el tamaño del corazón podía equipararse con el encontrado por Ungerleider y Clark en 1.460 individuos considerados normales y que vivían a alturas muy vecinas al nivel del mar, me pareció necesario continuar esa investigación.

El total de los casos que hoy presento es de 638, en los cuales están comprendidos: 182 estudiantes de medicina, de diecisiete a treinta años, que han nacido o vivido en Bogotá por más de dos años; 298 individuos normales de ambos sexos, entre los diecisiete y los cincuenta años, entre los cuales se encuentran nativos de la altiplanicie, personas que han vivido en Bogotá más de tres meses, e individuos con permanencia de días o de pocas semanas en la ciudad; y dos contingentes militares de 81 y de 77 soldados cada uno.

Pero solamente estudiaré con detención los resultados obtenidos sobre 480 de estos casos, porque de lo encontrado en los contingentes militares discrepa de los otros grupos y abre un camino para investigaciones posteriores. Respecto a ellos me limitaré a resumir brevemente el resultado de esta investigación preliminar.

El procedimiento seguido en la investigación fue el siguiente, que muestra con exactitud las mismas etapas recorridas por Ungerleider y Clark:

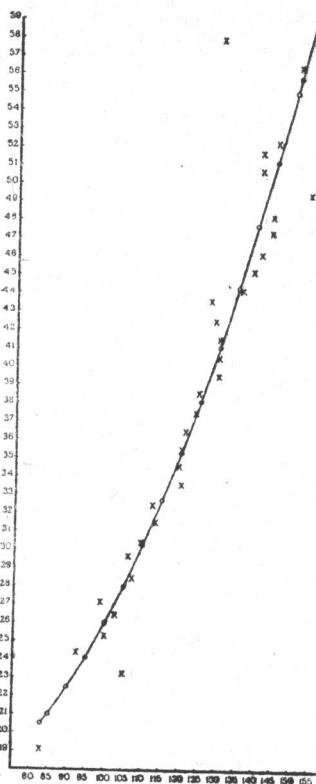
Se separaron por grupos los índices antropométricos y se promediaron los diámetros transversos del corazón correspondientes a cada uno de ellos, dividiendo la suma de dichos diámetros por el número de casos. El índice se promedió en la misma forma, con una aproximación de dos decimales por cada unidad. Hé aquí los resultados:

Promedio del índice antropométrico. <i>Peso en kilos X 10</i>	Suma de diámetro en cada índice.	Nº de casos	Promedio de diámetro de cada índice.
Estatura en centímetros.			
19,11	83	1	83,0
20	—	—	—
21	—	—	—
22	—	—	—
23,27	105	1	105,0
24,41	185	2	92,5
25,32	100	1	100,0
26,43	617	6	102,8
27,15	395	4	98,7
28,44	1288	12	107,3
29,67	1275	12	106,2
30,43	1754	16	109,6
31,51	2271	20	113,5

Promedio del índice antropométrico.	Suma de diámetro en cada índice.	Nº de casos	Promedio de diámetro de cada índice.
<i>Peso en kilos X 10</i>			
Estatura en centímetros.			
32,45	5292	47	112,5
33,58	4088	34	120,2
34,57	5390	45	119,7
35,49	5408	45	120,1
36,48	5566	46	121,0
37,48	3964	32	123,8
38,56	3990	32	124,6
39,48	3506	27	129,8
40,52	3902	30	130,0
41,53	1950	15	130,0
42,50	1287	10	128,7
43,56	1533	12	127,7
44,23	953	7	136,1
45,19	556	4	139,0
46,22	565	4	141,2
47,32	719	5	143,8
48,19	144	1	144,0
49,40	154	1	154,0
50,72	283	2	141,5
51,71	283	2	141,5
52,24	145	1	145,0
53	—	—	—
54	—	—	—
55	—	—	—
56,37	302	2	151,0
57,92	130	1	130,0
	58.183	480	

Con estos datos construí una gráfica, marcando con una cruz enfrente de cada índice el promedio correspondiente al diámetro transverso.

Y con el valor de la constante computé el diámetro transverso teórico de cada uno de los índices. Dichos valores aparecen señalados por puntos, unidos entre sí por una línea recta.



La gráfica anterior demuestra que los diámetros encontrados se agrupan de manera semejante a los de las observaciones de Ungerleider y Clark.

La constante hallada por ellos es exacta, porque al promediar los 480 pesos, estaturas y diámetros transversos de mis observaciones, se logra la misma cifra de 2.47 que se obtiene al reducir a kilos y centímetros los promedios de las 1.460 de estos autores.

Datos obtenidos en Bogotá:

Promedio de peso, 60.42 ks.

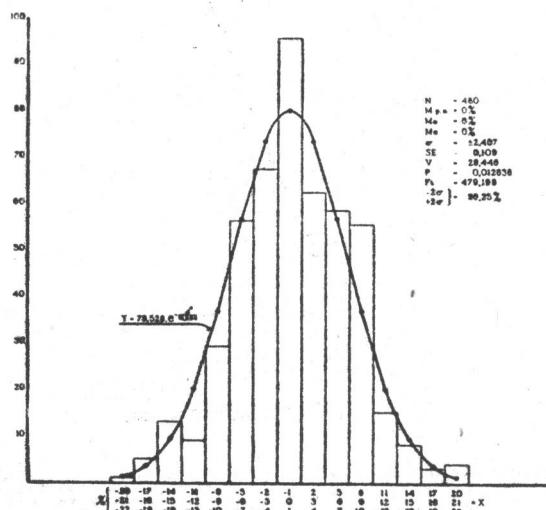
Promedio de estatura, 165.96 centímetros.

Promedio de diámetro transverso, 121.21 milímetros.

$$\frac{P \times 100.000}{E \times (d) \times 2} = \frac{60.42 \times 100.000}{165.96 \times (121.21) \times 2} = 2.47$$

Y finalmente el doctor Alfonso Esguerra Gómez, profesor de Fisiología de la Facultad de Medicina, construyó la correspondiente curva de Gaus, con un módulo de tres, ya que el número de mis observaciones era justamente la tercera parte de las presentadas por Ungerleider y Clark.

Dicha curva de Gaus vino a confirmar que los casos examinados en Bogotá se agrupaban de idéntica manera a los de los Estados Unidos, teniendo como base de comparación en ambos la predicción teórica del diámetro transverso cardíaco por la citada constante.

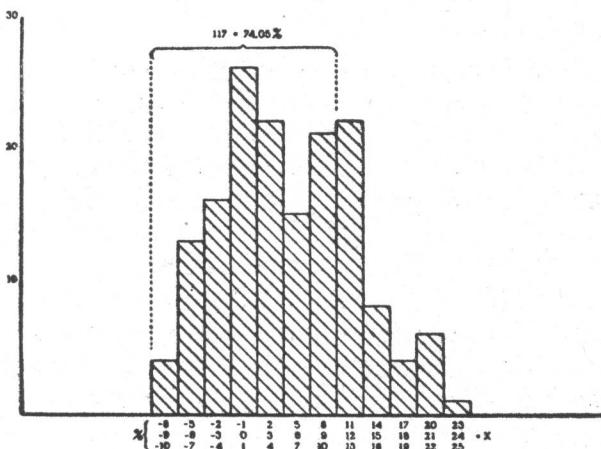


En esta curva se comprueba que tanto la media aritmética ponderada, como la mayor frecuencia y la mediana, coinciden todas en el punto cero. Como por otra parte el error típico es de 0.109; el "chi square test" da un  $P = 0.0126$ ; como el coeficiente de variabilidad es de 29,446; como la diferencia entre los casos estudiados y las frecuencias teóricas de la curva es de 0.802, y como los casos comprendidos entre  $-2\sigma$  y  $+2\sigma$  son 462, o sea el 96,25%, considero que las conclusiones obtenidas tienen valor.

Por lo tanto se puede asegurar que el corazón de los 480 examinados en la ciudad de Bogotá tiene el mismo diámetro transverso, con relación al índice antropométrico, de los individuos que viven al nivel del mar. No hay, por consiguiente, aumento ninguno en el tamaño del corazón.

Réstame solamente hacer un breve comentario sobre el estudio preliminar hecho en los soldados.

El primer contingente examinado constaba de 77 hombres, con un mínimo de seis meses de servicio en el ejército y permanencia en Bogotá por más de dos años. Y el segundo de 81 soldados, con seis meses de servicio en sitios vecinos al nivel del mar y que habían llegado a la altiplanicie doce días antes. Como los histogramas de ambos grupos son sensiblemente iguales, los he agrupado en uno solo, que es el siguiente:



Este histograma indica una desviación de más cuatro, al compararlo con los otros casos normales examinados, y por lo tanto hay que admitir que en los soldados existe una ligera hipertrofia cardíaca. No se puede atribuir tal dilatación a la permanencia en la altiplanicie porque el grupo de los recién llegados presenta la misma desviación, y porque son normales los 480 casos que no pertenecen al ejército. Y tampoco se puede decir que la llegada a la altura ocasiona esta hipertrofia porque no hubo diferencia entre los dos grupos, y porque en los 480 restantes que acabo de estudiar se encontraban muchos que habían llegado a la altiplanicie pocos días antes y cuyos diámetros estuvieron siempre dentro de los mismos límites normales de los residentes en Bogotá.

Creo, por estas razones, que se trata de una ligera hipertrofia cardíaca ocasionada por el fuerte entrenamiento físico a que se hallan sometidos los militares.

Para poder sacar más tarde alguna conclusión definitiva al respecto, se van a establecer en el ejército exámenes radiológicos periódicos a los soldados, desde el momento de su ingreso hasta cuando se les dé la baja, no sólo en Bogotá sino también en otras ciudades vecinas al nivel del mar.

El hecho de que no haya dilatación en los habitantes de una ciudad como Bogotá, situada a 8.016 pies de altura sobre el nivel del mar, no quiere decir que el corazón no trabaje más y no se hipertrofie en las grandes alturas. Hay hechos experimentales, tanto en los animales como en el hombre, que prueban esa hipertrofia.

Van Liere (14) encuentra que los conejillos de Indias expuestos a condiciones semejantes a las que se presentan en altitudes de 14.000 a 18.000 pies, durante 105 días por lo menos hay un aumento en el radio, peso del corazón y peso del cuerpo de 55,8%, y Takeuchi (15) ha producido dilatación cardíaca en gatos, haciéndolos inhalar mezclas de nitrógeno y aire.

Y en el hombre está experimentalmente demostrado que de 3.600 metros (11.000 pies) de altura en adelante, la anoxia crónica produce un aumento notorio en el tamaño del corazón.

A. J. Kerwin (3), por estudios radiológicos realizados en 273 personas que vivían en Oroya (Perú) a 12.200 pies de altura, demuestra que hay un aumento del 11.5% en el diámetro transverso del corazón de los nativos de esa altura, al compararlo con el de las tablas de predicción de Ungerleider y Clark.

Y los doctores Miranda y Rotta (16), comparando con las mismas tablas de predicción los resultados de 107 sujetos normales del nivel del mar y de 250 de Morococha (Perú), a 4.540 metros de altura (13.840 pies), prueban que hay, en los nativos de Morococha, un aumento del diámetro transverso cardíaco que fluctúa entre más once y más treinta por ciento, con un promedio de aumento del 21%.

Si en la ciudad de Bogotá no hay aumento en el tamaño del corazón, de acuerdo con los estudios radiológicos, tampoco existe hipertrofia cardíaca sin dilatación, como lo prueban los estudios hechos sobre 500 electrocardiogramas por el profesor de Fisiología de la Facultad de Medicina, y los del doctor J. H. Ordóñez adelantados también con trabajos electrocardiográficos de 250 casos (17 y 18).

Por otra parte, no se encuentra en los habitantes de Bogotá ninguna variación patológica en el pulso, la tensión arterial,

el número de respiraciones, la capacidad respiratoria (19) y el número de glóbulos rojos (20). Unicamente se observan algunos fenómenos de adaptación en las primeras horas o en los primeros días del que llega a la altiplanicie. Pero poco tiempo después, y muchas veces sin sensaciones subjetivas apreciables, el organismo se adapta y sigue funcionando tan bien como al nivel del mar.

Mis oyentes se habrán preguntado por qué razón he escogido este tema para tratarlo ante la Sección de Radiología de la American Medical Association con motivo de su centenario. Esa razón es muy clara. Estoy profundamente agradecido con mis colegas norteamericanos por la galante invitación que me han hecho para asistir a esta reunión; y como es natural, aspiro a que algunos de mis amigos de este gran país vayan a pasar una temporada en la capital de Colombia. Pero para realizar esta aspiración era necesario probar que la ciudad de Bogotá, a pesar de sus 8.016 pies de altura sobre el nivel del mar, es tan vivible como cualquiera de las ciudades de los Estados Unidos. Mis colegas y compañeros que hoy me escuchan pueden estar seguros de que, sin peligro alguno para su salud, serán acogidos en Bogotá con un gran cariño y una especial simpatía el día en que quieran honrarnos con su visita.

#### RESUMEN:

1.—Del estudio del diámetro transverso del corazón en teleradiografías tomadas a 480 habitantes de la ciudad de Bogotá, situada a 8.016 pies de altura sobre el nivel del mar, se llega a las conclusiones siguientes:

a) Los valores del diámetro transverso cardíaco, al relacionarlos con el peso y la estatura de los examinados, son exactamente iguales a los obtenidos por Ungerleider y Clark en personas que vivían al nivel del mar.

$$P \times 100.000$$

b) La constante  $\frac{P \times 100.000}{E (d) 2} = 13.83$ , señalada por los

mismos autores, que evaluando los pesos y estaturas en kilos y centímetros, en lugar de libras y pulgadas, da  $P \times 100.000$

$\frac{P \times 100.000}{E (d) 2} = 2.47$  es exacta, porque al promediar los pesos,

estaturas y diámetros transversos de los 480 examinados, se obtuvo el mismo dato de 2.47.

2. No se encuentran tampoco a 8.016 pies de altura signos electrocardiográficos de hipertrofia cardíaca, ni variaciones anormales en la tensión arterial, el pulso, el número de respiraciones, la capacidad respiratoria y el número de glóbulos rojos.

3. En un estudio preliminar de 158 soldados, con seis meses de entrenamiento en la ciudad de Bogotá o en lugares vecinos al nivel del mar, se encuentra una desviación de más cuatro, al comparar los diámetros transversos cardíacos encontrados con las tablas de predicción basadas en la citada constante.

4. Se supone que la ligera desviación observada en los soldados se debe al intenso entrenamiento físico a que se hallan sometidos los militares.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) *El trabajo del corazón en las alturas.* A. M. Barriga Villalba. Revista Médica. Bogotá. Octubre, 1945. Vol. 47, número 553. Página 319.
- (2) Benigno Jiménez Peñuela. Bogotá. Facultad de Medicina. Tesis de grado. 1934.
- (3) *Observations on heart size of natives living at high altitudes.* A. J. Kerwin. Am. Heart J. 28:69-80. July 1944.
- (4) *Nuevas consideraciones sobre el trabajo del corazón en Bogotá.* F. Gnecco Mozo. Revista Médica. Vol. 47, número 558. Página 401. Febrero, 1946.
- (5) *Nuevas consideraciones sobre el trabajo del corazón en Bogotá.* F. Gnecco Mozo. Revista Médica. Vol. 47, número 559. Página 441. Marzo, 1946.
- (6) *Estudios radiológicos para evaluar el tamaño del corazón en los individuos normales que viven en la ciudad de Bogotá.* Gonzalo Esguerra Gómez. Boletín de la Clínica de Marly. Vol. VII, número 2. Junio de 1945.
- (7) *Estimate of transverse cardiac diameter in man.* Hedges P. C. and Eyster J. A. E. Archives Internal Medicine. 37:707. 1926.
- (8) *Clinical Roentgenology of the heart.* John B. Schwedel. Annals of Roentgenology. Vol. XVIII. Página 1.
- (9) *Clinical Roentgenology of the heart.* John B. Schwedel. Annals of Roentgenology. Vol. XVIII. Página 23.
- (10) *Transactions of the Association of life Insurance Medical Directors Chas. P. Clark.* 1929. Vol. XVI. Página 341.
- (11) Chas. P. Clark. *Transactions of the Association of Life Insurance Medical Directors* 1933. Vol. XX. Página 224.
- (12) *A Study of the transverse diameter of the heart silhouette with prediction table based on the teleoroentgenogram.* H. E. Urgerleider. Chas. P. Clark Read at the forty-ninth annual meeting of the Assoc. of Life Ins. Med. Dir. Octubre 21.1938. Recording & Statistical Corp. N. York 1939.
- (13) *Evaluation of heart size measurements.* H. E. Urgerleider. B. Cubner Am. heart J. Vol. 24. Página 494. Octubre, 1942.
- (14) *Anoxia - Its effect on the body.* Van Liere E. University of Chicago Press. 1942. Página 97.
- (15) *The relation between the size of the heart and the oxygen content of the arterial blood.* Takeuchi K., J. Physiol. 59:413, 1925.
- (16) *Medidas del corazón en nativos de la altura.* A. Miranda. A. Rotta. Anales de la Facultad de Medicina de Lima. Tomo XXVII, número 2. 1944.
- (17) Archivos del Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina. Bogotá. Doctor Alfonso Esguerra. 1947.
- (18) *Electrocardiograma normal en Bogotá y su relación con los signos electrocardiográficos de anoxemia.* J. Hernando Ordóñez. Revista de la Facultad de Medicina. Vol. XI, número 3. Septiembre, 1942.
- (19) *Biotipo universitario colombiano.* Doctor Alfonso Esguerra Gómez. Revista de la Universidad Nacional de Colombia. Número 1. Octubre 1944. Página 263.
- (20) Doctor Pedro J. Almánzar. Referencia personal. Bogotá. Facultad de Medicina.