

## MODIFICACIONES ELECTROCARDIOGRAFICAS EN EL ANDINO DURANTE SU ADAPTACION AL NIVEL DEL MAR \*

TRABAJO DEL INSTITUTO DE BIOLOGIA ANDINA Y SERVICIO DE CARDIOLOGIA  
Y MEDICINA "MAX. GONZALES OLAECHEA (HOSPITAL DOS DE MAYO)

P O R

RAFAEL ALZAMORA \*\* Y CARLOS MONGE M. \*\*\*

Traemos a la consideración de Uds. hechos que nos llaman la atención desde hace algún tiempo, sobre los cuales llevamos una comunicación al 3º Congreso Interamericano de Cardiología que se realizó en Chicago en Junio de 1948. Nos referimos a las variaciones que sufre el E.C.G. de sujetos aclimatados a las grandes alturas, cuando descienden a la costa y permanecen en ella.

Las variaciones del E.C.G. en relación con los cambios de altura sobre el nivel del mar han sido estudiadas desde dos puntos de vista principales.

Uno, relacionado con la Medicina de Aviación, como parte del estudio integral de las modificaciones que producen en el organismo los cambios rápidos de altitud. A este respecto se han señalado en los aviadores (2, 2a), variaciones marcadas del E.C.G. que llegan al terreno de lo considerado anormal para el individuo sano, pero que son compatibles con un estado de completa salud y de eficiencia para el vuelo. Hecho análogo ha sido encontrado entre nosotros por Arnáez (comunicación personal). También han sido descritas las variaciones producidas por la permanencia de sujetos en cámaras de presión reducida equivalentes a lugares de altura, durante períodos de minutos a varios días, tema sobre el cual hay numerosos trabajos.

- \* Trabajo presentado en el Symposium Internacional de Biología de Altitud. 1949.
- \*\* Jefe del Servicio de Cardiología y Medicina "Max. González Olaechea".
- \*\*\* Director del Instituto de Biología Andina.

El otro punto de vista es el relativo al corazón del hombre que reside a niveles muy altos en forma prolongada o permanente, especialmente el nativo de las grandes alturas habitadas. En nuestro país varios millones de sus habitantes residen desde la época prehistórica, a través de muchas generaciones, en grandes alturas sobre el nivel del mar que van de los 3,000 a 5,000 metros y aún hasta 5,700 como lo señaló Bowman (3). Se les puede considerar seres humanos "aclimatados" (4), es decir capaces de ejercer las mismas actividades de los nativos de otros climas y niveles. La preocupación del estudio biológico de estos seres se ha cristalizado desde 1930 en la creación del Instituto de Biología Andina, a cuyas publicaciones referimos al lector interesado, particularmente a las de Monge, Hurtado, Merino, Aste-Salazar, Delgado y asociados (4a, 4b, 4c, 4d).

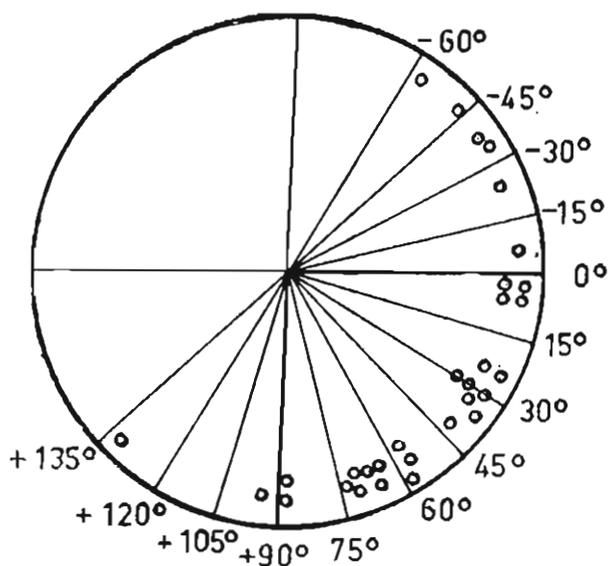
En la referente al E.C.G. en la altura, las primeras investigaciones fueron hechas por Sáenz (5) y Monge (4d), quienes encontraron bradicardia y arritmia sinusales en la mayoría de los casos, desviaciones del segmento ST después de esfuerzos moderados, así como inversión de la onda P, fenómenos reversibles a los pocos minutos de observación o de reposo. Rotta (6) describe en los nativos a 4,500 metros, AQRS desviado a la derecha en la mayoría de los casos y trastornos de conducción intraventricular aún del tipo de bloqueo de rama derecha. En trabajo no publicado comprueba hipertrofia del ventrículo derecho en mayor o menor grado (comunicación personal). Esto mismo señalan Strohl y Mayer (citados por A. Peralta). (7).

Pero hay otro aspecto que creemos ofrece un gran interés. Y es aquel al que nos referíamos al principio, sobre las variaciones que experimenta el E.C.G. durante el período de "adaptación" (Monge), ésto es, durante los días que siguen al desplazamiento de un ser humano desde las grandes alturas a la Costa, período que se prolonga, por lo que manifiestan los estudios realizados en el Instituto de Biología Andina, hasta varios meses antes de aclimatarse al nivel del mar.

Son estas variaciones que señalamos ya en 1948 (1) las que motivan el presente trabajo. Se han usado en todos los casos las 3 desviaciones standard, las unipolares aumentadas de los miembros y las siete unipolares precordiales habituales. La observación ha sido hecha en un grupo de once soldados trasladados de Huán-

cayo (3.2 Kms.—10.170 pies) a Morococha (4.5 Kms.—14.900 pies) y después a Lima (150 m.—500 pies). Hemos tomado como punto de comparación el E.C.G. de sujetos sanos nativos y residentes en Huancayo, cuyos valores pueden considerarse sensiblemente iguales a las cifras normales del nivel del mar con ligeras diferencias, como lo ha señalado C. de los Ríos en su tesis (8). Cuadro N° 1 y E.C.G., Normales - Huancayo.

### VARIACIONES DEL EJE ELECTRICO EN HUANCAYO



En Morococha (4.5 Kms.) se produce: Elevación de ST, no mayor de 2 mm. en 10 de los 11 casos, en las derivaciones precordiales VI, V2, y V3; T difásica  $\pm$  o invertida, en cinco de los once casos, en V2, V3, V4 y a veces hasta V6, que podrían ser atribuidas a la anoxia en que se vive a esos niveles.

Al bajar a Lima, tienen lugar variaciones dignas de anotarse por su posible significado. Las más notables y más rápidas se observan a los tres días de llegar a Lima, en el segundo trazado.

Afectan principalmente a la fase de repolarización ventricular ventricular, pues las ondas T toman aspecto prácticamente normal y el segmento ST vuelve a su nivel. Subsecuentemente en los E.C.G. tomados con intervalos de 15 días a un mes, durante 4 meses y en varios de ellos hasta 5 meses, las variaciones son más lentas, observándose un aumento de amplitud de QRS y de T en casi todas las derivaciones, principalmente en las precordiales. Alcanzan su máximo al mes y medio (4º trazado) en la mayor parte de los casos y en algunos a los dos meses y medio (5º trazado), como puede verse en los E.C.G. insertos 1 a 11.

En el cuadro N° 2 se considera únicamente las amplitudes de RS y T en V2. Es fácil de seguir el fenómeno anotado. También se producen variaciones en las ondas P, en D3 en 8 casos, desde el primer trazado tomado en Lima: inversión en 4 de ellos y aplanamiento en los 4 restantes, en uno de los cuales se observan ritmo nodal. Estas variaciones persisten hasta los dos y tres meses y después desaparecen. Al mismo tiempo el eje eléctrico medio de QRS (+) sufre cambios interesantes que pueden resumirse diciendo que: en 4 de los casos, 3 de los cuales están en zona considerada anormal para un individuo de la costa, hay desplazamiento hacia la derecha, a la zona normal y sin pasar de ella. En los otros 7 que aún en Morococha tienen eje eléctrico dentro de la zona normal pero hacia el límite derecho, se observa desplazamiento hacia el lado izquierdo. (Cuadro N° 3). En cuanto a la posición eléctrica del corazón en 7 casos, hay tendencia a una variación hacia la horizontal.

Al mismo tiempo se observan variaciones de la silueta radiológica del corazón que en la altura presenta aumento del área cardíaca, del diámetro transversal y del pedículo vascular, según ha sido señalado en los trabajos de Miranda y Rotta (9), Kerwin (10) y Pérez Aranibar (11). Estas dimensiones sufren durante el período de adaptación a la costa aumentos y disminuciones alternantes que atestiguan los cambios de posición anatómica del corazón, y que explican al mismo tiempo los de posición eléctrica y las modificaciones fragmentarias del E.C.G. De éstas queremos referir especialmente al aspecto de la onda T, del que hemos hablado hace un momento. Este puede ser debido a dos causas principales: 1º las variaciones hemodinámicas consecutivas al cambio de altura y 2º las variaciones metabólicas debidas a la misma causa.



Nombre	Localidad	D1	D3	E. E.
T. A.	Mor.3.I.48	1.5	-4	-68°
	Lim.17.I."	2.5	-3.5	-45°
	Lim.30.I."	3.5	-4.5	-30°
	Lim.20.II"	4	-4.5	-35°
	Lim.24.3."	4	0	+30°
(1)	Lim.28.4."	6	-5	-23°
F. F.	Mor.3.I.48	3	-2	-10°
	Lim.17.I."	3	-2.5	-20°
	Lim.30.I."	5	-4	-20°
	Lim.20.2."	3.5	-1.5	+5°
	Lim.24.3."	4.5	-0.5	+25°
(2)	Lim.28.4."	7.5	-4	-5°
A. E.	Mor.3.I.48	0.5	6.5	+86°
	Lim.17.I."	1	8	+85°
	Lim.30.I."	3	5	+67°
	Lim.20.2."	3	5.5	+69°
	Lim.24.3."	3	5.5	+69°
(3)	Lim.28.4."	2.5	7	+75°
L. C.	Mor.3.I.48	-1	6	+98°
	Lim.17.I."	-2	8.5	+105°
	Lim.30.I."	5.5	7	+64°
	Lim.20.2."	2	7	+78°
	Lim.24.3."	4	6.5	+67°
(4)	Lim.28.4."	3.5	7	+70°
S. J.	Mor.3.I.48	6.5	7	+62°
	Lim.17.I."	6.5	8	+64°
	Lim.30.I."	7.5	5.5	+55°
	Lim.20.2."	8	5.5	+53°
	Lim.24.3."	9	5.5	+52°
(5)	Lim.28.4."	8.5	5.5	+52°
F. G.	Mor.3.I.48	1	-4.5	-80°
	Lim.17.I."	0.5	3.5	+85°
	Lim.30.I."	4	-2.5	-10°
	(6)	Lim.28.4."	8	4

Nombre	Loc.	D1	D3	E. E.
L. C. i	Mor.	-2.5	-2.5	-120°
	Lim.	-1	-2	-110°
	Lim.	0	-2.5	-90°
	Lim.	0.5	-2.5	-80°
	Lim.	0.5	-1.5	-70°
(7)	Lim.	1	-1.5	-45°
C. C.	Mor.	3.5	3	+ 57°
	Lim.	3.5	4	+ 63°
	Lim.	4	2	+ 50°
	Lim.	5.5	-1.5	+ 15°
	Lim.	6	-0.5	+ 25°
(8)	Lim.	6.5	0	+ 30°
P. G.	Mor.	0	4	+ 90°
	Lim.	0.5	5.5	+ 85°
	Lim.	2.5	4	+ 67°
	Lim.	3.5	4	+ 62°
	Lim.	3	3	+ 60°
(9)	Lim.	3.5	4	+ 62°
Y. H.	Mor.	-1	6.5	+ 98°
	Lim.	0.5	8	+ 87°
	Lim.	-0.5	5	+ 95°
	Lim.	-0.5	6.5	+ 95°
	Lim.	1.5	5	+ 77°
(10)	Lim.	0	5.5	+ 90°
E. A.	Mor.	3.5	0.5	+ 35°
	Lim.	5	1.5	+ 43°
	Lim.	5.5	-1	+ 20°
	Lim.	6	0	+ 30°
	Lim.	9	0	+ 30°
(11)	Lim.	5.5	0	+ 30°

Referente a la primera causa, las investigaciones del Instituto de Biología Andina nos hacen ver que en el habitante de las grandes alturas hay un aumento de volumen y de potencia de las cavidades derechas del corazón, lo que creemos constituye uno de los mecanismos de adaptación a ese nivel. Cuando el individuo desciende, no siendo necesarias ya esas condiciones, se producen variaciones radiológicas y electrocardiográficas que indican, en la mayoría de los casos, cambios de posición explicables por la reducción de la actividad de las cavidades derechas, lo que explicaría también por qué las modificaciones de T predominan en las derivaciones precordiales del lado derecho.

Respecto a la segunda causa, los trabajos ya citados de los investigadores del Instituto de Biología Andina han demostrado las variaciones del pH, bilirubinemia, saturación de O<sub>2</sub> de la sangre y proporción de los cuerpos intermediarios del metabolismo de los hidratos de carbono, etc. Y también de lo relacionado con la volemia y el número de eritrocitos. Variaciones que, sea directamente o mediante el sistema nervioso vegetativo, pueden contribuir a las modificaciones observadas.

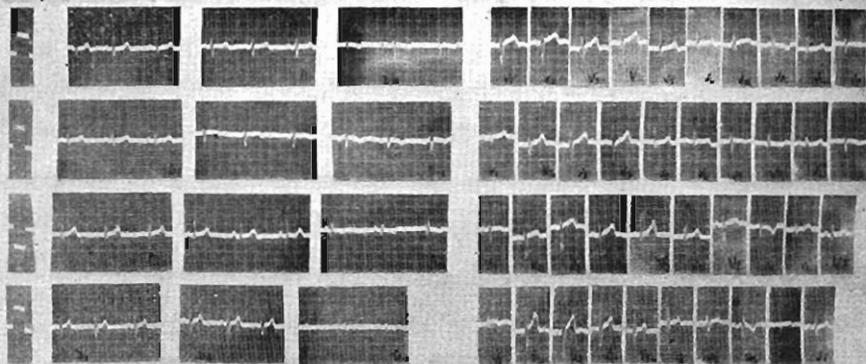
Como ejemplo extremo de las variaciones del E.C.G. que motivan este trabajo, nos referiremos brevemente a otro caso observado por el Prof. Monge, y que será llevado a la discusión en Mesa Redonda sobre el "Mal de montaña crónico". En este caso, el primer E.C.G. tomado a los pocos días de haber llegado a Lima el enfermo, procedente de la altura, presenta un E.C.G. de hipertrofia y sobrecarga de ventrículo y aurículo derechos, con un AQRS de + 70°. Al cabo de 2 años este enfermo presenta un E.C.G. prácticamente normal con un AQRS de 15°.

En resumen, podemos decir que el hecho de presentarse las mayores modificaciones del E.C.G. en las derivaciones precordiales que expresan la actividad del ventrículo derecho y el de producirse generalmente una desviación de AQRS a la izquierda al mismo tiempo que la posición eléctrica del corazón tiende a variar hacia la horizontal; estarían a favor de que en la altura existe un estado de aumento de volumen e hiperactividad ventricular derecha que no teniendo necesidad de persistir al nivel del mar, se modifica gradualmente dando lugar, durante este proceso, a las variaciones anotadas del E.C.G. Todo esto, por la casi uniformidad de sucesión con que se presenta en todos los sujetos estudiados,

correspondería al período de "adaptación" (12) que, como vemos, no está terminado en varios casos, aún a los 5 meses del descenso. Agreguemos que durante todo este tiempo los sujetos observados han gozado de completa salud.

Creemos que estas variaciones pueden también ser útiles al médico práctico, para no tomar como anormales E.C.G. de este tipo a nivel del mar, cuando el sujeto examinado ha residido largo tiempo en las alturas dentro de los 2 o 3 meses anteriores al examen.

NORMALES. HUANCAYO



T.A.

MOROCCOCHA  
14 Sec  
1.3.48

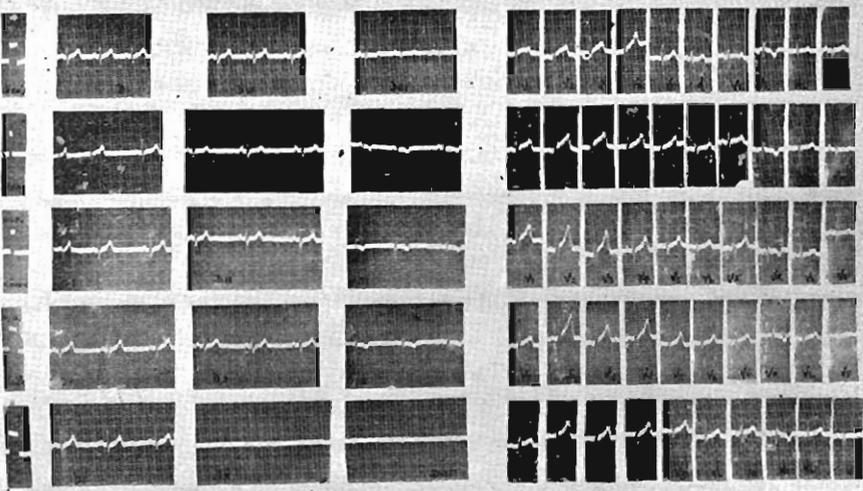
1.17.48

1.24.48

LIMA  
500

2.22.48

2.24.48



1

F.F.

MOROCCOCHA  
14 Sec  
1.3.48

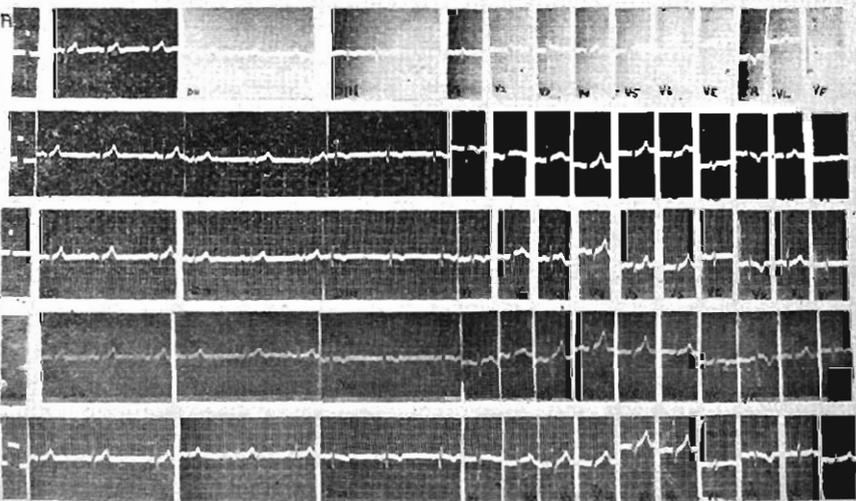
1.17.48

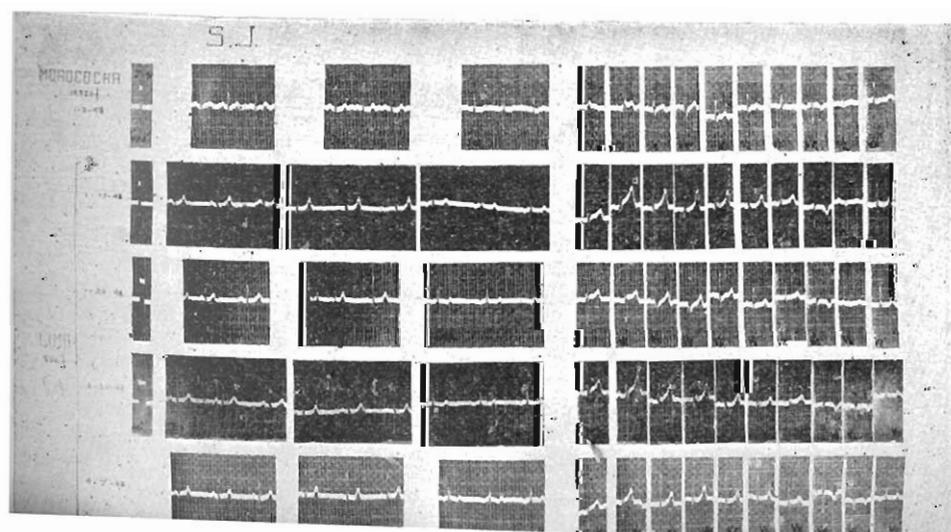
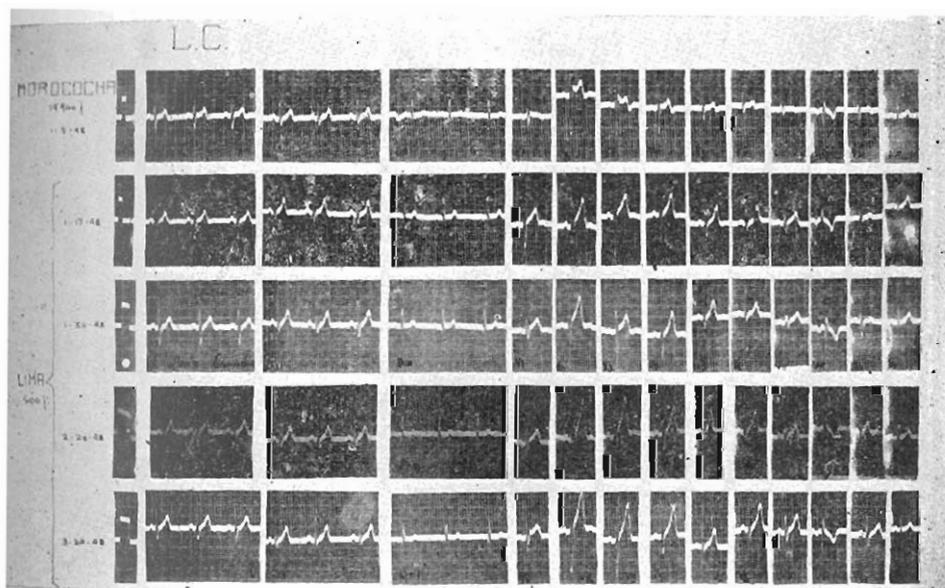
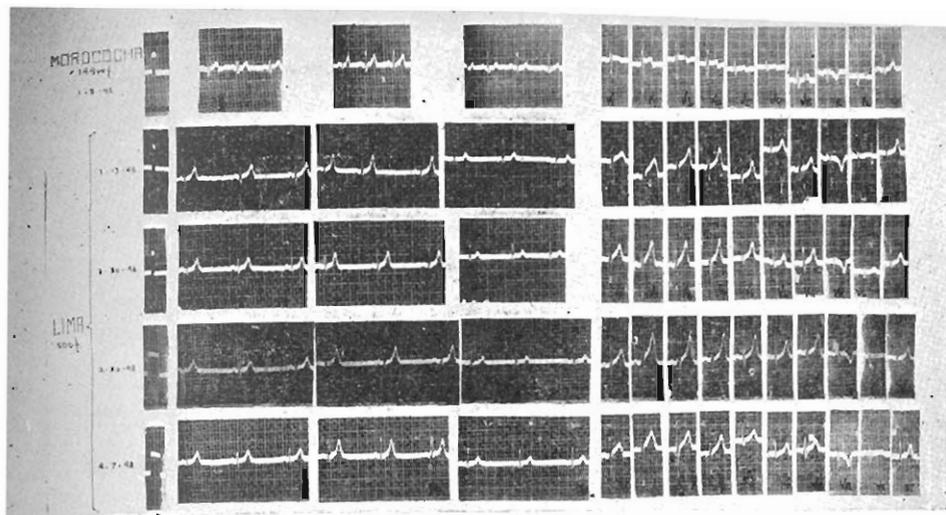
1.24.48

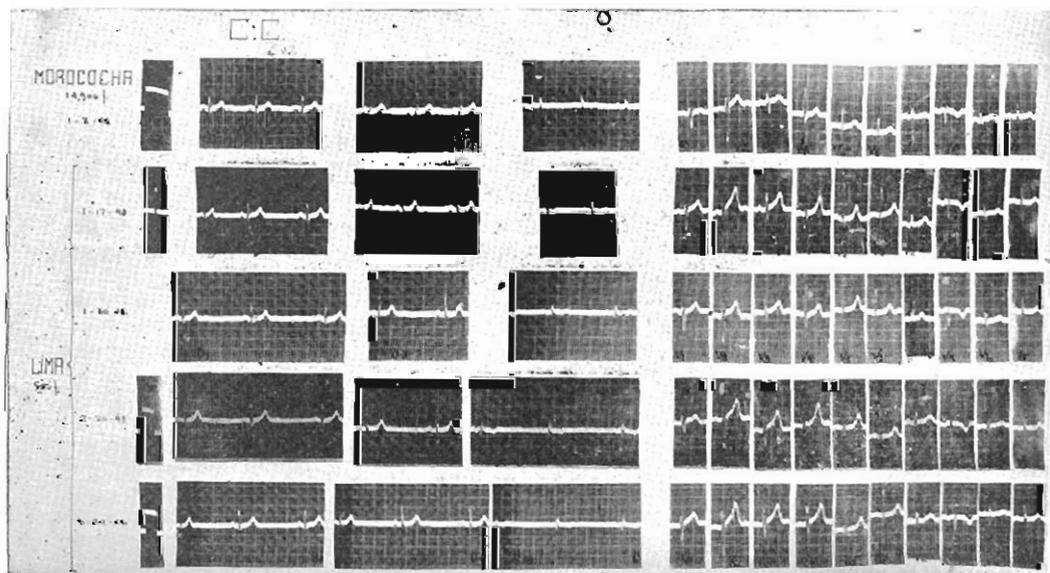
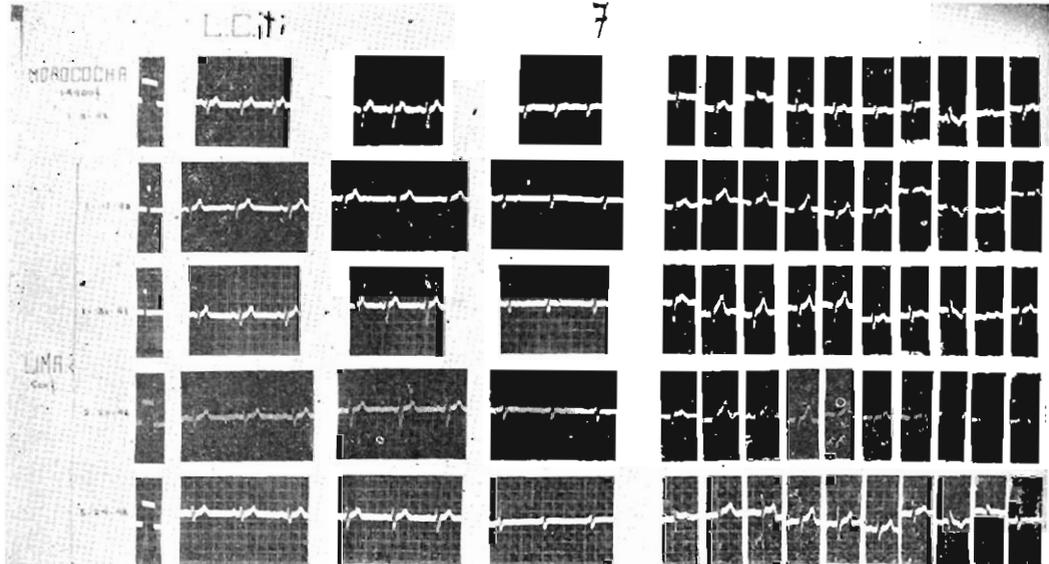
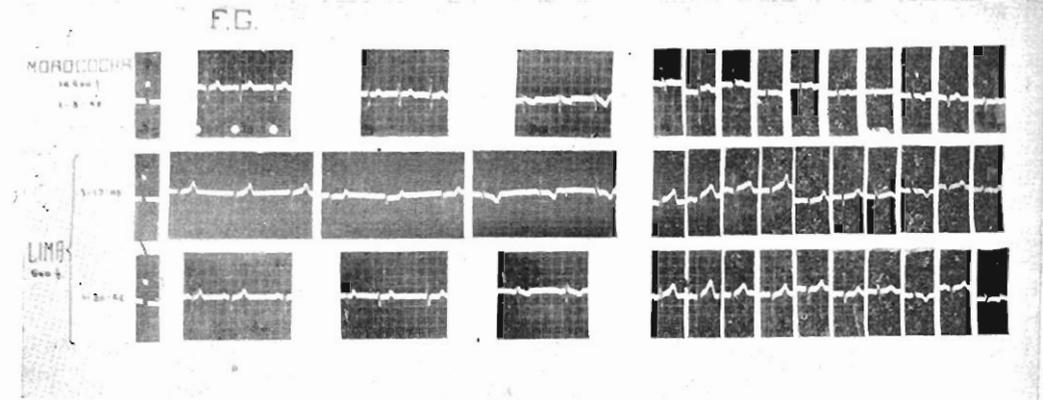
LIMA  
500

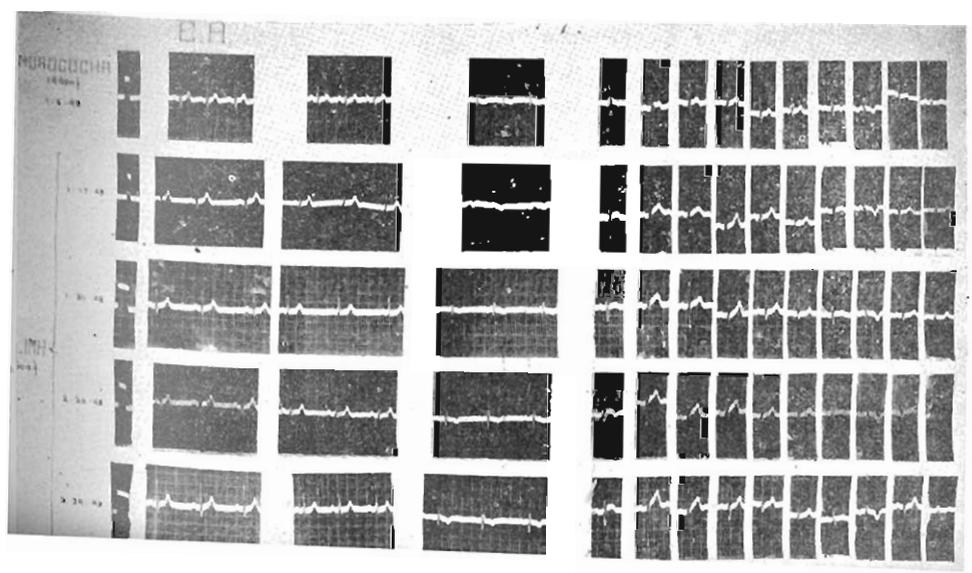
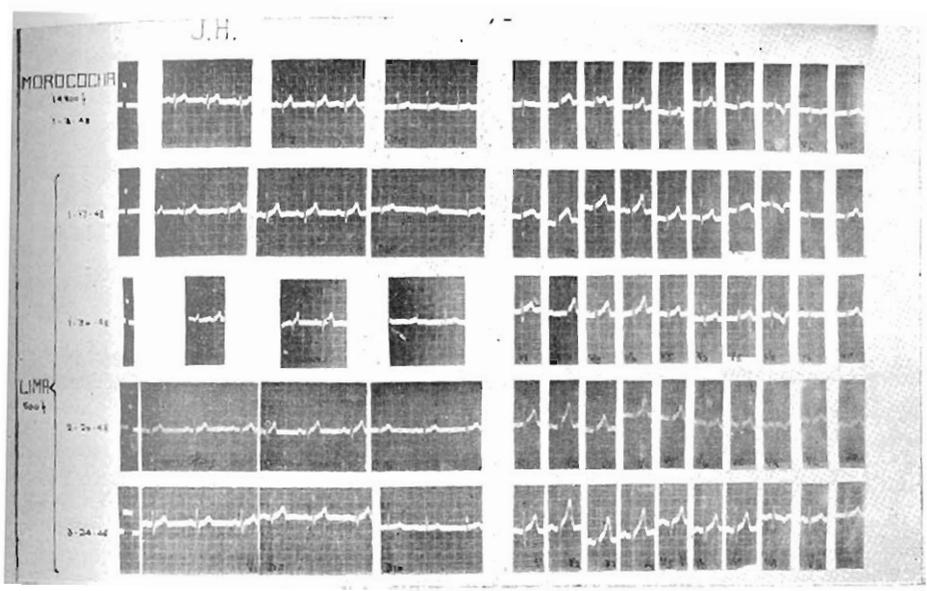
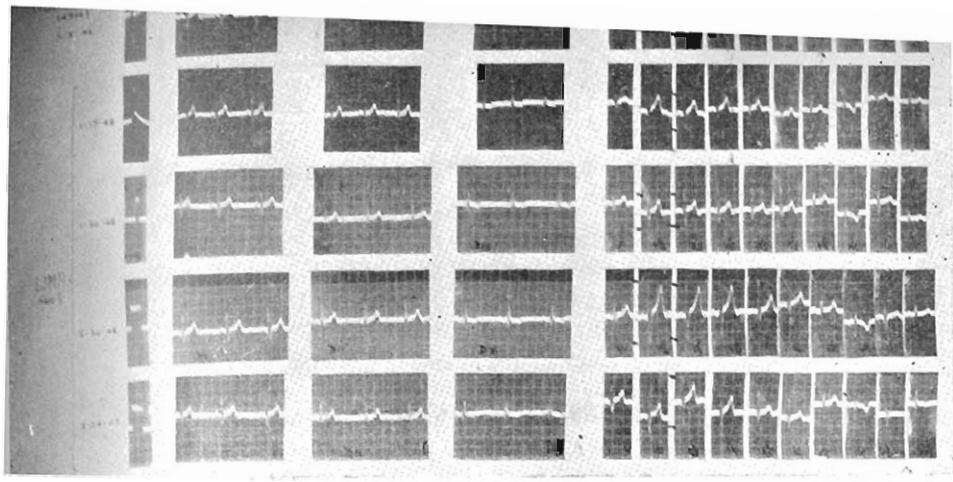
2.22.48

2.24.48









## BIBLIOGRAFIA

- 1.—RAFAEL M. ALZAMORA & CARLOS MONGE.—*Algunas observaciones del electrocardiograma humano consecutivas a los cambios de altitud*. Trabajo presentado al 3º Congreso Interamericano de Cardiología. Chicago, 1948.
- 2.—C. B. STEWART & G. W. MAINNING.: Am. H. J. 27: 502, 1944. 2a).—S. GRABYBIEL & OTROS: Analysis of the E.C.G. obtained from 1,000 young healthy aviators. Am. H. J. 27: 524, 1944.
- 3.—ISAIAH BOWMAN: *Los Andes del Sur del Perú*. Ed. La Colmena, Arequipa, Perú, 1938.
- 4.—CARLOS MONGE: *Acclimatization in the Andes*. The Johns Hopkins Press, 1948. 4a).—CARLOS MONGE \*: *Chronic Mountain Sickness*. Phys. Review, 23: 166-184, 1943. 4b).—HURTADO, A.; MERINO, C.; DELGADO, E. \*: *Influence of anoxemia in the Hemopoietic Activity*; Arch. Int., Med. 7: 284-323, 1945. 4c).—ASTE SALAZAR \*: Am. H. J. Phys. 142: 733-743, 1944. 4d).—MONGE, C.: *Life in the Andes*. Science 95: 79-84, 1942.
- 5.—R. SÁENZ, J.: *Electrocardiograma en la altura*. Tesis de Bachiller. Anal. Fac. Med. Lima, 1940.
- 6.—ANDRÉS ROTTA: *Physiologic condition of the heart in the natives of high altitudes*. Am. H. J. 33: 669, 1947.
- 7.—AURELIO PERALTA: *Aneurismo cardíaco*. Rev. de Sanidad de Policía. Año V. N° 28, 1947.
- 8.—C. DE LOS RÍOS: *Contribución al estudio de la E.C.G. en la altura*. Tesis, 1948.
- 9.—MIRANDA, A.; ROTTA, A.: *Medidas del corazón en nativos de la altura*. Anal. Fac. Med. Lima, 27: 49-58, 1944.
- 10.—KERWIN, J. J.: Am. H. Journal, 28: 69, 1944.
- 11.—PÉREZ ARANÍBAR, E.: *Contribución al estudio del hombre de la altura*. Tesis de Doctor. Lima, 1948.
- 12.—C. MONGE: *Physiological adaptations of dwellers in the Tropics* Proc. 5 th. Int. Congress on Tropic Med. and Malaria, Washington. U. S. Gov. Print. Office, 1, 136-147.