

# Trabajo del Instituto de Biología Andina

DIRECTOR Dr. CARLOS MONGE M.

## CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA FISIOLOGIA DEL ANDINO

### CALCEMIA Y SISTEMA NERVIOSO VEGETATIVO EN LAS ALTIPLANICIES ANDINAS

POR

VÍCTOR PALTÍ

Tesis para optar el grado de Bachiller de Medicina.

#### INTRODUCCION

“Puede verse ya la existencia de una nueva Bioquímica y de una nueva Fisiología propias del Hombre de los Andes”.

Monge.—(1931).

El estudio de la Fisiología del Andino, iniciado por el profesor MONGE en 1927, y continuado por eminentes investigadores nacionales, constituye uno de los principales temas de investigación en el País.

Sin embargo, poco se ha hecho hasta el presente, sobre el estudio de los electrolitos de la sangre en las altiplanicies andinas.

He querido por eso, guiado por el espíritu de trabajo del Profesor MONGE, realizar el estudio de la Calcemia en la altura, comparándolo con la Calcemia de la costa, y hacer algunas

consideraciones del Sistema Nervioso Vegetativo en relación con la Calcemia.

Es por esto que presento este modesto y sencillo trabajo, como una contribución, muy pequeña por cierto, al estudio de la Fisiología del Andino.

Quiero expresar mi gratitud, en primer lugar al Dr. MONGE, a quien debo la directiva y la verdadera realización del trabajo.

Muy sinceros agradecimientos al Dr. JORGE E. MEJÍA por su dirección técnica y a los Profesores Dr. ALBERTO HURTADO y Dr. ALBERTO GUZMÁN BARRÓN, cuyos consejos me han ayudado eficazmente.

Los trabajos del Profesor MONGE, sobre el Sistema Nervioso Vegetativo del Hombre de los Andes (1), con el objeto de estudiar su influencia en el determinismo de ciertas peculiaridades fisiológicas: bradicardia normal, bradicardia paradójica después del esfuerzo, bradicardias inusitadas, ritmos taquicárdicos, taquicardias paradójicas, etc. (2), plantearon las bases del conocimiento de este sistema en el hombre aclimatado.

Las investigaciones de MONGE y PESCE (3), establecieron definitivamente los hechos siguientes:

El Reflejo Oculo-Cardiaco adquiere en la altura valores supranormales.—Igual cosa sucede con el Reflejo Solar.—La correlación del R O C y del R S demuestra que hay:

- a) Aumento cualitativo del R O C en la sierra.
- b) Aumento de frecuencia del mismo.
- c) Hipertonía del Vago y del Simpático con predominio del primero.
- d) Estado de hipersimpaticotonía en un 15 % de los casos.

“En suma, el andino presenta un aumento del tono del Vago y del Simpático, muy por encima del habitante del nivel del mar.—Esta ley explica los hechos anotados sobre el trabajo del corazón”.—(MONGE).

La frase siguiente de LOEWY (4), resume la opinión de los investigadores extranjeros sobre altura y Sistema Nervioso Vegetativo:

“Se trata de cuestiones complicadas, de procesos no referibles a un único y determinado punto de vista.—Investigaciones exactas sobre las modificaciones del Sistema Nervioso Vegetativo a diferentes alturas, no han sido llevadas a cabo en suficiente número para permitir una construcción clara y completa”.

Fué en esas condiciones que el Instituto de Biología Andina comisionó al Dr. J. H. ASTE SALAZAR, para una investigación más profunda del problema, dándole el encargo de estudiar la Exploración funcional del Sistema Nervioso Extracardíaco del Andino (5), que comprobó ampliamente las conclusiones anteriores, empleando además de las pruebas clínicas, el test atropina-ortostatismo de DANIELOPOLU.—Hay predominio de los hipertónicos en la Sierra y sobre todo de los hiper-anfotónicos.

IZQUIERDO, (6) evidentemente marca una contribución notable, cuando demuestra que la anoxemia desencadena un efecto hipersimpaticotónico,—que se mide por taquicardia, aumento de la tensión máxima y espleno-contracción— en animales en cámaras neumáticas.

GREEN y GILBERT, llegan a conclusiones distintas, demostrando que la excitación del vago es la consecuencia de la anoxemia.—Estos trabajos tienen más importancia, porque son practicados en pilotos aviadores.

TORRES, del Instituto de Biología Andina, en su reciente tesis (7), dice: que la anoxemia que se produce en el ascenso es: “la generadora de una reacción simpaticotónica inicial”.

En resumen, demostrada por MONGE y colaboradores, la distonía vago-simpática, que la anoxemia de la altura condiciona, se hacía indispensable adelantar un paso más, observando qué relación existía con los electrolitos de la sangre.

El Director del Instituto de Biología Andina, nos planteó entonces las siguientes directivas de trabajo:

A.—Determinaciones de la calcemia en Lima y su estudio comparado con la de los sujetos de los altiplanos andinos.

B.—Determinaciones de la calcemia durante la ascensión a las grandes alturas.

C.—Sus relaciones con los demás electrolitos.

D.—Relaciones de Calcemia y Sistema Nervioso Vegetativo.

Atendiendo a esto, hemos dividido nuestro trabajo en las siguientes partes:

- 1.—El Calcio en la Sangre y método de dosaje.
- 2.—La Calcemia en Costeños.
- 3.—La Calcemia en los Andinos.—Estudio comparativo con la calcemia de los costeños.
- 4.—Variaciones de la Calcemia en costeños, en la ascensión a las grandes alturas.
- 5.—Discusión y Conclusiones.

## EL CALCIO EN LA SANGRE Y METODO DE DOSAJE

### EL CALCIO EN LA SANGRE

En la actualidad se acepta, que el calcio del suero sanguíneo se encuentra formando tres fracciones: (8)

1.º—*Una primera fracción*, contenida en solución en el suero por las fuerzas que gobiernan la solubilidad en soluciones salinas y que es fisiológicamente activa: es el *calcio ionizado*  $Ca^{++}$ . HOLT, LA MER y CHOWN, la calculan alrededor de 2,5 mgr. por 100 c.c., esto es el 25 % del total.

2.º—*Una segunda fracción*, que se encuentra combinada con las proteínas, y que no es fisiológicamente activa: es el calcio, combinado con las proteínas, o simplemente el *calcio protéico*. Sin embargo, el calcio se mantiene en solución, pero *no es activo*. LOEB cree que esta porción de calcio, forma un compuesto con las proteínas, que es un *proteinato de calcio*.

Se cree que el calcio protéico representa, del 30 % al 50 % del calcio total.

Está demostrado que cada gramo de proteína se combina con 0,556 mgrs. de calcio. Por consiguiente, basta multiplicar la cantidad de proteínas totales, expresadas en gramos por ciento, por 0.556, para obtener esta fracción del calcio o sea el calcio protéico que no es activo. Esto es lo que hemos hecho más adelante con las cifras del calcio total obtenidas en Lima, Morococha y Huancayo. Y si restamos el calcio protéico del calcio total, el resultado es la suma de la 1.ª y 3.ª fracción, ambas activas, y por consiguiente corresponde al calcio fisiológicamente activo.

3.º—*Una tercera fracción*, la más grande, que permanece en solución en el suero: ya sea según HOLT, LA MER y CHOWN, "en virtud de la precipitación retardada que es característica de las soluciones sobresaturadas de fosfato y carbonato de

calcio", o según HASTINGS, MURRAY y SENDROY "debido a la formación de complejos análogos a aquellos que ocurren en las soluciones de citrato de calcio", o quizá según GREENWALD y GROSS, que es la opinión más aceptada, debido a la acción de la hormona paratiroidea.

Cualquiera que sea la razón que mantiene en solución a esta fracción del calcio en el suero, y basándonos en la efectividad en prevenir la tetania, y en las manifestaciones tóxicas que acompaña a su excesiva acumulación en el suero, esta tercera fracción, "es a todas luces fisiológicamente activa".

Este calcio llega del 40 al 50 % del calcio total. En lo que se refiere a nuestro trabajo, y tal como mencionamos anteriormente, el calcio protéico lo hemos obtenido de multiplicar la cantidad de proteínas totales referidas en gramos por ciento, por 0,556, para lo que partimos del principio que hace mención VAN SLYKE y PETERS, que cada gramo de proteína se combina con 0.556 mgr. de calcio. Si restamos este calcio protéico, de calcio total obtenido por el método de KRAMER y TISDALI, que explicaremos más adelante, tendremos el calcio fisiológicamente activo que es de mucho interés. Las cifras de proteínas totales, me han sido gentilmente proporcionadas por mi compañero el señor A. SALAS, quien está haciendo un estudio sobre la proteinemia en la altura, por directiva del Instituto de Biología Andina.

BEST y TAYLOR, (12), recientemente afirman que el calcio sanguíneo se encuentra en dos formas: *Calcio no difusible* y *Calcio difusible*.

El Calcio no difusible, está unido a las proteínas. Es el que nosotros hemos llamado calcio protéico, y que no es activo. Y el Calcio difusible, que según dichos autores, prácticamente, toda esta fracción del calcio es ionizada, salvo una muy pequeña parte, que corresponde a 0.25 mgr. por 100 c. c., que se podría despreciar.

En buena cuenta, el calcio difusible de BEST y TAYLOR corresponde al Calcio fisiológicamente activo, y que es la suma de la 1.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> fracción de PETERS y VAN SLYKE.

## FUNCION DEL CALCIO EN EL ORGANISMO

De las muchas funciones que el calcio realiza en el organismo, podemos citar las siguientes:

1.º—El calcio, bajo la forma de orthofosfato de calcio, es

el componente principal de los huesos, y por consiguiente forma la estructura y sostenimiento rígido del tejido óseo.

2.º—El calcio tiene una influencia particular, sobre la excitabilidad del sistema motor de los animales.

3.º—El calcio actúa sobre el músculo cardíaco, provocando la contracción cardíaca.

4.º—El calcio, al estado de sal, interviene en el equilibrio ácido-básico del organismo.

5.º—El calcio interviene en la coagulación de la sangre.

6.º—El calcio debe ser considerado como un tampón osmótico.

7.º—El calcio como activador del Sistema Nervioso Vegetativo.

### METODO DE DOSAJE

El método que hemos empleado para la determinación de calcio en el suero sanguíneo, es el de KRAMER y TISDALL. (9), (10), (11).

MÉTODO DE KRAMER Y TISDALL.—*Principio del método.*—Este método se funda en la precipitación del calcio del suero, bajo la forma de oxalato de calcio, debido a la adición de una solución saturada de oxalato de amonio. El precipitado, lavado por una solución amoniacal débil, se disuelve en ácido sulfúrico al 5 %, y se determina en presencia de una solución valorada de permanganato de potasio.

#### *Reactivos necesarios.*

1.º—Oxalato de amonio, solución saturada.

2.º—Solución amoniacal al 2 % (2. c.c. de amoníaco se diluyen en 98 cc de agua destilada).

3.º—Acido sulfúrico al 5 %, que corresponde muy aproximadamente a una solución doble normal (2/N).

4.º—Permanganato de potasio n/100, que se prepara a su vez de una solución de permanganato de potasio n/10, para lo que se toma 5 cc de esta última solución y se completa a 50 cc. con agua destilada, en una fiola de 50 cc. de capacidad.

5.º—Oxalato de sodio, solución n/10, que sirve para valorar la solución n/10 de permanganato de potasio.

6.º—Oxalato de sodio, solución n/100, que sirve para valorar la solución n/100 de permanganato de potasio.

*Procedimiento.*—En un tubo de centrífuga, se colocan 2 c.c. de suero, y se le añade 1 c.c. de oxalato de amonio, solución saturada y 2 c.c. de agua destilada. Se agita, haciendo rotar el tubo entre las manos, y se deja en reposo por espacio de treinta minutos. El calcio del suero forma con el oxalato de amonio, un precipitado de oxalato de calcio, de color blanco.

Transcurrido ese tiempo, se centrifuga durante 30 minutos, y después se decanta el líquido por medio de la trompa de agua.—Se añade 4 c.c. de solución amoniaca al 2 %, con el objeto de lavar el precipitado y eliminar las sustancias orgánicas que pudieran por si solas reducir el permanganato de potasio.—Se vuelve a centrifugar, pero esta vez por 5 minutos, y se decanta como se hizo anteriormente.—Se vuelve a añadir 4 c.c. de solución amoniaca al 2 % para lavar el precipitado, y se centrifuga otra vez por 5 minutos, decantando después el líquido que sobrenada.—Esta operación se repite otra vez, haciendo en total 3 lavados con solución amoniaca al 2 %.—En seguida, el precipitado de oxalato de calcio se disuelve con 2 c.c. de ácido sulfúrico, solución al 5 %.—Se lleva al baño maría a una temperatura superior a 70° por unos cuantos minutos para facilitar bien la disolución del precipitado y se titula, añadiendo poco a poco, por medio de una micro bureta, permanganato de potasio solución n/100, hasta que tome color rosado, persistente por un minuto.

*Cálculo.*—Para el cálculo, se parte del principio que cada 1 c.c. de permanganato de potasio n/100, equivale a 0,2 mgr. de calcio. Esto es para 2 c.c. de suero. Para 100 c.c. de suero, se multiplica el resultado por 50.

Simplificando diremos que: el número de centímetros cúbicos de permanganato de potasio n/100 gastados, se multiplica por 10, y así nos da directamente la cantidad de calcio en el suero sanguíneo, expresados en miligramos por 100 c.c.

Es necesario hacer una prueba en blanco, empleando agua bidestilada en lugar de suero, y seguir el mismo procedimiento ya explicado. Los centésimos de centímetro cúbico de permanganato de potasio n/100 necesarios para darle ligero color rosado persistente, deben ser restados a los resultados obtenidos con el suero sanguíneo.

## CALCEMIA EN LOS COSTEÑOS

### Material

Las determinaciones, las hemos hecho utilizando para ello, 25 soldados pertenecientes al Batallón Escolta de Lima, nacidos y residentes en la costa.—Agradecemos al señor Coronel Max Frías por las facilidades que nos dió para llevar adelante esta investigación.

Estos individuos en su totalidad no han ido a la Sierra. Son sujetos jóvenes que oscilan entre los 19 y 23 años.

Por otra parte, están sometidos al mismo régimen de vida, lo que es necesario para dar homogeneidad a nuestros estudios.

*Análisis estadístico.*—Todos los datos obtenidos, tanto las cifras de la costa, como las de la sierra, así como también los datos de los miembros de la expedición, han sido sometidos a un análisis estadístico, para lo que hemos contado con la ayuda eficaz del doctor Alberto Hurtado, por lo que dejamos constancia de nuestro sincero agradecimiento.

A continuación detallamos los datos obtenidos en los 25 sujetos.

### VALORES DEL CALCIO EN LIMA (160 Mts.)

#### Regimiento Escolta.—(Costeños).

No.	Nombre	Edad	Lug. Nacim.	Calcio	Calcio	Calcio	Proteínas
				total	activo	protéico	totales
				Mgrs. por 100 c. c.		Grs. × 100	
1	A. Ch.	21	Lima	10.7	5.76	4.94	8.9
2	J. A.	20	Lima	10.3	5.86	4.44	8.0
3	F. T.	23	Callao	11.5	6.95	4.55	8.2
4	F. P.	20	Pisco	11.1	6.66	4.44	8.0
5	E. O.	22	Chincha	11.0	6.22	4.78	8.6
6	J. R.	23	Chincha	11.1	5.99	5.11	9.2
7	D. H.	23	Chincha	11.1	6.38	4.72	8.5
8	E. G.	19	Ica	11.1	6.66	4.44	8.0
9	M. G.	22	Pisco	10.5	5.83	4.67	8.4
10	F. C.	22	Cañete	12.1	7.49	4.61	8.3
11	E. A.	21	Chincha	11.2	6.37	4.83	8.7



No.	Nombre	Edad	Lug. Nacim.	Calcio	Calcio	Calcio	Proteínas
				total	activo	protéico	totales
					Mgrs. por 100 c. c.		Grs. × 100
12	G. F.	19	Cañete	10.4	5.68	4.72	8.5
13	J. C.	22	Ica	11.5	6.72	4.78	8.6
14	J. A.	19	Chiclayo	11.4	6.57	4.83	8.7
15	F. G.	21	Ica	10.1	5.10	5.00	9.0
16	V. A.	23	Tambo de Mora	11.4	7.23	4.17	7.5
17	A. C.	20	Lima	10.7	6.37	4.33	7.8
18	E. N.	20	Pisco	11.4	7.07	4.33	7.8
19	V. E.	21	Pisco	11.4	6.90	4.50	8.1
20	C. S.	22	Pisco	10.9	6.01	4.89	8.8
21	R. G.	21	Callao	10.7	6.26	4.44	8.0
22	J. J.	22	Chincha	11.6	6.77	4.83	8.7
23	C. N.	22	Lima	11.5	7.00	4.50	8.1
24	J. P.	22	Cañete	11.6	7.21	4.39	7.9
25	J. C.	19	Ica	10.1	5.38	4.72	8.5

El análisis estadístico de las 25 determinaciones para el calcio total, nos dá el siguiente resultado:

<i>Media</i> . . . . .	= 11.06	mgrs. por 100 c.c.
<i>Error probable de la Media</i> .	= 0.06	" " " "
<i>Desviación standard</i> . . . .	= 0.50	" " " "
<i>Error probable de la desv. st.</i>	= 0.04	" " " "
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	= 4.5 %	
<i>Variaciones extremas</i> . . . .	= 10.1 a 12.1	" " " "

- Colocamos en seguida el Histograma que corresponde a estos datos.—En las abscisas las cifras de calcio en mgrs. por 100 c.c., y en las ordenadas, la frecuencia en tanto por ciento.

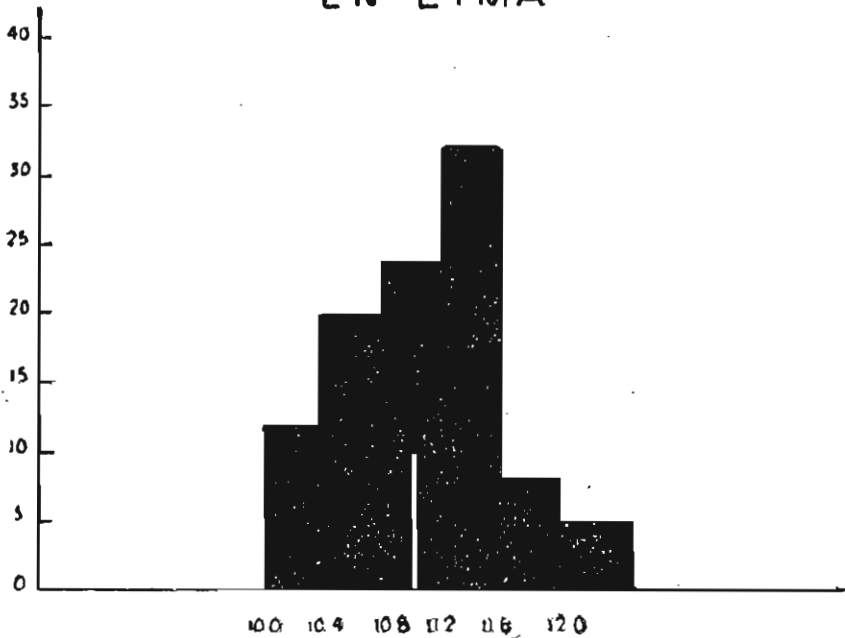
En blanco el valor de la media.

Como se vé, el 24 % de los sujetos, tienen una taza de calcio en el suero que oscila entre 10.8 y 11.2 y el 32 % entre 11.2 y 11.6 mgrs, por 100 c.c.

La *media* hallada por nosotros, es de 11.06 mgrs. por 100 c.c.

Entre nosotros, Escudero (13) ha encontrado una media de 11.38 mgrs. por 100 c.c.

## HISTOGRAMA DEL CALCIO TOTAL EN LIMA



### VALORES DE LA CALCEMIA EN MGR POR CIENTO

En el extranjero, muchos autores se han ocupado del asunto, pero sus resultados difieren de los de nosotros.—Así por ejemplo P. M. HALD, citado por PETERS y VAN SLYKE, (8) ha encontrado, de las determinaciones de 19 sujetos una media de 10 mgrs. por c.c. y GUILLAUMIN dá como cifra normal, de 9.5 a 10.5 mgrs. por ciento, sin distinción de sexo.—En general, casi todos los investigadores dan como cifra normal del calcio, de 9.5 a 10.5 mgrs. por 100 c.c., dato que está por debajo de la que nosotros hemos encontrado.

El análisis estadístico para el calcio fisiológicamente activo es el siguiente:

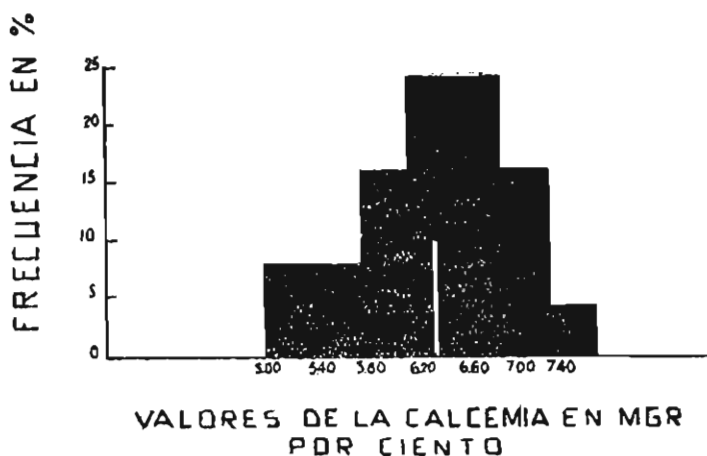
<i>Media</i> . . . . .	=	6.44	mgrs. por 100 cc.
<i>E. P. de la media</i> . . . . .	=	0.08	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	=	0.61	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	=	0.05	" " " "
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	=	9.4 %	" " " "
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	=	5.10 a 7.49	" " " "

El Histograma que corresponde al calcio fisiológicamente activo, es el que a continuación insertamos.

En las abscisas, las cifras de calcio en mgrs. por 100 c.c. y en las ordenadas la frecuencia en tanto por ciento.

En blanco el valor de la media.

### HISTOGRAMA DEL CALCIO ACTIVO EN LIMA



Del Histograma anterior se deduce que el 24 % de los sujetos tienen una cifra de calcio fisiológicamente activo, que oscila entre 6.20 y 7.00 mgrs. por 100 c.c.

La media es de 6.44 mgrs. por 100 c.c.

Como ya hemos mencionado anteriormente, el calcio fisiológicamente activo, es la suma de la 1.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> fracción del calcio, de que habla VAN SLYKE.—La primera que es el calcio ionizado y que se encuentra en una proporción de 25 % y la 3.<sup>a</sup> que es el calcio, que permanece en solución en el suero, debido a la acción de la Parat-hormona y está en una proporción más o menos de 40 %.

Por consiguiente, al rededor del 65 % del calcio total, corresponde según los autores americanos, el calcio fisiológicamente activo.—Por los datos obtenidos, nosotros encontramos un 58 %.

## LA CALCEMIA EN LOS ANDINOS ESTUDIO COMPARATIVO CON LA CALCEMIA DE LOS COSTEÑOS

### Material

Para estudiar la calcemia en los andinos, hemos hecho nuestras determinaciones en 100 soldados pertenecientes al Batallón No. 3 de Infantería de Huancayo a 3.2 kms. de altura.—Todos ellos sujetos jóvenes y nativos de Huancavelica la mayor parte, y de Huancayo y Ayacucho los otros.—Además, ninguno conoce la Costa.—Tienen el mismo régimen de vida semejante al de los soldados costeños estudiados, lo que permite establecer comparaciones.

La *técnica* empleada para la determinación del calcio en el suero sanguíneo, es la de Kramer y Tisdall, la misma que hemos utilizado para las otras determinaciones y la que ya hemos explicado en detalle.

A continuación ponemos los cuadros correspondientes a los datos obtenidos en los 100 sujetos.

### VALOR DEL CALCIO EN 100 INDIVIDUOS PERTENE- CIENTES AL BATALLON DE INFANTERIA No. 3 DE HUANCAYO.—(Alt. 3,2 Kms.)

No.	Nombre	Edad	Lug. Nacim.	Calcio	Calcio	Calcio	Proteínas
				total	activo	protéico	totales
				Mgrs. por 100 c. c.    Grs. × 100			
1	P. N.	20	Huancayo	10.7	5.14	5.56	10.0
2	M. C.	25	Orcotuna (Huan)	9.1	3.66	5.44	9.8
3	A. R.	26	Pampas (Hvli.)	8.9	3.34	5.56	10.0
4	C. C.	22	Pampas „	10.2	5.03	5.17	9.3
5	V. R.	20	Cajas (Huan)	12.4	7.29	5.11	9.2
6	A. A.	19	Pampas (Hvli.)	10.1	4.93	5.17	9.3
7	C. R.	28	Tayacaja „	10.9	6.23	4.67	8.4
8	M. L.	20	S. Mgl. (Aycho)	12.4	8.46	3.94	7.1
9	T. E.	19	Paurán „	10.8	6.58	4.22	7.6
10	A. S.	24	Pampas (Hvli.)	10.8	6.02	4.78	8.6
11	F. M.	26	Tambo (Aycho)	11.7	7.03	4.67	8.4

No.	Nombre	Edad	Lug. Nacim.	Calcio	Calcio	Calcio	Proteínas
				total	activo	protéico	totales
				Mgros. por 100 c. c.		Grs. × 100	
12	F. S.	22	Ayacucho	9.3	4.02	5.28	9.5
13	E. R.	22	Pampas (Hvli.)	9.1	3.60	5.50	9.9
14	L. E.	18	Cangallo (Aycho)	12.4	6.73	5.67	10.2
15	V. H.	22	Pampas (Hvli.)	10.7	5.37	5.33	9.6
16	H. V.	32	Huancayo	12.8	7.41	5.39	9.7
17	E. A.	20	Pampas (Hvli.)	12.6	7.43	5.17	9.3
18	D. F.	18	S. Mgl. (Aycho)	10.7	6.03	4.67	8.4
19	D. L.	23	Pampas (Hvli.)	11.7	6.42	5.28	9.5
20	D. M.	21	Pampas „	11.7	6.37	5.33	9.6
21	J. S.	25	Ancoc „	11.2	6.37	4.83	8.7
22	A. P.	21	Pampas „	12.6	7.71	4.89	8.8
23	F. V.	27	Colca (Huanc)	10.7	5.70	5.00	9.0
24	M. LL.	27	Huancavelica	9.3	4.13	5.17	9.3
25	P. C.	27	Jasme (Aycho)	11.9	7.01	4.89	8.8
26	E. F.	22	Huancavelica	13.0	8.06	4.94	8.9
27	E. I.	18	Huancavelica	12.2	7.20	5.00	9.0
28	L. M.	19	Huancayo	12.6	7.55	5.05	9.1
29	R. V.	22	Huancayo	11.8	6.24	5.56	10.0
30	J. P.	17	Pampas (Hvli.)	11.7	6.98	4.72	8.5
31	H. T.	24	Pampas „	11.0	6.06	4.94	8.9
32	V. O.	18	Huanta (Aycho)	10.6	5.82	4.78	8.6
33	V. C.	22	Pampas (Hvli.)	11.2	6.87	4.33	7.8
34	F. C.	19	Huando „	11.9	7.12	4.78	8.6
35	M. R.	20	Huancavelica	10.9	5.79	5.11	9.2
36	A. H.	18	Pampas (Hvli.)	12.2	7.53	4.67	8.4
37	F. J.	21	Ayacucho	11.9	7.35	4.55	8.2
38	A. M.	18	Huancayo	10.9	6.23	4.67	8.4
39	E. M.	20	Pampas (Hvli.)	10.5	5.67	4.83	8.7
40	L. Q.	21	Pampas „	12.3	7.58	4.72	8.5
41	L. B.	20	Ayacucho	11.8	7.25	4.55	8.2
42	A. Q.	18	Huancavelica	12.3	7.41	4.89	8.8
43	N. P.	22	Pampas (Hvli.)	12.2	7.70	4.50	8.1
44	D. J.	19	Pampas „	12.1	7.16	4.94	8.9
45	J. B.	20	Pampas „	12.5	8.00	4.50	8.1
46	S. T.	27	Lircay „	11.6	6.99	4.61	8.3
47	P. B.	25	Pampas „	11.6	6.71	4.89	8.8
48	J. C.	22	Pampas „	11.7	6.70	5.00	9.0
49	G. M.	20	Pampas „	11.5	6.95	4.55	8.2
50	M. A.	21	S. Mgl. (Aycho)	12.3	7.58	4.72	8.5

No.	Nombre	Edad	Lug. Nacim.	Calcio	Calcio	Calcio	Proteinas
				total	activo	protéico	totales
					Mgrs. por 100 c. c.		Grs. $\times$ 100
51	S. A.	19	Pampas (Hvli.)	12.0	7.45	4.55	8.2
52	V. R.	22	Jauja	12.9	7.85	5.05	9.1
53	B. Q.	18	Pampas (Hvli.)	12.1	7.60	4.50	8.1
54	M. A.	20	Huancayo	11.3	6.91	4.39	7.9
55	J. C.	20	Pampas (Hvli.)	11.8	7.25	4.55	8.2
56	L. D.	19	Huancavelica	12.4	7.73	4.67	8.4
57	J. R.	28	Acoria (Hvli.)	11.6	6.93	4.67	8.4
58	A. L.	22	Huancayo	11.1	6.32	4.78	8.6
59	J. R.	20	S. Mgl. (Aycho	11.4	6.40	5.00	9.0)
60	V. S.	20	Pampas (Hvli.)	11.0	7.11	3.89	7.0
61	J. C.	20	Pampas "	11.1	6.32	4.78	8.6
62	V. S.	27	Huancayo	11.6	6.60	5.00	9.0
63	J. A.	23	Pampas (Hvli.)	11.4	6.35	5.05	9.1
64	B. R.	22	Cuenca "	12.0	6.89	5.11	9.2
65	P. T.	22	Pampas "	11.8	6.63	5.17	9.3
66	T. LL.	22	Pampas "	11.3	6.69	4.61	8.3
67	F. L.	18	Pampas "	12.1	7.55	4.55	8.2
68	G. M.	23	Huancayo	11.2	6.20	5.00	9.0
69	M. F.	16	Pampas (Hvli.)	11.1	6.38	4.72	8.5
70	J. S.	25	Pampas "	11.5	6.61	4.89	8.8
71	R. B.	16	Pampas "	11.3	6.30	5.00	9.0
72	M. M.	22	Pampas "	10.9	5.73	5.17	9.3
73	M. C.	18	Pampas "	11.3	7.36	3.94	7.1
74	E. P.	29	Pampas "	12.3	7.13	5.17	9.3
75	B. M.	30	Pampas "	11.9	6.85	5.05	9.1
76	F. S.	19	S. Mgl. (Aycho)	11.8	7.08	4.72	8.5
77	J. T.	30	Pampas (Hvli.)	11.0	5.89	5.11	9.2
78	A. F.	23	Pampas "	11.8	6.30	5.50	9.9
79	V. J.	19	S. Mgl. (Aycho)	12.2	7.03	5.17	9.3
80	M. LL.	24	S. Mgl. "	11.9	6.23	5.67	10.2
81	C. R.	30	S. Mgl. "	12.0	7.00	5.00	9.0
82	M. C.	22	S. Mgl. "	12.2	7.09	5.11	9.2
83	M. B.	21	Tambo "	12.3	7.25	5.05	9.1
84	W. T.	22	Pampas (Hvli.)	11.7	6.26	5.44	9.8
85	E. L.	23	Tambo (Aycho)	11.6	6.43	5.17	9.3
86	E. A.	18	Huancayo	12.8	7.69	5.11	9.2
87	F. LL.	15	Pampas (Hvli.)	12.3	8.36	3.94	7.1
88	A. M.	21	Pampas "	12.0	6.72	5.28	9.5
89	T. L.	22	Huacavelica	12.2	6.64	5.56	10.0

No.	Nombre	Edad	Lug. Nacim.	Calcio	Calcio	Calcio	Proteínas
				total	activo	protéico	totales
				Mgrs. por 100	e. c.	Gr. × 100	
90	A. C.	19	Cangallo (Aych.)	12.8	7.75	5.05	9.1
91	M. S.	23	Huancayo	12.2	6.53	5.67	10.2
92	N. M.	19	Huánuco	11.9	7.01	4.89	8.8
93	C. P.	30	Huancayo	12.0	7.28	4.72	8.5
94	L. M.	22	Chongos (Huan)	11.4	6.85	4.55	8.2
95	P. B.	19	Pampas (Hvli.)	11.3	6.25	5.05	9.1
96	T. P.	23	Pampas „	12.0	6.50	5.50	9.9
97	P. A.	20	Vilca „	11.9	7.68	4.22	7.6
98	A. P.	26	Huancayo	12.5	8.00	4.50	8.1
99	M. R.	18	Huancavelica	12.6	8.55	4.05	7.3
100	R. L.	21	Pampas (Hvli.)	11.1	6.82	4.28	7.7

El análisis estadístico de las 100 determinaciones de calcio de Huancayo, (3,200 mts. de altura) es el siguiente expresado en miligramos por 100 c.c.

<i>Media</i> . . . . .	= 11.62	mgrs. por 100 c.c.
<i>E. P. de la media</i> . . . . .	= 0.05	„ „ „ „
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	= 0.82	„ „ „ „
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	= 0.03	„ „ „ „
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	= 7.1 %	
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	= 8.9 a 13.0	„ „ „ „

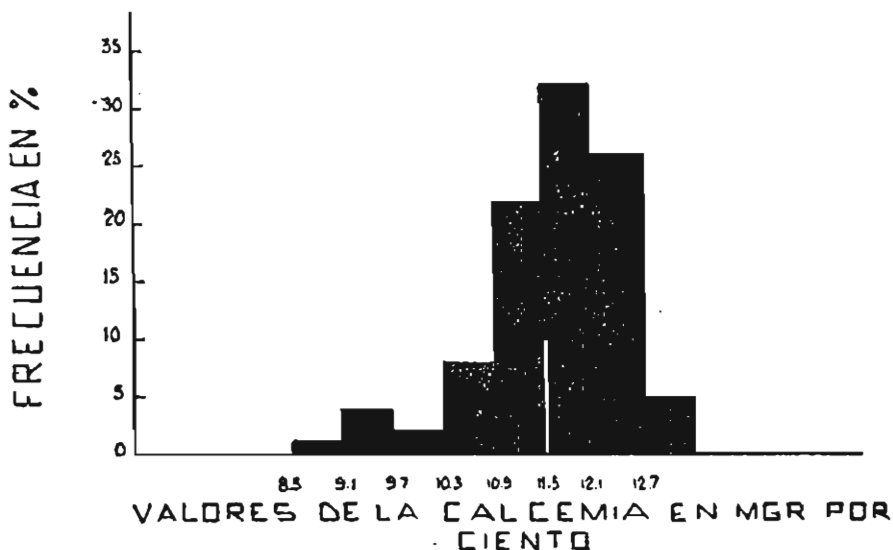
Colocamos a continuación el Histograma correspondiente a las cifras de los sujetos de Huancayo que expresa el número de observaciones, que por tratarse de 100, corresponde al tanto por ciento, en relación a la taza de calcio encontrada.

La media encontrada para Huancayo a 3.2 Kms. de altura es de: 11.62 mgrs. por ciento.

El análisis estadístico para el calcio fisiológicamente activo en Huancayo es:

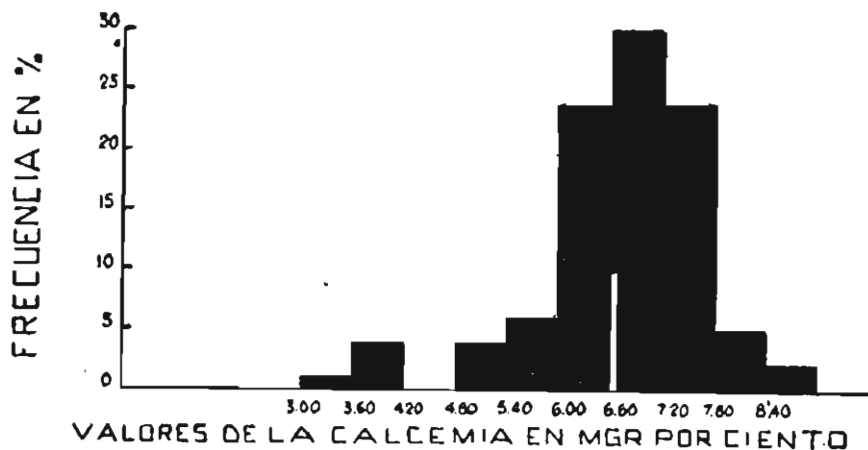
<i>Media</i> . . . . .	= 6.69	mgrs. por 100 c.c.
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	= 0.06	„ „ „ „
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	= 0.97	„ „ „ „
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	= 0.04	„ „ „ „
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	= 14.4 %	
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	= 3.34 a 8.55	„ „ „ „

## HISTOGRAMA DEL CALCIO TOTAL EN HUANCAYO



El porcentaje de individuos, en relación a la tasa de calcio activo, está expresado en el siguiente Histograma:

## HISTOGRAMA DEL CALCIO ACTIVO EN HUANCAYO





## ESTUDIO COMPARATIVO CON LA CALCEMIA DE LOS COSTEÑOS

Las determinaciones realizadas en la altura a 3.2 Kms., dan para el calcio total, una media de 11.62 mgrs. por 100 c.c. en comparación a la media de 11.06 mgrs. por 100 c.c. encontrada en la costa.

Se puede apreciar que hay pues, un aumento del calcio total en la altura, pero un aumento ligero.

En cuanto al calcio fisiológicamente activo, hemos determinado en la altura (3.2 Kms.) una media de 6.69 mgrs. por 100 c.c., que comparada con la media de 6.44 mgrs., por 100 c.c., hallada en la Costa, nos hace ver un ligerísimo aumento del calcio activo en la altura, pero éste es muy insignificante. Esto se debe a que las cifras de proteínas totales en la altura, se hallan aumentadas, como lo ha demostrado el señor Salas (Tesis para el Bachillerato); por consiguiente, habría una mayor tasa de calcio protéico, lo que ocasionaría una relativa disminución del calcio activo, disminución que más o menos igualaría al aumento del calcio total en la altura.

De allí, que no obstante haber un aumento del calcio total, el calcio fisiológicamente activo apenas se eleva sobre el encontrado en la Costa.

A continuación, un cuadro comparativo de las cifras estadísticas de Lima y Huancayo.

### CUADRO COMPARATIVO DEL CALCIO TOTAL EN LIMA Y HUANCAYO

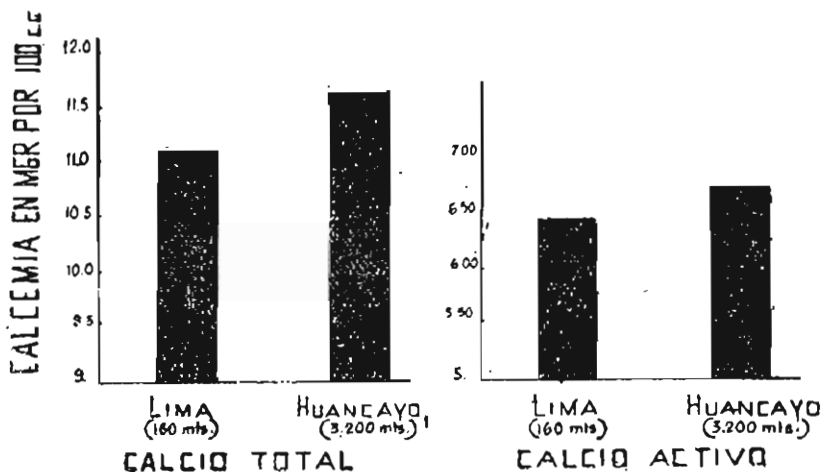
	LIMA	HUANCAYO
	mgrs. × 100 cc.	mgrs. × 100 cc.
<i>Media</i> . . . . .	11.06 ± 0.06	11.62 ± 0.05
<i>Desviación standard</i> . . . . .	0.50 ± 0.04	0.82 ± 0.03
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	4.5 %	7.1 %
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	10.1 a 12.1	8.9 a 13.0

**CUADRO COMPARATIVO DEL CALCIO ACTIVO EN  
LIMA Y HUANCAYO**

	<b>LIMA</b> mgrs. × 100 cc.	<b>HUANCAYO</b> mgrs. × 100 cc.
<i>Media</i> . . . . .	6.44 ± 0.08	6.69 ± 0.06
<i>Desviación standard</i> . . . . .	0.61 ± 0.05	0.97 ± 0.04
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	9.4 %	14.4 %
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	5.10 a 7.49	3.34 a 8.55

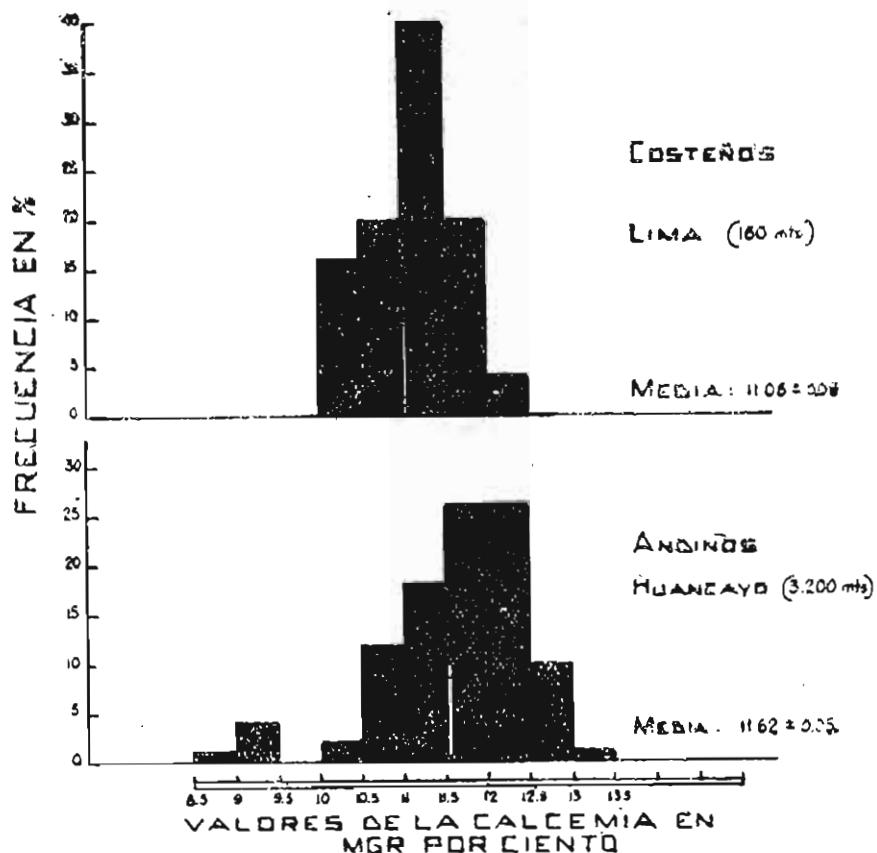
Insertamos un gráfico que nos compara el calcio total y activo en Lima y Huancayo:

**COMPARACION DE LAS CIFRAS MEDIAS  
DEL CALCIO EN LIMA Y HUANCAYO**

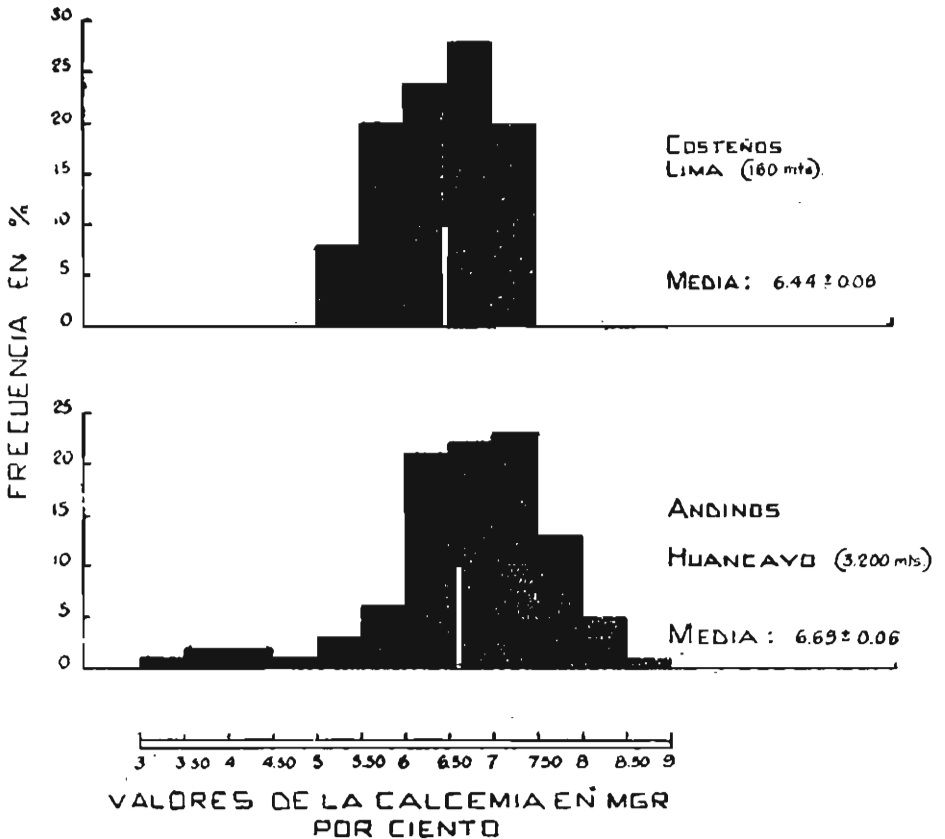


Además para una mejor comprensión e ilustración del asunto, hemos hecho los siguientes Histogramas, comparando los porcentajes de individuos en relación a la cifra de calcio, pero igualando la escala en todos, para que sean comparables.

HISTOGRAMAS DEL CALCIO TOTAL



## HISTOGRAMAS DEL CALCIO ACTIVO



### VARIACIONES DE LA CALCEMIA EN COSTEÑOS EN LA ASCENSION A LAS GRANDES ALTURAS

Para realizar este estudio, hemos hecho una expedición a la Sierra en Abril del presente año, dirigida por el profesor Monge y financiada con un donativo de la Universidad Mayor de San Marcos, por gentileza del señor Rector doctor Alfredo Solf y Muro, que agradecemos.

Las determinaciones han sido hechas en los miembros de la expedición, los compañeros de estudios: A. Salas, B. Iglesias, R. Sáenz, J. M. Sclano, E. Arnáez, R. Gastelumendi, M. San Martín, P. Summers, J. Lazarte y P. Martínez, que desin-

teresadamente, colaboraron eficazmente en nuestro trabajo, atención que debidamente agradecemos.

El día anterior al de la salida, hicimos las determinaciones del calcio en Lima. El mismo día de la salida, llegamos a Morococha (4,5 Kms.), a las 11 a.m., después de tres horas de viaje, donde hemos extraído sangre a todos los miembros de la expedición.

Debemos advertir, que en Morococha, algunos miembros de la expedición experimentaron el "Soroche", sobre todo Iglesias, y aún más marcadamente Arnáez, quien sufrió del "Soroche" en forma seria, habiendo necesidad de ponerlo en reposo, darle oxígeno, y después de dos horas fué conducido a Huancayo (3,2 Kms. de altitud), donde se sintió del todo bien.

Los miembros de la expedición en Huancayo, adonde se llegó al anochecer, descansaron durante esa noche, y al día siguiente sacamos muestras de sangre nuevamente, para hacer las determinaciones del calcio a nuestro regreso a Lima, después de haber separado el suero y envasado convenientemente.

Veamos los resultados obtenidos en Lima:

#### VALORES DEL CALCIO EN LOS MIEMBROS DE LA EXPEDICION. LIMA (160 mts.)

	Calcio total	Calcio activo	Calcio protéico	Proteínas totales
	Mgr. por 100 c.c.			Grs. por 100
Martínez . . . . .	10.3	6.13	4.17	7.5
Salas . . . . .	11.2	6.09	5.11	9.2
Palti . . . . .	10.3	5.19	5.11	9.2
Lazarte . . . . .	10.9	6.96	3.94	7.1
San Martín . . . . .	9.6	4.71	4.89	8.8
Iglesias . . . . .	11.1	7.05	4.05	7.3
Saenz . . . . .	11.5	7.11	4.39	7.9
Gastelumendi . . . . .	9.9	5.68	4.22	7.6
Solano . . . . .	11.1	6.27	4.83	8.7
Arnáez . . . . .	11.4	7.01	4.39	7.9
Summers . . . . .	10.2	5.59	4.61	8.3

El análisis estadístico para el calcio total es:

<i>Media</i> . . . . .	=	10.68	mgrs. por 100 c.c.
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	=	0.13	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	=	0.61	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	=	0.09 ;	" " " "
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	=	5.7 %	
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	=	9.6 a 11.5	" " " "

Y el análisis estadístico para el calcio fisiológicamente activo es como sigue:

<i>Media</i> . . . . .	=	6.17	mgrs. pro 100 c.c.
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	=	0.17	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	=	0.84	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	=	0.12	" " " "
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	=	13.6 %	
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	=	5.19 a 7.21	" " " "

De lo expuesto vemos que en Lima, para los miembros de la expedición, encontramos una *media* de 10.68 mgrs. por ciento para el calcio total, y de 6.17 mgrs. por ciento, para el calcio fisiológicamente activo.

Los resultados obtenidos en Morococha son los siguientes:

#### VALORES DEL CALCIO EN LOS MIEMBROS DE LA EXPEDICION. MOROCOCHA (4.5 Kms.)

	Calcio total	Calcio activo	Calcio protéico	Proteínas totales
	Mgr. por 100 c.c.			Gr. por 100
Martínez . . . . .	11.0	....	....	...
Salas . . . . .	11.3	6.25	5.05	9.1
Palti . . . . .	11.0	5.56	5.44	9.8
Lazarte . . . . .	12.0	....	....	...
San Martín . . . . .	9.9	4.62	5.28	9.5
Iglesias . . . . .	11.5	5.78	5.72	10.3
Saéñz . . . . .	11.3	5.97	5.33	9.6
Gastelumendi . . . . .	12.5	7.56	4.94	8.9
Solano . . . . .	10.8	5.75	5.05	9.1
Arnáez . . . . .	10.2	5.20	5.00	9.0
Summers . . . . .	11.9	6.40	5.50	9.9

El análisis estadístico para el calcio total es:

<i>Media</i> . . . . .	=	11.22	mgrs. por 100 c.c
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	=	0.15	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	=	0.73	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	=	0.11	" " " "
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	=	6.5 %	" " " "
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	=	9.9 a 12.5	" " " "

El análisis estadístico para el calcio fisiológicamente activo, en Morococha, es el siguiente:

<i>Media</i> . . . . .	=	5.88	mgrs. por 100 cc.
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	=	0.21	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	=	0.90	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	=	0.15	" " " "
<i>Coef. de variación</i> . . . . .	=	15.3 %	" " " "
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	=	5.20 a 7.56	" " " "

Como se vé, en Morococha, hemos encontrado para el calcio total una media de 11.22 mgrs. por ciento, y para el calcio fisiológicamente activo, una media de 5.88 mgrs. por 100.

Los resultados obtenidos en Huancayo para los miembros de la expedición son:

### VALORES DEL CALCIO EN LOS MIEMBROS DE LA EXPEDICION. HUANCAYO (3.2 Kms.)

	Calcio total	Calcio activo	Calcio protéico	Proteínas totales
	Mgr. por 100 c.c.			Grs. por 100
Martínez . . . . .	10.1	....	....	...
Salas . . . . .	11.7	6.70	5.00	9.0
Palti . . . . .	10.2	4.70	5.50	9.9
Lazarte . . . . .	12.1	7.10	5.00	9.0
San Martín . . . . .	10.1	5.71	4.39	7.9
Iglesias . . . . .	11.3	7.36	3.94	7.1
Saenz . . . . .	11.7	....	....	...
Gastelumendi . . . . .	11.9	7.07	4.83	8.7
Solano . . . . .	10.9	....	....	...
Arnáez . . . . .	12.3	7.08	5.22	9.4
Summers . . . . .	12.1	7.16	4.94	8.9

El análisis estadístico para el calcio total en Huancayo es como sigue:

<i>Media</i> . . . . .	= 11.31	mgrs. por 100 c.c.
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	= 0.17	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	= 0.81	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	= 0.12	" " " "
<i>Coef. de Variación</i> . . . . .	= 7.1 %	" " " "
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	= 10.1 a 12.3	" " " "

El análisis estadístico para el calcio fisiológicamente activo es el siguiente:

<i>Media</i> . . . . .	= 6.61	mgrs. por 100 c.c.
<i>E. P. de la Media</i> . . . . .	= 0.21	" " " "
<i>Desviación Standard</i> . . . . .	= 0.86	" " " "
<i>E. P. de la Desv. St.</i> . . . . .	= 0.15	" " " "
<i>Coef. de Variación</i> . . . . .	= 13.0 %	" " " "
<i>Variaciones extremas</i> . . . . .	= 4.70 a 7.36	" " " "

La media para el calcio total en Huancayo, es pues de 11.31 mgrs. por ciento, y del calcio fisiológicamente activo es de 6.61 mgrs. por ciento.

Podemos comparar los valores del calcio en Lima, Morococha y Huancayo, lo que está expresado en el cuadro siguiente:

#### COMPARACION DE LOS VALORES DEL CALCIO CALCIO TOTAL

	Lima	Morococha	Huancayo
	Mgr.×100 c.c.	Mgr.×100 c.c.	Mgr.×100 c.c.
Martínez . . . . .	10.3	11.0	10.1
Salas . . . . .	11.2	11.3	11.7
Palti . . . . .	10.3	11.0	10.2
Lazarte . . . . .	10.9	12.0	12.1
San Martín . . . . .	9.6	9.9	10.1
Iglesias . . . . .	11.1	11.5	11.3
Saenz . . . . .	11.5	11.3	11.7
Gastelumendi . . . . .	9.9	12.5	11.9
Solano . . . . .	11.1	10.8	10.9
Arnáez . . . . .	11.4	10.2	12.3
Summers . . . . .	10.2	11.9	12.1



**CALCIO FISIOLÓGICAMENTE ACTIVO**

	Lima Mgr. × 100 c.c.	Morococha Mgr. × 100 c.c.	Huancayo Mgr. × 100 c.c.
Martínez . . . . .	6.13	....	....
Salas . . . . .	6.09	6.25	6.70
Palti . . . . .	5.19	5.56	4.70
Lazarte . . . . .	<b>6.96</b>	....	7.10
San Martín . . . . .	<b>4.71</b>	4.62	5.71
Iglesias . . . . .	7.05	5.78	7.36
Saenz . . . . .	7.11	5.97	....
Gastelumendi . . . . .	5.68	7.56	7.07
Solano . . . . .	6.27	5.75	....
Arnáez . . . . .	7.01	5.20	7.08
Summers . . . . .	5.59	6.40	7.16

Para mejor comprensión, indicamos a continuación dos cuadros comparativos de las cifras estadísticas encontradas:

**CUADRO COMPARATIVO DEL CALCIO TOTAL EN LIMA, MOROCOCHA Y HUANCAYO****(Miembros de la Expedición)**

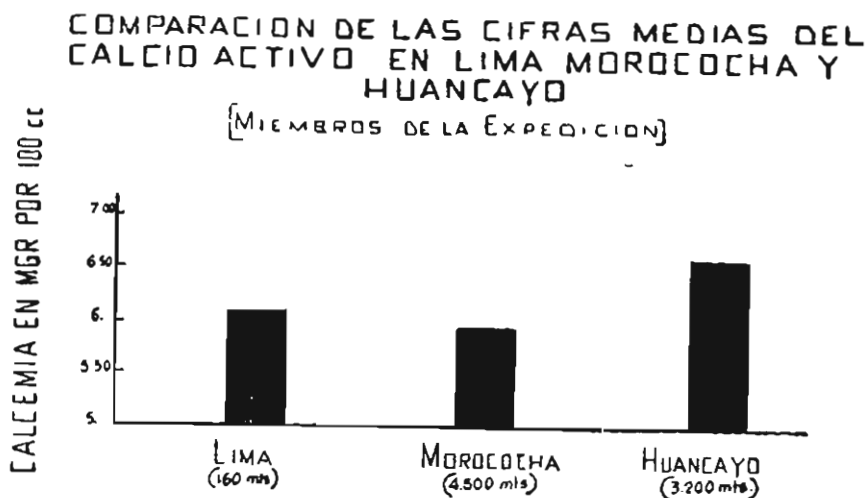
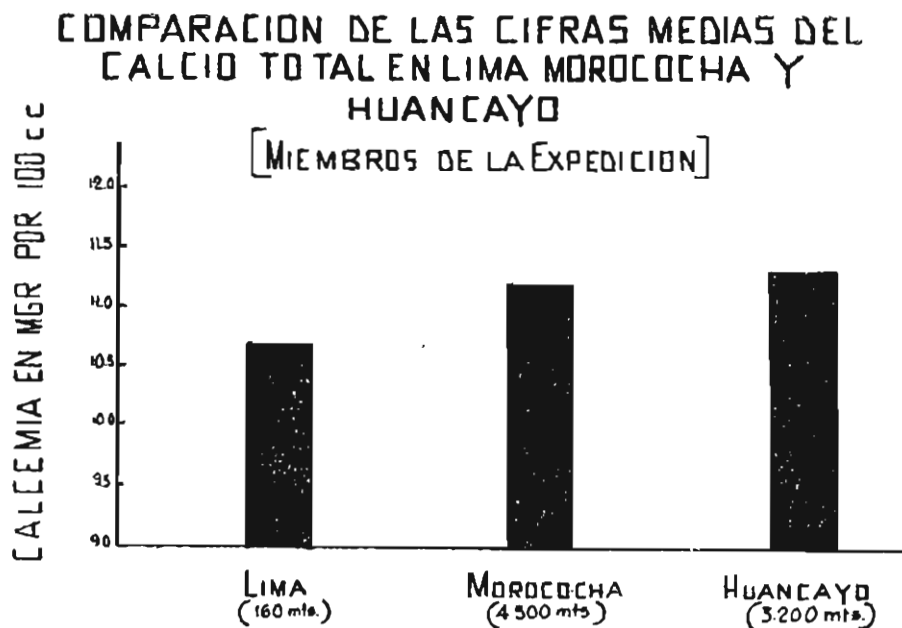
	Lima mgr. × 100	Morococha mgr. × 100	Huancayo mgr. × 100
<i>Media</i> . . . . .	10.68 ± 0.11	11.22 ± 0.15	11.31 ± 0.17
<i>Desv. Standard.</i> . . . .	0.53 ± 0.08	0.73 ± 0.11	0.81 ± 0.12
<i>Coef. de Variación</i> . . . .	4.9 %	6.5 %	7.1 %
<i>Variac. extremas</i> . . . .	9.6 a 11.5	9.9 a 12.5	10.1 a 12.3

**CUADRO COMPARATIVO DEL CALCIO FISIOLÓGICAMENTE ACTIVO**

	Lima mgr. × 100	Morococha mgr. × 100	Huancayo mgr. × 100
<i>Media</i> . . . . .	6.17 ± 0.17	5.88 ± 0.21	6.61 ± 0.21
<i>Desv. Standard.</i> . . . .	0.84 ± 0.12	0.90 ± 0.15	0.86 ± 0.15
<i>Coef. de Variación</i> . . . .	13.6 %	15.3 %	13.0 %
<i>Variac. extremas</i> . . . .	5.19 a 7.21	5.20 a 7.56	4.70 a 7.36

Como se ve, hay un aumento del calcio total en la ascension.— En lo que se refiere al calcio activo, disminuye ligeramente en Morococha, para subir por encima de las cifras de Lima, en Huancayo.

En seguida, colocamos unos gráficos, que comparan las cifras medias de Lima, Morococha y Huancayo.



Ilustramos estas comparaciones, insertando en la pág. siguiente, las curvas de los 11 miembros de la expedición.

En la Fig. I, está representada la curva del Calcio total, poniendo en trazo grueso, el valor de la media.

En la Fig. II, están las curvas del Calcio Activo.

Y en la Fig. III, están representadas las curvas del Calcio protéico.

En lo que se refiere al Calcio total, la mayoría presenta una curva ascendente.—Dos de ellos descienden ligeramente en Morococha, pero hay uno que desciende notablemente en dicho lugar, para volver a subir a Huancayo.—Esta corresponde a E. Arnaez, que según dijimos anteriormente, sufrió del "Soroche".

En lo que se refiere al Calcio fisiológicamente activo, (Fig. II), hay dos curvas que descienden notablemente en Morococha.—La primera, menos acentuada corresponde a B. Iglesias, quién también sufrió del "Soroche", pero en forma benigna, y la segunda corresponde a E. Arnáez, de quién ya hemos hablado.

Los trabajos del Dr. Monge, explican claramente que en la ascensión hay un aumento del pH sanguíneo, es decir pues, una alcalosis. Y que en el "Soroche", la alcalosis es mayor.

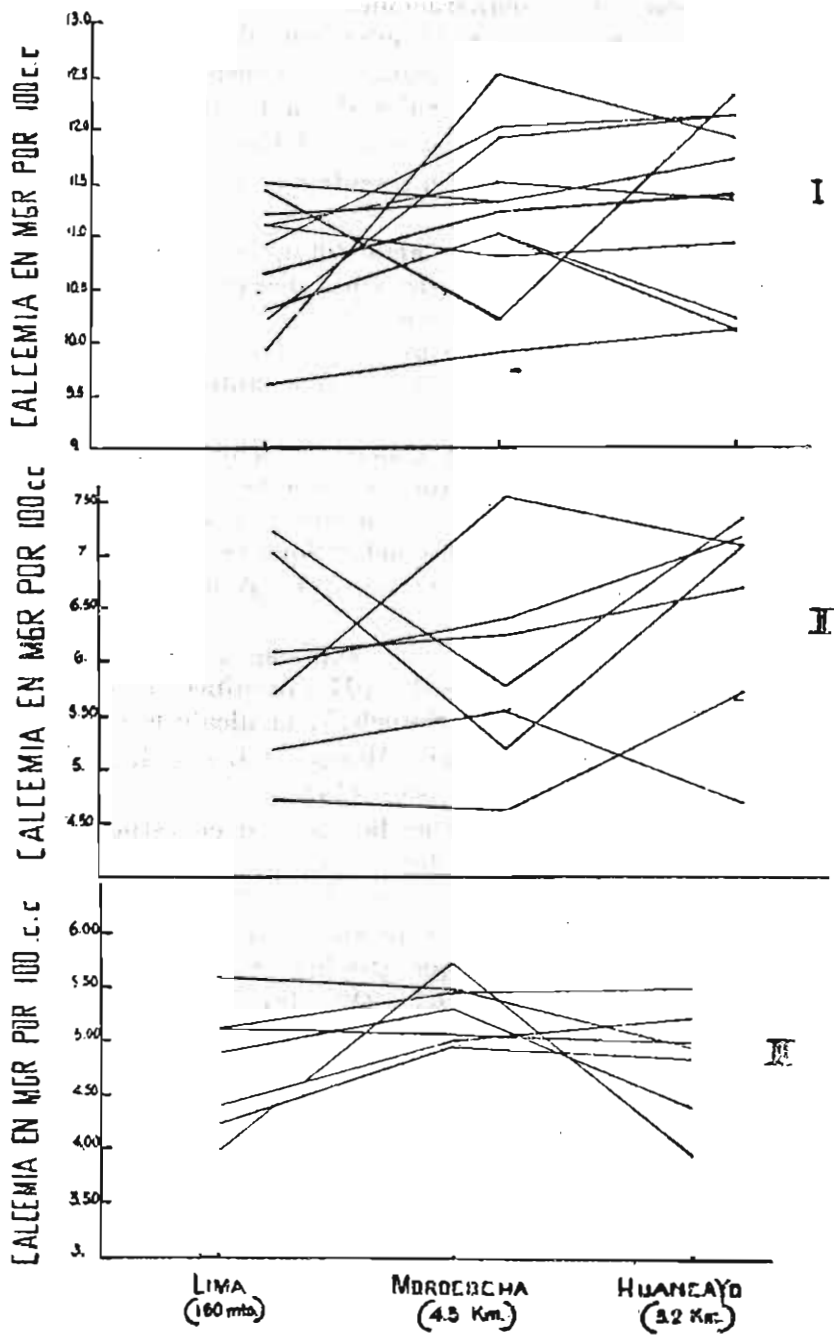
Copiamos del libro del Dr. Monge "Les Erithremies de l'altitude", pág. 53, lo siguiente: (14)

"Si se busca a profundizar la cuestión en estudio, la causa posible del mal de las montañas, nosotros podemos decir que el problema ya es admitido netamente por los fisiólogos.

Es la anoxemia, la causa primera; su consecuencia es la hiperventilación pulmonar, que produce un aumento del oxígeno alveolar y una caída del CO<sub>2</sub> libre y del CO<sub>2</sub> total.—Existe sin embargo, una desviación del pH, en el sentido de la alcalinidad.—El riñón, elimina por compensación un exceso de base".

Los trabajos del profesor Monge, publicados en su libro: La enfermedad de los Andes, coinciden en el mismo sentido.

Si esto es así, sin afirmar nada rotundamente, podríamos explicar la caída del calcio de Arnáez y de Iglesias, en Morococha.—Es posible, pues, que estando con "Soroche", según lo antedicho, tuvieran un pH alto y por tanto alcalino, que disminuye la cifra del calcio sanguíneo,



## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### DISCUSION

El calcio es absorbido por el intestino y eliminado por las heces, mientras que el potasio en su mayor parte se elimina por la orina.—La Parat-hormona regula el nivel del calcio, favoreciendo su absorción y manteniendo la calcemia.—Si la hipercalcemia producida por inyecciones de extractos paratiroides es considerable, hay un síndrome de hiperviscosidad sanguínea.—Por el contrario en la paratiroidectomía, hay disminución del nivel del calcio.

Según Albright, citado por Peters y Van Slyke (8), hay antagonismo entre calcio y fosfato.—Si la concentración del uno aumenta, la del otro disminuye.

Si la concentración del calcio baja a 7 mgrs. por ciento, aparecen síntomas de tetania.

La Vitamina D y la radiación Ultravioleta, modificaría la calcemia, y favorece el depósito del calcio en los tejidos.

Rona y Takahashi, han establecido esta ecuación:

$$\text{Ca}^{++} = \frac{\text{K}}{\text{K}'} \frac{(\text{H}^+)}{(\text{HCO}_3^-)}$$

por la que se ve que el  $\text{Ca}^{++}$  aumenta en proporción directa a la concentración de iones  $\text{H}^+$ , si el bicarbonato permanece constante.

El profesor Monge, en sus estudios sobre el metabolismo del calcio, (15), establece que: "en algunos casos de Eritremia de la altura, el síndrome de hipercalcemia e hiperviscosidad puede aparecer, pero es evidente que estos estudios necesitan mayor profundidad".—En un caso encontró 16 mgrs. por 100 c.c. de calcio en el suero sanguíneo. (16)

Anotemos que Brown y Ross, citados por Peters y Van Slyke (8), encontraron en casos de Policitemia Vera, hipercalcemia hasta 18 mgrs. por ciento.

En principio en la ecuación de Rona, se deduce que el  $\text{Ca}^{++}$ , debe disminuir conforme  $\text{H}^+$  aumenta, lo que efectivamente ocurre. (Monge, Ewig, Dill).

Monge hace observar que: "Los aviadores presentan ciertas perturbaciones de la contracción muscular, caracteri-

zadas por rigideces, calambres, signos de excitabilidad muscular, estudiadas por Missiuro, citado por Beyne. (17).—De otro lado Richet, Garseaux, y Behague, han visto producirse crisis epileptiformes en conejos sometidos a grandes depresiones atmosféricas, lo que significa una condición de alcalosis, sin que se pueda prejuzgar sobre la calcemia, pues no se ha determinado”.

Se trata de trastornos contracturales, rigideces de los miembros, calambres análogos a los descritos por Monge, en tan variadas formas, en sus diversas publicaciones sobre la Enfermedad de los Andes.—“La macolca, puede reconocer este mismo origen”.

Evidentemente este punto necesita investigación particular.

Nosotros lo único que hemos encontrado, ha sido la coincidencia de hipocalcemia y “Soroche”. En un caso, hipocalcemia sin hiperproteinemia, en otro con aumento de proteínas, lo que significa que el calcio activo juega el papel más importante.

El estudio del metabolito calcio, se relaciona con el sistema químico-físico de la sangre, sistema tampón, sistema osmótico, etc. de lo cual se ha ocupado el profesor Monge. (15)

Nosotros vamos a considerar el sistema nervioso vegetativo del andino en función de nuestros hallazgos.

En la regulación del sistema nervioso vegetativo, aparte de los centros vegetativos corticales, diencefálicos, o hipotalámicos y medulares que pertenecen al sistema nervioso central, debe tomarse en consideración la del sistema nervioso vegetativo periférico.—La regulación de éste, puede ser o exclusivamente nerviosa, u hormonal, o psicofísica, o químico-electrolítica.

Refiriéndonos únicamente a esta última, recordaremos que los experimentos de Loeb, demostraron que sólo el equilibrio electrolítico, entre el potasio y el calcio, permite el desarrollo normal de la blástula de “sphrichimus”.—Un desplazamiento del equilibrio potasio-calcio favorable al primero, en los animales, produce bradicardia; favorable al segundo taquicardia, tal como si se excitara el parasimpático o el simpático respectivamente.—De suerte pues, que así en los animales sin estructuras nerviosas, como en los superiores con sistema vegetativo, los estímulos químicos impresionan siempre el tono o actividad celular, en determinada dirección.—No obstante de que la actividad vegetativa produce el desplazamiento de los

caciones anotados, la célula puede también, en los animales superiores como en los inferiores, crear el equilibrio favorable a sus necesidades.

Anótese además que, si como lo demostró Krauss, perfundimos el corazón con una solución rica en calcio, la excitación del vago produce además un efecto simpaticotónico, y al contrario, si es rica en potasio, la excitación del simpático produce efecto<sup>o</sup> vagal.

No quiere esto decir por cierto, que todo el problema de la excitación del sistema vegetativo, se reduzca a variaciones exclusivas del cociente de cationes potasio y calcio.—Se sabe que los mediadores químicos en los sistemas limítrofes—neurorocelulares—son para el sistema parasimpático la acetil colina, como lo ha demostrado Dale, (18); para el simpático: la simpatina (Cannon).—Y de otro lado la lecitina y colessterina tienen acción análoga.—“Así vemos que el potasio, Vago y lecitina, actúan idénticamente debido a que alteran el equilibrio coloidal celular de tal manera que predomina la lecitina, mientras que el calcio, Simpático y colessterina, producen un desplazamiento del equilibrio a favor de la colessterina”.—“El problema que nos interesa se refiere a la posibilidad de una acción diversa sobre las superficies limítrofes de las células, por parte del Vago y del Simpático”.—“Según Zondeck, la transmisión del impulso nervioso vegetativo está a cargo de un mecanismo, cuya base reside esencialmente en modificaciones del equilibrio electrolítico en las superficies limítrofes neurohísticas”. (19).

“La sensibilidad del organismo frente a la adrenalina, y la manera como ejercen su acción, dependen ante todo de la presencia de determinados electrolitos.—Especialmente es necesaria para una acción normal, la presencia del calcio”.

“La presencia de ciertos iones inorgánicos es necesaria para una excitabilidad normal del sistema nervioso vegetativo.—Son especialmente importantes el potasio y el calcio, que muestran cierto antagonismo.—El primero recuerda en sus acciones al estímulo del parasimpático, el último a la excitación de los nervios simpáticos”. (20).

Zondeck, fué el primero en establecer que la acción simpática se debe a un enriquecimiento de iones cálcicos, así como la excitación de los nervios parasimpáticos produce una concentración de potasio.

“La célula no necesita de los nervios cuando debe sobrevenir una acción iónica determinada, pero si necesita iones

cuando tiene que realizarse una determinada acción nerviosa". (Zondeck) (21).

"La acción del calcio sobre los órganos, es semejante a la que se consigue estimulando el Simpático; el sistema nervioso vegetativo actuaría sobre los órganos sensibles, sirviéndose de los iones Ca y K como instrumentos" (9).

En suma: Potasio y Calcio son electrolitos; parasimpático-mimético el primero, simpático-mimético el segundo, cuyo cociente  $\frac{K}{Ca}$  define el equilibrio vegetativo alterado o bajo, se-

$\frac{Ca}{Ca}$

gún el predominio del Vago o del Simpático.

Se hacía pues interesante, ver si en la altura, la distonía vagosimpática demostrada por Monge, verificaba la teoría química electrolítica.

Si aplicamos estas nociones a nuestros resultados, las leyes de Zondeck no encuentran su verificación.—Efectivamente, al sistema de anfotonía vago-simpática del Andino, (Monge, Pesce, Aste), debería corresponder un incremento apreciable de la relación  $\frac{K}{Ca}$ , lo que no tiene lugar.—En las 10 de-

$\frac{Ca}{Ca}$

terminaciones de potasio a 4.5 Kms., las cifras más bien tienen tendencia a bajar.—En cambio el calcio aumenta y otro tanto ocurre con los sujetos aclimatados, sin que tampoco las variaciones sean excesivamente considerables.

De rigor en los postulados de Zondeck, cabría un estado de hipersimpaticotonía únicamente.

Además, si nos referimos al calcio activo ( $Ca^{++}$ ), que parece es el estimulante electivo del sistema nervioso, entonces menos aún podríamos establecer la relación química pretendida en las conexiones neurotisulares.

Es de observar con todo, que en los dos casos de "Soroche" la calcemia cayó; en un caso, el más intenso, el calcio total; y en los dos el  $Ca^{++}$ .—Los sujetos acusaban esa impregnación vagal y simpática en inminencia de colapso, tan característica del Soroche, y sin embargo el calcio estaba disminuído.

No se concilia pues este aspecto clínico, con el hallazgo químico.—Las doctrinas de Zondeck no encuentran aquí aplicación.

Por lo demás esto está conforme con las tendencias fisiológicas modernas que quitan a la teoría de Zondeck todo su valor.



Efectivamente, Cicardo, (22) asegura que: "es indudable que los iones potasio y calcio carecen de la especificidad atribuída por los trabajos de Howell y Zondeck, según las cuales la actividad vagal se manifiesta principalmente por la intervención del Potasio y la del Simpático por la del Calcio".

Más importante aún, es el trabajo de B. A. Houssay, A. D. Marenzi y R. Gerschman, (23), quienes demuestran que la liberación del potasio hepático es consecuencia de un mecanismo Simpático-adrenalínico, en los casos de asfixia y otros, lo que quita al ión potasio su papel excito-vagal y lo hace consecuencia de excitación simpática.

Pero no olvidemos que "en el metabolismo del Calcio, las Paratiroides juegan el importante papel de mantener el sistema nervioso en un estado de irritabilidad óptima". (24).

### CONCLUSIONES

- I.—El Calcio total en la altura a 3,2 Kms. está aumentado en comparación con el de la costa.
- II.—El Calcio fisiológicamente activo en la altura a 3,2 Kms. está ligeramente aumentado.
- III.—En la ascensión a las grandes alturas realizadas por costeros, la cifra del Calcio total va aumentando conforme se vá ascendiendo.
- IV.—El Calcio fisiológicamente activo sufre ligeras desviaciones a nivel de Morococha (4,5 Kms.), en relación con la hiperproteinemia.
- V.—En dos casos de "Soroche", hubo hipocalcemia, absoluta en uno, relativa por hiperproteinemia en otro, lo que da más importancia a la hipocalcemia activa en su determinismo.
- VI.—No hemos encontrado relación entre la distonía Vago-Simpática de la altura y la Calcemia.

### BIBLIOGRAFIA

- (1).—Monge C.—"Climatopathologie des Hauts Plateaux".—Traité de Climatologie Biologique et Médicale.—Paris. 1934.
- (2).—Monge, Encinas, Cervelli, Pesce, Villagarcía, etc.—"Fisiología Andina y Circulación".—Anales de la Fac. de C. Méd.—Lima, No. 1.—1935.

- (3).—**Monge C. y Pesce H.**—“El Sistema nervioso vegetativo del hombre de los Andes”.—Anales de la Fac. de C. Méd.—Lima, No. 1. 1935.
- (4).—**Loewy A.**—“Physiologie des Hohenklimas”.—Berlín 1932.
- (5).—**Aste Salazar J. H.**—“Exploración funcional del sistema nervioso extracardíaco del andino”.—Tesis.—Lima, 1936.
- (6).—**Izquierdo J.**—“La Polycythémie de l'Anoxémie Aigue”.—Journ. de Physiol. et Pathol. Gen.—1929.
- (7).—**Torres H.**—“La presión arterial en hombres a nivel del mar y en las altiplanicies andinas”. Tesis.—Lima, 1937.
- (8).—**Peters J. P. y Van Slyke D.**—“Quantitative Clinical Chemistry”. Interpretations.—Baltimore, 1937.
- (9).—**Bondoni P.**—“Compendio de Bioquímica”.—1935.
- (10).—**Corona L.**—“Tratado de Química Normal y Patológica de la sangre”. 1937.
- (11).—**Fac. de Ciencias Médicas de Buenos Aires.**—“Guía de trabajos prácticos de Química Biológica”, 4.<sup>a</sup> Edición.—1934.
- (12).—**Best C. H. y Taylor N. B.**—“The Physiological basis of Medical Practice”.—Baltimore, 1937.
- (13).—**Escudero F. L.**—“Calcemia y Potasemia normales”.—Tesis.—Lima 1937.
- (14).—**Monge C.**—“Les Erythémies de L'Altitude”.—Paris, 1929.
- (15).—**Monge C.**—“Bioquímica de la sangre en sus relaciones con la altura”.—Comun. al 1er. Congreso Nac. de Química.—1938.
- (16).—**Monge C.**—“Sobre algunas manifestaciones congestivas de orden cerebral en las criemias de la altura”.—An. de la Fac. de C. Méd. Lima.—No. 1. 1936.
- (17).—**Beyne J.**—“Le mal des aviateurs”.—Traité de Climatologie Biol. et Méd. Tomo II.—Paris.—1934.
- (18).—**Dale E.**—“Chemical transmission of nervous impulses”.—Brit. Med. Journ. 835.—1934.
- (19).—**Jedlicky A.**—“El sistema vegetativo”.—Stgo. de Chile, 1937.
- (20).—**Steidle H.**—“Farmacología del sistema nervioso vegetativo”.—Edit. Labor. 1937.
- (21).—**Zondeck S. G.**—“The Elektrolite”. (Citado por Jedlicky).—Berlin, 1927.
- (22).—**Cicardo B. H.**—“Rev. de la Soc. Arg. de Biología”.—No. 8.—1937.
- (23).—**Houssay B. A., Marenzi A. D., y Gerschman R.**—“Comptes rendus des Séances” de la Soc. de Biologie.—5 Nov. 1936.
- (24).—**Hoskins R. G.**—“The Tides of Life”.—New York.—Pág. 115.—1933.