

INSTITUTO DE BIOLOGIA ANDINA

DIRECTOR Dr. CARLOS MONGE M.

DISTRIBUCION DE LA GLUCOSA SANGUINEA Y SU VARIACION CON EL CAMBIO DE ALTITUD

Por **MAURICIO V. SAN MARTIN FRAYSSINET**

Tesis para optar el grado de Bachiller en Medicina

INTRODUCCION

Es una idea muy generalizada que la distribución de la glucosa sanguínea entre glóbulos y plasma debe corresponder a la unidad, pero recientes trabajos publicados por SOMOGYI, FOLIN y SVEDBERG señalan que este concepto es completamente erróneo. Esta opinión puede ser fácilmente explicada porque los métodos hasta entonces empleados no eran específicos para la glucosa, y como la mayor parte del material no fermentable que produce la reducción residual en los extractos de sangre "lacada" se encuentra en los glóbulos, resultaba que las cifras dadas para éstos eran mayores que la realidad. FOLIN y SVEDBERG, trabajando con extractos libres de proteínas en sangre "no lacada", señalan cifras de glucemia que varían entre 11 y 17 miligramos por ciento más bajas que empleando el método "lacado". Partiendo de los resultados obtenidos por este método encuentran que la relación entre la glucosa globular y plasmática varía entre 0.51 y 0.64, siendo la relación promedial de 0.60.

SOMOGYI hace una revisión experimental del trabajo de FOLIN y SVEDBERG y, mediante el empleo del método de desproteínización con zinc para la sangre y con

cobre para el plasma, encuentra que la relación entre la glucosa globular y plasmática era de 0.70 y 0.86, cifras más elevadas que las dadas por FOLIN y SVEDBERG. Esta diferencia en los resultados se la explica SOMOGYI porque FOLIN y su colaborador determinaron valores de reducción total y no de verdadera azúcar en el plasma. Según SOMOGYI, en el plasma se encuentra un promedio de 5 miligramos % de sustancias reductoras no-glucosa, lo que es suficiente para alterar —cuando se emplea el método de Folin-Wu—la verdadera cifra de distribución del azúcar sanguíneo. Las relaciones señaladas las demuestra SOMOGYI, sirviéndose de las propias figuras de FOLIN y SVEDBERG, advirtiéndole cómo la relación de distribución es afectada cuando los valores de azúcar plasmática son corregidos por deducción de 5 miligramos % del material reductor no-glucosa.

	No corregido Mgrs. %	Corregido Mgrs. %
I.		
Azúcar en sangre total "no lacada"	72	72
Azúcar plasmática	86	81
Azúcar globular (Volumen globular 42 %)	53	60
Relación globular-plasmática	0.61	0.74
Relación globular-plasmática	0.61	0.74
II.		
Azúcar en sangre total "no lacada"	73	73
Azúcar plasmática	87	82
Azúcar globular (Volumen globular 42 %)	59	64
Relación globular-plasmática	0.68	0.78

Es evidente en estos ejemplos que cuando los aparentes valores de azúcar plasmática, señalados en los cuadros de FOLIN y su colaborador, son reemplazados por valores corregidos, los cuales están más cerca a los verdaderos valores de azúcar, la relación de distribución se eleva considerablemente, de manera que las cifras señaladas por FOLIN y SVEDBERG se aproximan a las de SOMOGYI.

En la sangre de algunos animales la distribución puede ser semejante a la del hombre. SHOPE encontró en gansos y conejos que los glóbulos contenían la cuarta parte de materiales reductores con respecto al plasma, por unidad de volumen. En el ganado vacuno la relación fué de 1 a 2 y en los cobayos, como en el hombre, de 1 a 1.

BEST, trabajando cuidadosamente con dos litros de sangre y seguros macro-métodos, encontró que en 100 c.c. de sangre de caballos y vacunos, en ayunas, hay 57 a 65 miligramos de glucosa, de 2 a 5 miligramos de lactosa y de 6 a 12 miligramos de un disacárido no identificado, que parcialmente consistió en pentosa. Habría también una ligera cantidad de "GUM" (glucogeno?), el cual no lo midió. En sangre humana en ayunas, usando de 80 a 100 c.c., encontró similarmente de 47 a 83 miligramos de glucosa y una "reducción residual" equivalente de 19 a 31 miligramos de glucosa, debida ésta a sustancias no fermentables por un cultivo puro de levadura que destruyó completamente la glucosa. Las sustancias responsables de la mitad de las "reducciones residuales" fueron precipitadas con ácido fosfo-túngstico y por ello probablemente nitrogenadas. La otra mitad aparentemente contenía el mismo disacárido encontrado en la sangre de buey y caballo, pero el material aprovechable fué insuficiente para su exacta determinación.

De estas consideraciones de BEST y de lo anteriormente dicho deducimos que la propiedad de la glucosa como agente reductor no es específica a ella sola, pues esta propiedad la tienen otras sustancias que están en apreciable cantidad en la sangre normal incluyendo creatina, ácido úrico, glutatión y ergoteonina. De acuerdo con SOMOGYI, las dos últimas representan la mayor parte del material no-glucosa.

En un reciente artículo, EGE y ROCHE modifican su punto de vista sobre la distribución del azúcar sanguíneo entre plasma y glóbulos. Llegan a la conclusión que la distribución del azúcar sanguíneo sería igual en el agua de las células y del plasma, y que, por consiguiente, la concentración del azúcar en las células sería más o menos el 80% de

la concentración en el plasma, desde que las células contienen solamente 0.8 veces tanta agua como el plasma. El artículo de EGE y ROCHE contiene un punto de considerable interés, y es que estos autores demuestran que en el glóbulo es donde está la mayor parte de las substancias reductoras no-glucosa y que el azúcar fermentable puede ser fácilmente lavado de los glóbulos, mientras que los otros materiales reductores permanecen fijos en ellos.

Por experimentos realizados in-vitro, PETERS y VAN SLYKE creen que las membranas celulares son libremente permeables para la glucosa y que por lo tanto su distribución deberá ser similar a la del agua, es decir, alrededor del 80% por unidad de volumen, tanto en las células como en el plasma. Lo cual, según los autores, parece ser cierto por los recientes estudios publicados por SOMOGYI, que encuentra una relación promedio de 1.10 empleando métodos que determinan el total de substancias reductoras y un promedio de 0.77 cuando lo hace solamente con glucosa.

*

* *

Investigaciones ya antiguas consignadas en la bibliografía de Loewy, llegan a resultados contradictorios en la apreciación de la glucemia en relación con la altitud. Además, se refieren a alturas moderadas que no pueden compararse con las nuestras, donde el desnivel geográfico es muy considerable. FORBES, en los Andes chilenos, efectuó determinaciones en sangre de sujetos aclimatados, en reposo y después de un determinado trabajo, a diferentes altitudes, llegando hasta 6.140 metros. Encontró que en reposo, la cifra de glucosa parece experimentar un leve aumento, en alturas superiores a 3.660 metros si se emplea el método de FOLIN, con sangre "no lacada", no así con el método de FOLIN-WU con sangre "lacada". Con este último, a 3.660 metros, se observa una leve disminución, y un pequeño aumento por encima de la mencionada altura.

Para mayor claridad, transcribimos el cuadro de los resultados obtenidos por FORBES, en sangre de personas en reposo, a diferentes alturas.

	Nivel del mar	Chuqui- camata	Ollague	Montt	Qulicha	Cima del Cerro
Altura	0	2.800	3.660	4.718	5.340	6.140
Glucosa, sangre "lacada" . . .	107	94	85	..	91	90
Glucosa, sangre "no lacada" .	78	74	69	79	86	83
Diferencia . .	29	20	16	..	5	7

Las cifras del cuadro anterior representan la glucemia en miligramos %.

Estos trabajos, tan sumariamente expuestos, son los que han servido de base para la presente tesis. La mayoría de ellos sólo abarcan una parte de nuestro estudio, pero nos ha parecido conveniente exponerlos para una mayor claridad del punto que nos ocupa.

MÉTODOS DE DOSAJE

Los métodos que hemos empleado son los siguientes: el FOLIN-WU para las determinaciones en sangre "lacada" y plasma, el FOLIN para sangre "no lacada" y el micro-método de FOLIN-MALNROS.

I.—Método de Folin-Wu

a. *Reactivos necesarios.*

1. Solución patrón de glucosa que contenga 0.1 y 0.2 miligramos de glucosa por c.c.

2. Solución de sulfato de cobre al 5%. Se prepara diluyendo 25 gramos de sulfato de cobre en un poco de agua, se le añade 5 ó 6 gotas de ácido sulfúrico y se completa agua hasta 500 c.c.

3. Solución alcalina de tartrato. Se colocan 35 gramos de carbonato de sodio anhidro en un frasco volumétrico de un litro, se añaden 175 a 200 c.c. de agua y se agita por algunos minutos para disolver el carbonato. Una vez conseguido esto, se agrega 13 gramos de tartrato de sodio, lo

más puro posible y 11 gramos de bicarbonato de sodio. Se añade agua hasta 800 c. c., se agita para que la solución se vuelva clara y después se completa con agua hasta alcanzar el volumen de un litro.

4. Solución alcalina de cobre-tartrato. Es una mezcla de 9 volúmenes de la solución alcalina de tartrato y uno de la de cobre. Se debe preparar en el día porque sufre una auto-reducción.

5. Reactivo ácido de molibdato. El ingrediente activo es un fosfomolibdato de constitución desconocida. Para preparar un reactivo permanente el cual no se volverá azul en reposo, es conveniente tener a la mano una solución de molibdato de sodio al 30%.

Por medio de un embudo y una bagueta se coloca 300 gramos de molibdato de sodio en un frasco volumétrico de a litro. Añadir 800 c.c. de agua destilada y agitar hasta que la solución sea completa, excepto para la turbidez. Diluir al volumen y transferir esta solución stock a una botella añadiéndole 2 a 3 décimas de c.c. de bromo.

Cuando se desee se transfiere 500 c. c. de la solución clara sobrenadante a un frasco de Florencia de 1500 c. c.; se le añade, agitando, 225 c. c. de ácido fosfórico al 85%. Parte del bromo es liberado y determina un color amarillo a la solución; en seguida se le añade 150 c. c. de ácido sulfúrico al 25% y se deja en reposo durante unas 12 horas. Se retira el resto del bromo por medio de una corriente de aire y entonces se agrega 75 c.c. de ácido acético al 99%, se diluye al volumen de un litro. Si esta solución se guarda protegida de substancias orgánicas puede durar muchos años.

b. *Preparación de filtrados para este método.*

1. Sangre total o "lacada".

Se necesita dos soluciones. Una de tungstato de sodio al 10% y otra de ácido sulfúrico 2/3 normal. t

A un centímetro cúbico de sangre se le agrega 7 c. c. de agua, 1 c.c. de tungstato y 1 c. c. de ácido sulfúrico.

El resultado se pasa por papel de filtro.

2. Plasma.

Dos soluciones: una de tungstato de sodio al 5% y otra de ácido sulfúrico 1/3 normal.

A 5 c. c. de plasma oxalatado se le agrega 35 c. c. de agua, 5 c. c. de tungstato de sodio y 5 c. c. de ácido sulfúrico. Este último gota a gota y agitando. Después se agita vigorosamente y se deja reposar durante 5 a 10 minutos, pasados los cuales se centrifuga o filtra.

c. *Técnica.*

Transferir 2 c. c. de filtrado a un tubo con marca a los 25 c. c., o 1 c. c. de filtrado y 1 c. c. de agua si se suponen valores muy altos de glucemia. Transferir a un tubo similar 2 c. c. de la solución standard de glucosa (0.1 miligramo por c. c.) Añadir 2 c. c. de la mezcla fresca del reactivo cobre-tartrato a cada uno de los tubos y calentar en un recipiente donde el agua esté en ebullición, durante 8 minutos. Enfriar en agua corriente y después añadir 4 c. c. del reactivo ácido de molibdato y esperar más o menos 1 minuto para diluir al volumen con agua o preferiblemente con una solución conteniendo 1 volumen del reactivo de molibdato por 4 de agua. Se mezcla y se hace la comparación colorimétrica.

d. Cálculos:

Se hacen con la fórmula siguiente:

$$\frac{20}{X} \text{ multiplicado por } 110 \text{ ó } 200 \text{ si es el standard concentrado.}$$

20 representa la escala del colorímetro donde se colocó el patrón, X el lugar de la escala donde se igualan colores.

II.—Método de Folin para sangre "no lacada".

Este método sólo difiere del anterior en la técnica para preparar los filtrados, de manera que no entraremos en repeticiones inútiles.

a. *Preparación de filtrados para este método.*

1. Sangre no lacada.

Se necesitan dos soluciones: una conteniendo 15 gramos de sulfato de sodio anhidro y 6 gramos de tungstato de sodio por litro de agua y otra de ácido sulfúrico 1/3 normal.

Técnica. Se coloca 40 c.c. (8 volúmenes) de la solución de sulfato-tungstato en un baloncito y se añade 5 c.c. de sangre (1 volumen). Se agita con alguna energía, pero no hasta dañar las células mecánicamente. Reposo, con agitación muy suave ocasionalmente durante 5 minutos o más si es conveniente. Añadir lentamente con constante pero suave agitación 5 c.c. (1 volumen) de la solución 1/3 normal de ácido sulfúrico. Se coloca la mezcla en tubos de 15 c.c. y se centrifuga a velocidad moderada durante 10 minutos. El líquido sobrenadante será claro como el agua. Después de 45 minutos las células principian a desintegrarse. Cuando se trabaja con este método hay que agregar a la solución standard de glucosa un 2% de sulfato de sodio para igualar más o menos con la concentración salina del filtrado.

III.—Micro-técnica de Folin-Malnos.

a. *Reactivos.*

1. Solución diluída de ácido túngstico-sulfúrico. Se transfiere 20 c.c. de una solución al 10% de tungstato de sodio a un frasco volumétrico de un litro. Diluir a 800 c. c. con agua destilada y añadir agitando 20 c.c. de una solución 2/3 normal de ácido sulfúrico. Después se completa con agua al volumen de un litro.

2. Solución de ferricianuro de potasio. Disolver 2 gramos de ferricianuro de potasio en agua destilada y diluir a un volumen de 500 c. c. (Debe guardarse en frasco obscuro o fuera de la luz).

3. Solución de carbonato-cianuro de sodio. Se transfiere 8 gramos de carbonato de sodio anhidro a un frasco volumétrico de 500 c. c. Añadir de 40 a 50 c. c. de agua destilada y agitar para provocar una rápida solución. Con una probeta añadir 150 c. c. de una solución reciente de cianuro de sodio al 1% y diluir al volumen.

4. Solución de hierro-férrico. Se llena una probeta con un litro de agua destilada. Se coloca en una malla de alambre de cobre justamente debajo de la superficie del agua 20 gramos de goma "gatti" soluble y se deja en reposo durante unas 18 horas. Se retira la malla y se filtra el líquido en una doble capa de una toalla bien limpia. Añadir a este extracto una solución de 5 gramos de sulfato férrico anhidro en 75 c. c. de ácido fosfórico al 85% más 100 c. c. de agua. Se añade a la mezcla, poco a poco, alrededor de 15 c.c. de una solución de permanganato de potasio al 1% para destruir ciertas substancias reductoras presentes en la goma "gatti". La ligera turbidez de la solución desaparece completamente si se guarda a 37° por pocos días.

5. Solución standard de glucosa. Se hace para contener 0.01 miligramo de glucosa por c. c.

Solución standard-stock. Disolver 1 gramo de ácido benzoico en unos 300 c.c. de agua destilada caliente.

Pesar exactamente 980 miligramos de glucosa anhidra en una luna de reloj. Pasar la glucosa por medio de un embudo a un frasco volumétrico de un litro con la ayuda de la solución caliente de ácido benzoico, añadir alrededor de 400 c.c. de agua destilada; entonces enfriar a la temperatura del cuarto y finalmente hacer un volumen.

Transferir a una botella oscura, limpia y seca. La solución stock se conservará indefinidamente si es preservada con 0.01% de ácido benzoico. Esta solución es hecha para contener 0.98 miligramos de glucosa por c. c. en lugar de 1 miligramo en orden a hacer los cálculos más fáciles.

Para hacer la solución standard se diluye 1 c. c. de la solución stock en 100 c.c. de agua destilada. Incorporando un poco de ácido benzoico (no más de 25 miligramos) a esta solución, durará por mucho tiempo.

b. Técnica.

Se toma 0.1 de c.c. de sangre y se coloca en 10 c.c. de la solución diluida de ácido túngstico-sulfúrico y se agita enérgicamente, se centrifuga durante 5 minutos a más o menos 2.500 revoluciones por minuto.

Con una pipeta se mide 4 c. c. del líquido centrifugado y se coloca en tubos con marca a los 25 c. c. En un tubo semejante se coloca 4c. c. de la solución patrón de glucosa.

Se hace hervir agua y sólo cuando ésto sucede se coloca en cada tubo 2 c. c. de la solución de ferricianuro de potasio y 1 c. c. del carbonato-cianuro de sodio. Se agita los tubos y se coloca en el agua hirviendo durante 8 minutos, pasados los cuales se enfrían en agua corriente.

Una vez enfriados los tubos se les añade 5 c. c. de la solución de hierro-férrico. Se agitan y se dejan reposar durante 2 a 3 minutos. Se diluyen a la marca de 25 con agua destilada y se colorimetrea.

c. *Cálculos.*

20

— multiplicado por 100 es igual a miligramos de glu-
X

cosa por ciento.

20 representa la escala del colorímetro donde se colocó el patrón.

X el lugar de la escala donde se igualan colores.

De los métodos empleados por nosotros, los dos primeros se basan en la acción reductora de la glucosa sobre soluciones débilmente alcalinas de cobre y el tercero, la micro-técnica, tiene el mismo principio, pero actuando sobre el ferricianuro de potasio.

La elección de estos métodos se debe a la opinión de PETERS y VAN SLYKE, del libro de los cuales copiamos un párrafo: "Ambos métodos—refiriéndose a los que emplean cobre y ferricianuro— indican con precisión determinadas cantidades de glucosa añadidas al agua o a la sangre; por estos hechos parece que estos procedimientos son menos influenciados por las substancias no-glucosa de la sangre que otros métodos y dan más aproximadamente valores de verdadera glucemia". Y además al hecho de que los métodos de FOLIN y FOLIN-WU habían sido objeto de estudios en la altura por FORBES en 1935, trabajando en las alturas del norte de Chile, y por la Comisión Científica Argentina que realizó un trabajo sobre la "Biología del Hombre de Altitud", en 1937, en Bolivia.

En ambas oportunidades se encontraron con dificultades en la técnica por modificaciones en el punto de ebullición del agua; ya que se indica un calentamiento de 6 a 8 minutos en baño de maría de agua en ebullición, pero a nivel del mar, es decir a 100°C . Según FORBES en la costa se obtiene cifras hasta del 98% de la tasa de azúcar a los 5.3 minutos de calentamiento del sistema azúcar-reactivo cúprico. A los 2.810 metros se necesita 10 minutos para obtener la misma proporción (91°C), a 5.340 metros (83°C), se necesita 20 minutos. Estos datos fueron comprobados por la Comisión Científica Argentina, no sólo en el mismo altiplano, sino también en ensayos efectuados en la costa.

Nosotros, con la tarea facilitada por los trabajos anteriormente citados, efectuamos la corrección del método para la altura de la ciudad de Huancayo, o sea 3.185 metros y 514 mm. de mercurio como presión barométrica (89.5°C), y encontramos a los 16 minutos de calentamiento un 98% de recuperación trabajando con soluciones patrones conocidas. Además, con la sangre de uno de los miembros de la comisión efectuamos ensayos y fué a partir de los 16 minutos de calentamiento que conseguimos cifras constantes de glucemia.

DETERMINACIONES EN LA COSTA

Hemos hecho estas determinaciones utilizando la colaboración de 25 estudiantes de medicina residentes en la Costa. Agradecemos a estos compañeros de estudios su colaboración desinteresada que ha hecho posible la realización de esta tesis.

En nuestro trabajo hemos creído conveniente hacer conjuntamente determinaciones tanto en sangre capilar como venosa con la micro-técnica de FOLIN-MALNROS, con el objeto de tener otro método como control y apreciar además la selectividad del ferricianuro en la altura.

En la literatura encontramos muy poco del tema que nos ocupa: salvo los cuadros publicados por FOLIN y su colaborador y SOMOGYI, es difícil contar con datos preci-

sos. Como ya explicamos en la introducción a este trabajo, Folin y su colaborador encontraron que la relación entre la glucosa globular y plasmática era entre 0.51 y 0.64, siendo la media de 0.60.

A título informativo, transcribimos el cuadro de los resultados obtenidos por los autores antes mencionados:

Sujeto	Lacada	No lacada	Plasma	Relación
Adams	86	72	86	61
Prigot	84	73	86	64
Murphy	80	68	80	64
Campbell	93	79	94	62
Low	87	73	87	62
Smith	87	74	92	53
Whelan	88	74	93	51
Cannar	92	81	96	63
Miller	90	74	92	53
Saucen	100	83	102	58
Hamilton	93	75	91	58
Dexter . . . . .	..	81	99	58
Kelley . . . . .	..	83	100	60
A. S. . . . .	..	84	99	64
Forbes . . . . .	..	89	106	58
Media		78	94	59

En este cuadro de Folin se ve que la diferencia de azúcar entre la sangre "lacada" y "no lacada" varía entre 11 y 17 miligramos %. Es de hacer notar que en las determinaciones no se efectuó la medida del volumen globular, de manera que para los cálculos se tomó el promedio normal de ROWNTREE es decir del 42%.

SOMOGYI hizo la crítica de este cuadro como ya está indicado y él presenta otro obtenido trabajando con el método de desproteinización con zinc para la sangre total y cobre para el plasma.

El cuadro de SOMOGYI para sujetos sanos es el que a continuación transcribimos:

	V. Celular	Sangre	Plasma	Glóbulos (calculado)	Relación
1	42	99	106	89	0.84
2	45	98	108	86	0.80
3	45	111	125	94	0.75
4	44	92	106	75	0.71
5	48	114	122	105	0.86
6	48	117	132	101	0.77
7	47	129	147	109	0.74
8	36	103	111	89	0.80
9	50	137	160	114	0.70
Mínima	36	92	106	75	0.70
Media	45	115	124	84	0.77
Máxima	50	137	160	114	0.84

En nuestro trabajo hemos hecho la corrección del azúcar plasmático con la deducción de 5 miligramos por ciento, tal como lo propone SOMOGYI.

COMENTARIO

Los métodos citados fueron llevados a la práctica por nosotros, atendiendo a las razones ya expuestas en páginas anteriores y por haber hallado trabajos realizados en la altura con los cuales podíamos comparar nuestros resultados. Desgraciadamente no practicamos el método de SOMOGYI, por carecer de detallados datos para su ejecución, que hubiera enriquecido nuestro estudio comparativo de las técnicas. Hemos tomado la cifra de 5 miligramos % que da SOMOGYI como promedio de sustancias reductoras no-glucosa en el plasma, para corregir nuestros valores.

La seguridad de los métodos seguidos quedó demostrada por los resultados obtenidos, tanto en la Costa como en la Sierra, al efectuar análisis de soluciones patrones conocidas. Obtuvimos recuperaciones de:

	Costa	Sierra
FOLIN-WU	99 %	98.9 %
FOLIN	99 %	98.9 %
FOLIN-MALNROS	98.4 %	98. %

En las determinaciones en la Costa nuestras investigaciones nos permiten establecer los hechos siguientes:

GLUCEMIA EN SANGRE VENOSA "LACADA" Y "NO LACADA".

Analizando nuestros resultados —Cuadro I y II— encontramos (*) como cifras de glucemia para sangre venosa "lacada" por el macro-método:

Mínima	0.800	0.800 gramos por mil
Media	1.030	1.022
Máxima	1.250	1.298

Por el micro-método —Cuadro III— en sangre venosa "lacada":

Mínima	0.794	0.797 gramos por mil
Media	0.997	0.985
Máxima	1.250	1.260

Estas cifras están de acuerdo con las dadas por otros autores:

		Curso práctico de Química Bio- lógica de la Facultad de Ciencias Médicas de Lima. (Año 1935)
Novoa Santos.	Peters y Van Slyke	

0.8 a 1.2	0.7 a 1.2	0.7 a 1.2 gs. por mil
-----------	-----------	-----------------------

En sangre venosa "no lacada" las cifras de glucemia fueron:

Mínima	0.602	0.676 gramos por mil
Media	0.811	0.833
Máxima	0.976	1.036

Comparadas con las dadas por otros autores:

(*) Las cifras por duplicado que consignamos a continuación corresponden a cada uno de los cuadros respectivos.

Folin y Svedberg		Forbes	
Mínima	0.680		
Media	0.780	Media	0.760 gramos por mil,
Máxima	0.890		

vemos que las nuestras las sobrepasan en ambos sentidos.

SUBSTANCIAS REDUCTORAS NO-GLUCOSA.

La diferencia de valores de glucemia entre sangre "lacada" y "no lacada" da la cantidad de sustancias reductoras no-glucosa de los glóbulos, ya que según EGE, cuando se lavan éstos con una solución débilmente salina, ésta arrastra el material reductor fermentable, permaneciendo fijo en las células el material no-glucosa. Las diferencias obtenidas son:

Mínima	0.065	0.110 gramos por mil
Media	0.218	0.212
Máxima	0.293	0.284

Estas cifras se ajustan a las señaladas por FOLIN y SVEDBERG de 11 a 17 miligramos %, y aún más, a las de PETERS y VAN SLYKE que dan del 10 al 30% de los totales de "azúcares" determinados por métodos usuales.

GLUCOSA PLASMÁTICA Y GLOBULAR.

En el plasma, corregido para sustancias reductoras no-glucosa, las cifras son:

Mínima	0.658	0.705 gramos por mil
Media	0.874	0.868
Máxima	1.049	1.100

Coinciden con las de FOLIN y SVEDBERG que obtuvieron de 0.800 a 1.060 gramos por mil (cifras sin corregir); no así con las de SOMOGYI que da cifras más altas: 1.060 a 1.600 gramos por mil.

La glucosa globular calculada nos dió:

Mínima	0.499	0.622 gramos por mil.
Media	0.726	0.737
Máxima	0.880	0.943

SOMOGYI obtuvo cifras de 0.750 a 1.160 gramos por mil.

Observando las cifras individualmente vemos unos casos con más sustancias reductoras que en otros, sin embargo, con menos glucosa globular que en ellos. Aparentemente esto sería contradictorio a lo ya establecido, que la casi totalidad de sustancias reductoras no-glucosa están en el glóbulo. Pero estudiando los valores de glucemia en sangre "no lacada", volumen celular y glucemia plasmática, vemos que varían en tal forma de un caso a otro que al aplicarlos en la fórmula para calcular la glucemia globular,

$$\text{glucem. total} - (\text{glucem. plasmát.} \times \text{volumen plasmát.})$$

volumen celular

nos da los resultados señalados.

RELACION DE GLUCOSA GLOBULAR— PLASMA-TICA POR MIL.

La relación nos da estos valores:

Mínima	0.609	0.668
Media	0.828	0.844
Máxima	0.975	0.962

SOMOGYI obtiene cifras para la relación que varían entre 0.70 y 0.84, siendo la media de 0.77. Como vemos nuestros resultados las sobrepasan en ambos sentidos. Esta diferencia tal vez la podríamos relacionar con el hecho que en el cuadro de SOMOGYI los valores del volumen celular están ligeramente más altos que los nuestros. Además como ya hemos visto, los valores de este autor para la glucemia plasmática son muy elevados comparativamente con los nuestros.

RELACION GLOBULAR-PLASMA'TICA REFERIDAS A SU VOLUMEN DADO POR EL HEMATOCRITO

Hicimos determinaciones del volumen celular (método de Van Allen) obteniendo:

Mínima	38 %	38 %
Media	42.4 %	43.1 %
Máxima	46.5 %	48 %

A. HURTADO encontró en Lima estos valores:

Mínima	37.5%
Media	47%
Máxima	52.7%

Hemos corregido nuestras cifras de glucosa globular y plasmática para sus respectivos hematocritos obteniendo:

	Plasma		Glóbulos	
Mínima	0.366	0.377	0.219	0.243 Grs. por mil.
Media	0.504	0.493	0.303	0.314
Máxima	0.598	0.643	0.374	0.391

Con estas cifras hemos establecido la relación V. G/P., o sea glucosa globular corregida para su volumen hematocrito, sobre glucosa plasmática corregida para su volumen hematocrito, obteniendo:

Mínima	0.477	0.435
Media	0.611	0.645
Máxima	0.761	0.790

Creemos más conveniente el uso de esta relación por dar valores más comparativos que la simple relación por mil de glucosa G/P, ya que contempla la verdadera distribución de la glucosa y no como en la anterior, donde se toman cifras relativas de azúcar para el volumen de un litro, tanto de plasma como de glóbulos.

Estudiando de conjunto estos valores —Cuadro I y II y las cifras de glucemia en sangre venosa del Cuadro III— podemos ver la gran semejanza de las cifras en los correspondientes sujetos, a pesar de haber sido hechas las determinaciones con diferencias de 10 a 20 días. Esto nos prueba una vez más el ajuste del organismo para cumplir con lo que CANNON llama "homeostasis".

MICRO-TECNICA.

La micro-técnica la empleamos en sangre capilar y venosa. Los resultados de esta última ya los hemos visto y en cuanto a los de la sangre capilar son los siguientes:

Mínima	0.889	0.889 gramos por mil.
Media	1.105	1.109
Máxima	1.316	1.307

Como se ve, las cifras para la sangre capilar son mayores que las dadas para la sangre venosa tanto por el macro-método con sangre venosa "lacada", como por la micro-técnica. Esto está de acuerdo con lo ya establecido por otros autores de que la sangre capilar da valores de glucemia iguales a los de la sangre arterial y por consiguiente mayores que los de la sangre venosa.

El macro-método en sangre venosa da cifras ligeramente mayores que el micro-método en la misma. La diferencia es tan pequeña que no debe ser tomada en consideración.

DETERMINACIONES EN LA ALTURA

Estas fueron hechas en 7 de los 25 sujetos utilizados en la Costa. Las tomas de sangre se efectuaron más o menos 30 horas después de llegar a Huancayo (3.185 m. de altitud) y en condiciones de metabolismo básico.

En el Cuadro IV se puede apreciar los resultados obtenidos.

Salvo el trabajo de FORBES realizado en los Andes chilenos no se encuentra en la literatura datos con los que pudiéramos comparar nuestros resultados. FORBES no se ocupó de determinar la distribución del azúcar sanguíneo y sólo realizó estudios sobre los métodos que trabajan con sangre "lacada" y "no lacada". Llegó a la conclusión que se debe tener cuidado en la elección de una técnica cuando se trabaja en alturas de y sobre 2.000 metros, porque la caída del punto de ebullición del agua afecta todos los métodos ordinarios en una cierta extensión y los vuelve menos exactos. El método revisado de FOLIN-WU le parece a FORBES que es uno de los menos afectados. Además el autor cree que la disminución de la diferencia entre la sangre "lacada" y "no lacada" no se debe a una baja real de las substancias reductoras no-glucosa, sino a una mayor selectividad del método con respecto a la glucosa, debida a la caída de la tensión del oxígeno.

En cuanto a los resultados con la micro-técnica los insertamos en el Cuadro V.

COMENTARIO

Las determinaciones fueron efectuadas en 7 estudiantes, en Lima y en Huancayo, sin cambio en su régimen alimenticio; todos ellos residentes en la Costa. Como vemos en el Cuadro IV los resultados son:

GLUCEMIA EN SANGRE VENOSA "LACADA" Y "NO LACADA".

En sangre venosa "lacada" obtuvimos las siguientes cifras de glucemia:

Mínima	0.808 gramos por mil.
Media	0.930
Máxima	1.068

Como vemos nuestros resultados coinciden con los de FORBES quien trabajando a 3.660 metros de altura encontró una cifra media de 0.850 gramos por mil.

La glucemia en sangre venosa "no lacada" nos da cifras de:

Mínima	0.702 gramos por mil.
Media	0.828
Máxima	0.995

FORBES, a 3.660 metros encontró una media de 0.690 gramos por mil. Esta diferencia en los resultados tal vez la podríamos relacionar con el hecho que FORBES efectuó sus determinaciones en sujetos aclimatados y nosotros en personas que estaban en vías de serlo.

SUBSTANCIAS REDUCTORAS NO-GLUCOSA.

Estas dan cifras de:

Mínima	0.058 gramos por mil.
Media	0.102
Máxima	0.157

Estos resultados coinciden con los de FORBES.

GLUCOSA PLASMÁTICA Y GLOBULAR.

En el plasma obtuvimos resultados de:

Mínima	0.692 gramos por mil.
Media	0.834
Máxima	1.014

Cifras que están también de acuerdo con las de FORBES.

La glucosa globular dió los resultados siguientes:

Mínima	0.711 gramos por mil.
Media	0.819
Máxima	0.979

RELACION DE GLUCOSA GLOBULAR-PLASMÁTICA POR MIL.

La relación nos dá valores:

Mínima	0.919 gramos por mil.
Media	0.979
Máxima	1.054

RELACION GLOBULAR-PLASMÁTICA CON CIFRAS REFERIDAS A SU VOLUMEN DE HEMATOCRITO.

Hicimos determinaciones del volumen celular obteniendo:

Mínima	48 %
Media	53.6%
Máxima	57 %

Corrigiendo las cifras de glucosa globular y plasmática para su respectivo hematocrito se obtiene:

	Plasma	Glóbulos
Mínima	0.307	0.380 gramos por mil.
Media	0.387	0.439
Máxima	0.456	0.538

Como vemos en estos resultados la glucosa globular es mayor que la plasmática, sin duda por los cambios que se efectuaron en sus respectivos volúmenes.

Con estas cifras establecemos la relación corregida y nos da:

Mínima	0.971
Media	1.136
Máxima	1.283

MICRO-TECNICA.

La glucemia capilar (Cuadro V), da cifras más altas que la venosa:

	Capilar	Venosa
Mínima	0.915	0.821 gramos por mil.
Media	1.012	0.938
Máxima	1.139	1.093

El macro-método en sangre venosa dá cifras ligeramente menores que las del micro-método.

RESULTADOS OBTENIDOS EN SIETE SUJETOS ESTUDIADOS EN LA COSTA Y EN LA ALTURA

En los cuadros siguientes se podrá apreciar claramente las diferencias encontradas.

GLUCEMIA EN SANGRE "LACADA" Y "NO LACADA".

Los resultados obtenidos con sangre "lacada" en Lima y Huancayo son los siguientes:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.818	0.808 gramos por mil.
Media	0.963	0.930
Máxima	1.076	1.068

Como vemos la glucemia en sangre "lacada" disminuye con la altura. Esta disminución se puede atribuir a mayor selectividad del método por la glucosa, como lo indica FORBES quien encontró a alturas semejantes la cifra de 0.850 como media. Los miembros de la Comisión Argentina comprobaron el trabajo de este autor encontrando variaciones de 0.740 a 1.140 gramos por mil.

En sangre "no lacada" los resultados son:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.639	0.702 gramos por mil.
Media	0.770	0.828
Máxima	0.833	0.995

C U A D R O I
L I M A

ALTURA: 111 mts.

PRESION B. 747.6 mm. Hg.

S U F J E T O S	Hemato- crito %	S A N G R E		△ grs. %	A Z U C A R		V E N O S A		Relacion vol. globular vol. plasmát.
		Lacada macro-me- todo FOLIN-WU grs. %	No lacada macro-me- todo FOLIN grs. %		Plasma corregido macro-me- todo (1) grs. %	Globular calculada grs. %	Plasma corregido (2) grs. %	Globular corregido (2) grs. %		Relacion Globular plasmática
León	455	1.111	0.889	0.222	0.824	0.512	0.374	0.876	0.730
Castillo	410	1.250	0.975	0.274	0.877	0.618	0.354	0.863	0.577
Velasco	415	1.064	0.840	0.229	0.654	0.568	0.271	0.684	0.477
Yockting	380	1.099	0.816	0.283	0.705	0.548	0.267	0.797	0.487
Summers	405	1.026	0.855	0.171	0.894	0.812	0.328	0.918	0.621
Navarro	440	0.984	0.820	0.114	0.847	0.474	0.345	0.926	0.727
Monge	410	1.224	0.958	0.267	1.014	0.877	0.359	0.864	0.600
Velasco de la T.	460	1.064	0.813	0.251	0.927	0.497	0.315	0.744	0.633
Villanueva	425	0.966	0.838	0.073	0.902	0.880	0.518	0.975	0.722
Cabienes	440	0.837	0.602	0.223	0.654	0.535	0.285	0.816	0.642
Cano	385	0.800	0.735	0.065	0.747	0.459	0.275	0.987	0.599
Gordillo	440	0.837	0.629	0.208	0.731	0.409	0.219	0.685	0.538
Revilla	465	0.989	0.697	0.242	0.851	0.455	0.241	0.609	0.529
Contreras	445	0.934	0.727	0.212	0.822	0.597	0.265	0.860	0.581
Lazarte	405	1.083	0.897	0.195	0.825	0.562	0.334	0.862	0.594
San Martin	395	1.081	0.881	0.200	0.945	0.568	0.312	0.840	0.558
Córdova	430	1.087	0.823	0.274	0.866	0.544	0.278	0.678	0.511
Salva	435	1.038	0.800	0.233	0.855	0.483	0.316	0.850	0.654
Rios	390	0.980	0.755	0.225	0.805	0.491	0.263	0.839	0.535
Diez Canseco	440	1.087	0.797	0.290	0.851	0.476	0.320	0.855	0.672
Huassaquiche	420	1.105	0.909	0.196	0.970	0.562	0.346	0.849	0.615
Herrera	480	1.064	0.806	0.258	0.847	0.467	0.348	0.838	0.761
Caceres	450	0.913	0.702	0.212	0.744	0.409	0.292	0.873	0.713
Garrido	410	1.099	0.901	0.198	0.826	0.546	0.354	0.994	0.648
Bancalari	395	1.064	0.778	0.286	0.828	0.497	0.278	0.857	0.559
Minima	380	0.800	0.602	0.065	0.499	0.366	0.219	0.609	0.477
Media	424	1.030	0.811	0.218	0.726	0.504	0.306	0.828	0.611
Maxima	465	1.250	0.976	0.298	0.890	0.598	0.374	0.975	0.761

(1) Corregido por deducción de 5 miligramos %.
(2) Referidas al volumen de sus respectivos hematocritos.

C U A D R O I I
L I M A

ALTURA: 111 mts.

PREISION B. 747.6 mm. Hg.

S U J E T O S	Hematocrito %	S A N G R E		A Z U C A R		V E N O S A		Relación globular %	Relación vol. globular vol. plasmático (2)	
		Lacada macro-micro FOLIN-WU grs. %	No lacada macro-micro FOLIN-WU grs. %	△ grs. %	Plasma corregido macro-micro FOLIN-WU (1) grs. %	Globular calculada Grs. %	Plasma corregido (2) Grs. %			Globular corregido (2) Grs. %
León	455	1.160	0.764	0.253	0.976	0.802	0.531	0.364	0.821	0.685
Castillo	415	1.298	0.897	0.253	1.100	0.943	0.643	0.391	0.857	0.608
Velasco	395	0.980	1.036	0.154	0.940	0.628	0.568	0.248	0.868	0.436
Yockling	380	1.053	0.826	0.251	0.901	0.640	0.556	0.243	0.710	0.435
Summers	405	0.995	0.802	0.110	0.902	0.860	0.536	0.348	0.953	0.648
Navarro	435	0.976	0.885	0.114	0.876	0.843	0.494	0.356	0.962	0.720
Monge	420	0.961	0.862	0.171	0.38	0.722	0.486	0.303	0.860	0.628
Velasco de la T.	450	1.042	0.790	0.242	0.39	0.752	0.461	0.338	0.896	0.783
Villanueva	390	0.976	0.800	0.243	0.796	0.634	0.485	0.247	0.821	0.515
Cableses	450	0.800	0.733	0.124	0.707	0.638	0.389	0.287	0.902	0.739
Cano	400	0.897	0.676	0.119	0.808	0.735	0.494	0.294	0.909	0.607
Gordillo	480	0.995	0.778	0.182	0.863	0.751	0.474	0.337	0.870	0.710
Revilla	465	0.995	0.813	0.262	0.812	0.636	0.442	0.290	0.785	0.656
Contreras	450	0.971	0.733	0.222	0.780	0.711	0.429	0.319	0.911	0.743
Lazarte	400	1.124	0.749	0.227	0.978	0.778	0.585	0.311	0.787	0.531
San Marlin	400	1.076	0.897	0.276	0.833	0.684	0.495	0.304	0.765	0.614
Cordova	445	1.076	0.800	0.242	0.945	0.711	0.491	0.341	0.752	0.684
Rios	480	1.081	0.833	0.267	0.793	0.727	0.428	0.334	0.916	0.780
Diez Canseco	480	1.020	0.763	0.287	0.725	0.622	0.377	0.298	0.866	0.790
Huassquichl	480	0.943	0.676	0.233	0.705	0.639	0.394	0.281	0.713	0.713
Herrera	440	0.909	0.676	0.186	1.037	0.857	0.576	0.381	0.826	0.664
Caceres	440	1.143	0.967	0.294	0.896	0.738	0.537	0.295	0.823	0.664
Garrido	445	1.117	0.800	0.110	0.705	0.622	0.377	0.243	0.668	0.435
Bancalari	400	1.022	0.833	0.212	0.898	0.737	0.498	0.314	0.844	0.645
Minima	380	1.298	1.036	0.284	1.100	0.943	0.648	0.391	0.962	0.790
Media	431									
Máxima	480									

(1) Corregido por deducción de 5 miligramos %.
(2) Referidos a los volúmenes de sus respectivos hematocritos.

C U A D R O I V
H U A N C A Y O

ALTURA: 3.185 mtrs.

PRESION B. 514 mm. Hg.

SUJETOS	S A N G R E					A Z U C A R					V E N O S A	
	Hemato- crito %	Lacada macro-me- todo FOLIN.WU grs. ‰	No lacada macro-me- todo FOLIN. grs. ‰	Δ grs. ‰	Plasma corregido macro-me- todo (1) FOLIN.WU grs. ‰	Globular calculada grs. ‰	Plasma corregido (2)	Globular corregido (2)	Relación globular plasmática ‰	Relación vol. globular vol. plasmát. (2)		
Velasco de la IT.	540	1.068	0.911	0.157	0.923	0.900	0.424	0.486	0.975	1.146		
Cabienes	555	0.808	0.702	0.106	0.692	0.711	0.307	0.394	1.027	1.283		
Villanueva	480	0.873	0.772	0.101	0.752	0.793	0.391	0.380	1.054	0.971		
Contreras	530	0.891	0.779	0.112	0.797	0.762	0.374	0.403	0.956	1.077		
Yockting	530	0.875	0.793	0.082	0.810	0.777	0.360	0.411	0.959	1.081		
Velasco	570	0.943	0.844	0.090	0.884	0.813	0.380	0.463	0.919	1.231		
Cano	550	1.053	0.995	0.058	1.014	0.979	0.456	0.538	0.965	1.179		
Mínima	480	0.808	0.702	0.058	0.692	0.711	0.307	0.380	0.919	0.971		
Media	536	0.930	0.828	0.102	0.832	0.819	0.387	0.439	0.979	1.136		
Máxima	570	1.068	0.995	0.157	1.014	0.979	0.456	0.538	1.054	1.283		

Estas cifras son promedios de dos determinaciones hechas en la misma muestra de sangre.

(1) Corregido por deducción de 5 miligramos %.

(2) Referidos al volumen de sus respectivos hematocritos.

C U A D R O V

H U A N C A Y O

ALTURA: 3.185 mtrs. PRESION B. 514 mm. Hg.

SUJETOS	A Z U C A R			△ gts. %
	Micro-técnica		Folin-MALINROS Grs.	
	Capilar	Venosa		
Velasco de T.	1.139	1.096		0.043
Cabieses	0.915	0.821		0.094
Villanueva	0.978	0.883		0.095
Contreras	0.977	0.887		0.090
Yockting	0.971	0.887		0.084
Velasco	0.997	0.943		1.090
Cano	1.107	1.054		0.053
<hr/>				
Mínima	0.915	0.821		0.043
Media	1.012	0.938		0.073
Máxima	1.139	1.096		0.095

Estas cifras son promedios de dos determinaciones hechas en la misma muestra de sangre.

C I U A D R O V I
L I M A

ALTURA: 111 mts.

PRESION B.: 747.6 mm. Hg.

SUJETOS	Hemato- critio %	S A N G R E		△ Ers. %	A Z U C A R		Relación globular plasmática %	Relación vol. globular vol. plasmate. (2)		
		Jacada macro-nu- todo FOLIN-WU Ers. %	No jacada todo FOLIN. Ers. %		Plasma - corregido macro-nu- todo FOLIN-WU (1) Ers. %	Globular calculada Ers. %			Plasma - corregido (2) Ers. %	Globular corregido (2) Ers. %
Velasco de T.	455	1.054	0.806	0.248	0.880	0.719	0.479	0.326	0.820	0.683
Cabileses	456	0.818	0.652	0.179	0.680	0.586	0.377	0.261	0.839	0.690
Villanueva	407	0.971	0.813	0.153	0.819	0.757	0.501	0.281	0.782	0.574
Contreras	447	0.952	0.735	0.217	0.801	0.654	0.432	0.292	0.795	0.662
Yochking	380	1.076	0.809	0.267	0.853	0.672	0.603	0.255	0.753	0.481
Velasco	405	1.025	0.833	0.192	0.947	0.842	0.508	0.259	0.676	0.456
Cano	395	0.847	0.736	0.091	0.771	0.725	0.471	0.284	0.933	0.603
Mínima	380	0.818	0.639	0.091	0.680	0.588	0.377	0.255	0.676	0.456
Media	418	0.963	0.770	0.193	0.832	0.679	0.484	0.279	0.802	0.590
Máxima	465	1.076	0.833	0.267	0.947	0.757	0.568	0.326	0.933	0.690

ALTURA: 3.185 mtrs.

H U A N C A Y O

PRESION B. 514 mm. Hg.

Velasco de T.	540	1.088	0.911	0.157	0.923	0.900	0.424	0.486	0.975	1.146
Cabileses	555	0.808	0.702	0.106	0.692	0.711	0.307	0.394	1.027	1.283
Villanueva	483	0.873	0.772	0.101	0.752	0.798	0.391	0.380	1.054	0.971
Contreras	530	0.891	0.779	0.112	0.797	0.762	0.374	0.403	0.986	1.077
Yochking	530	0.873	0.793	0.082	0.810	0.777	0.389	0.411	0.969	1.081
Velasco	579	0.943	0.844	0.099	0.884	0.813	0.380	0.463	0.919	1.281
Cano	550	1.023	0.995	0.058	1.014	0.979	0.456	0.538	0.965	1.179
Mínima	480	0.808	0.702	0.058	0.692	0.711	0.307	0.380	0.915	0.971
Media	536	0.930	0.828	0.102	0.838	0.819	0.387	0.439	0.975	1.186
Máxima	570	1.028	0.995	0.157	1.014	0.979	0.455	0.538	1.084	1.283

(1) Corregido por deducción de 5 miligramos %.

(2) Referidos al volumen de sus respectivos hematocritos.

Las cifras de Lima son promedios de dos determinaciones hechas a diferentes tiempos y las de Huancayo también son promedios pero de determinaciones hechas en la misma muestra de sangre.

C U A D R O VII

L I M A

ALTURA: 111 mts.
PRESION B. 747.6 mm. Hg.

SUJETOS	A Z U C A R			△	grs. ‰
	Micro-técnica		Venosa		
	Capilar	FOLIN-MALNROS grs. ‰			
Velasco de T.	1.133	1.031	0.808	0.102	
Cabises	0.939	0.808	0.957	0.131	
Villanueva	1.081	0.856	1.005	0.124	
Contreras	1.083	0.856	0.983	0.207	
Yoeking	1.102	0.856	0.843	0.097	
Velasco	1.075	0.856	0.808	0.092	
Cano	0.932	0.856	0.923	0.089	
Mínima	0.932	0.808	1.031	0.089	
Media	1.046	0.923	0.808	0.120	
Máxima	1.133	1.031	0.923	0.207	

H U A N C A Y O

ALTURA: 3.185 mtrs.
PRESION B. 514 mm. Hg.

SUJETOS	A Z U C A R			△	grs. ‰
	Micro-técnica		Venosa		
	Capilar	FOLIN-MALNROS grs. ‰			
Velasco de T.	1.139	1.096	0.821	0.043	
Cabises	0.915	0.821	0.883	0.094	
Villanueva	0.978	0.883	0.977	0.095	
Contreras	0.977	0.887	0.887	0.090	
Yoeking	0.971	0.887	0.943	0.084	
Velasco	0.997	0.887	0.943	0.054	
Cano	1.107	0.054	0.821	0.053	
Mínima	0.915	0.821	0.938	0.043	
Media	1.012	0.938	0.821	0.073	
Máxima	1.139	1.096	0.821	0.095	

Las cifras de Lima son promedios de dos determinaciones hechas en diferentes muestras de sangre y las de Huancayo también son promedios pero de determinaciones hechas en la misma muestra.

Si comparamos nuestras investigaciones en sujetos no aclimatados con las de FORBES, vemos que mientras este autor no encuentra aumento hasta 3.660 metros (0.690 gramos por mil como media), nosotros encontramos ya un incremento a 3.185 metros (altura de Huancayo). Como ya hemos dicho, esto se puede explicar porque FORBES trabajó con sujetos adaptados, mientras que nosotros lo hicimos en recién llegados a la altura. Este aumento inicial de la glucemia en el mecanismo de adaptación puede ser causado por una reacción del Sistema Simpático-Adrenal frente al descenso más o menos brusco de la presión barométrica.

SUBSTANCIAS REDUCTORAS NO-GLUCOSA.

Los resultados son:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.091	0.058 gramos por mil.
Media	0.193	0.102
Máxima	0.267	0.157

Esta disminución de las sustancias reductoras ha sido ya señalado por FORBES, quien la explica no por una disminución real de estas sustancias, sino porque, a alturas superiores de 2.000 metros, todos los métodos de dosaje de glucosa son más o menos afectados, volviéndose el de FOLIN-WU más selectivo para la glucosa.

GLUCOSA PLASMÁTICA Y GLOBULAR.

La glucosa plasmática da cifras de:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.680	0.692 gramos por mil.
Media	0.832	0.838
Máxima	0.947	1.014

En la altura hay un ligero aumento de la glucosa plasmática, como lo señala FORBES, aunque no en la magnitud que él indica.

Calculada la glucosa globular nos dió:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.586	0.711 gramos por mil.
Media	0.679	0.819
Máxima	0.757	0.979

Este incremento notable es explicable desde que el volumen celular aumentó marcadamente.

RELACION DE LA GLUCOSA G/P.

La relación a los dos niveles es de:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.676	0.919
Media	0.802	0.979
Máxima	0.933	1.054

Como vemos la relación se elevó considerablemente en la altura, lo cual se explica por las cifras altas obtenidas para la glucosa globular.

RELACION GLOBULAR-PLASMATICA CON CIFRAS REFERIDAS A SU VOLUMEN DE HEMATOCRITO

Las cifras del hematocrito son:

	Lima	Huancayo
Mínima	38 %	48 %
Media	41.8%	53.6%
Máxima	45.5%	57 %

Referidas las cifras de glucemia plasmática y globular a sus respectivos volúmenes dados por el hematocrito tenemos:

	Lima		Huancayo	
	Plasma	Glóbulos	Plasma	Glóbulos
Mínima	0.377	0.255	0.307	0.380
Media	0.484	0.279	0.387	0.439
Máxima	0.568	0.326	0.456	0.538

Estableciendo la relación V/. G/P. o sea glucosa globular referida a su volumen de hematocrito sobre glucosa plasmática referida a su hematocrito, obtenemos:

	Lima	Huancayo
Mínima	0.456	0.971
Media	0.590	1.136
Máxima	0.690	1.283

Vemos en estos resultados que la relación en la altura casi es el doble de la obtenida en Lima. No queremos terminar sin hacer resaltar este hecho, es decir, que en el inicio del mecanismo de adaptación a la altura hay un incremento notable de la glucosa globular, lo cual muy bien puede ser la primera fuente con que el organismo cuenta, antes que entren en juego mecanismos más estables. Mencionamos la idea porque nos parece que debe ser objeto de estudio, con el objeto de aclarar en algo el mecanismo de la adaptación a la altitud.

MICRO-TECNICA.

Con ésta (Cuadro VII) se obtienen las siguientes cifras:

	Lima		Huancayo	
	Capilar	Venosa	Capilar	Venosa
Mínima	0.932	0.808	0.915	0.821
Media	1.046	0.923	1.012	0.938
Máxima	1.133	1.031	1.107	1.096

DIFERENCIA.

	Lima	Huancayo
Mínima	0.089	0.043
Media	0.120	0.073
Máxima	0.207	0.095

Como vemos, la glucemia capilar como ocurre en la Costa, dá cifras más altas que las de la sangre venosa, pero las diferencias son menores. El macro-método en san-

gre venosa, diferentemente a la Costa, dá cifras ligeramente menores que las de la micro-técnica, tal vez por la mayor selectividad del cobre.

Estudiando los valores obtenidos por el micro-método en sangre capilar y venosa, observamos que la diferencia es mayor en la Costa que en Huancayo; tal vez esto se podría explicar por la taquicardia del recién llegado que evitaría un mayor consumo de glucosa o como una reacción tisular frente a las condiciones ambientales.

En resumen, estudiando de conjunto nuestras cifras en los 7 sujetos examinados tanto en Lima como Huancayo, podemos decir solo que las diferencias son muy ligeras en la sangre "no lacada" y sustancias reductoras no-glucosa y marcadas en la glucosa globular y en la relación V. G/P, es decir con cifras corregidas para sus respectivos volúmenes.

Huancayo está a una altura que, de acuerdo con otros autores, permite un reajuste más fácil de los cambios que sufre el organismo. Recordando a C. BERNARD repetiremos que mientras haya uniformidad y estabilidad del medio interno, el organismo está libre de la influencia de los cambios del medio externo.

El sistema Simpático-Adrenal protege contra los peligros de las condiciones externas y también contra posibles peligros de los cambios internos.

CONCLUSIONES

A.

- 1.—La glucemia normal en la Costa para sangre "lacada" es de: 1.026 gramos $\%$ como media, con variaciones de 0.800 a 1.298 grs. $\%$. La glucemia normal en la Costa para sangre "no lacada" es de 0.822 gr. $\%$ como media, con variaciones de 0.602 a 1.036 grs. $\%$.
- 2.—Las sustancias reductoras no-glucosa del glóbulo varían en la Costa entre 0.065 a 0.293 gr. $\%$.
- 3.—La cifra de glucosa plasmática con la corrección de sustancias reductoras no-glucosa es de: 0.871 gr. $\%$, con variaciones de 0.658 a 1.100 gr. $\%$.

- 4.—La relación de glucosa globular referida a su volumen de hematocrito y glucosa plasmática referida también al volumen dado por el hematocrito, es en la Costa de: 0.628 como media, con variaciones de 0.435 a 0.790.
- B.— En los 7 sujetos estudiados por nosotros en la Costa y Sierra sólo podemos decir que las diferencias son muy ligeras en la sangre “no lacada” y sustancias reductoras no-glucosa y marcadas en glucosa globular y en la relación glucosa globular, glucosa plasmática referidos a su volumen dado por el hematocrito.
- 1.—Trabajar con sangre capilar es más conveniente porque dá cifras de glucemia semejantes a las de la sangre arterial y por consiguiente valores más constantes que los dados por la sangre venosa.
- 2.—La sangre “no lacada” dá cifras más exactas de glucemia desde el momento que son eliminadas casi en su totalidad las sustancias reductoras no-glucosa.
- 3.—Es más conveniente usar la relación $\frac{\text{Gluc. glob}}{\text{Gluc. plasm.}}$ con cifras referidas a sus volúmenes de glóbulos y plasma dados por sus respectivos hematocritos puesto que dá la distribución real de la glucosa.

BIBLIOGRAFIA

- BEST CHARLES HERBERT & TAYLOR NORMAN
B : *The Physiological Basis of Medical Practice*.
Año 1937. Pág. 912.
- CANNON WALTER B. : *The Wisdom of the Body*.
Año 1932.
- CANNON WALTER B. : “Functional Organization of the Involuntary Nervous and Its Humoral Mediators”. *Annals of Internal Medicine*. Vol. VI. N° 8. Pág. 1022. Febrero de 1933.

- FOLIN OTTO : *Manual of Biological Chemistry. With Supplement.* Año 1934.
- FOLIN OTTO : "Unlaked Blood as a Basis for Blood Analysis". *Journal Bio. Ch.* Vol. 86. Pág. 173. Año 1930.
- FOLIN OTTO & SVEDBERG ANDREEN : "Diffusible Non-Protein Constituents of Blood and Their Distribution Between Plasma and Corpuscles." *Journal Bio. Ch.* Año 1930. Pág. 715.
- FORBES W. H. : "Blood Sugar and Glucose Tolerance at Highs Altitudes", *Journal American of Phys.* Vol 116. N° 2. Pág. 309. Año 1936.
- FORBES W. H. & SVEDBERG ANDREEN : "Factors Influencing the Reduction of Alkaline Copper Reagents by Glucose." *Sonderabdruck aus dem Skandinavischen Archiv für Physiologie.* Band 70. Pág. 168. Año 1934.
- GUZMAN ALBERTO : Programa del año escolar de 1935 del curso de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Lima.
- HURTADO ALBERTO : *Estudios Hematológicos. — I. Valores Normales en Hombres.*
- LELOIR LUIS F. : *Suprarrenales y Metabolismo de los Hidratos de Carbono.* Año 1934.
- MILLER BENJAMIN & VAN SLYKE DONALD : "A Direct Microtitration Method for Blood Sugar." *Journal Bio. Ch.* Vol. 114. N° 3. Pág. 583. Año 1936.
- MISION CIENTIFICA ARGENTINA : *Estudios sobre la Biología del Hombre de Altitud*". Año 1937.
- NOVOA SANTOS : *Patología General.* Año 1934.
- PETERS & VAN SLYKE : *Quantitative Clinical Chemistry. Volumen I. Interpretations.* Año 1935. Pág. 70.

- PETERS & VAN SLYKE : *Quantitative Clinical Chemistry. Volumen II. Methods.* Año 1932. Pág. 443.
- SOMOGYI MICHAEL : "Note for the Distribution of Blood Sugar", *Journal Bio. Ch.* Año 1931. Vol. 90. Pág. 741.
- SOMOGYI MICHAEL : "A Method for the Preparation of Blood Filtrates for the Determination of Sugar." *Journal Bio. Ch.* Año 1930. Vol. 598. Pág. 555.
- WOOD WILLIAM B. Jr. . "A Preliminary Physicochemical Study of the Reducing Action of Glucose." *Journal Bio. Ch.* Vol. 110. N° 1. Pág. 219. Junio de 1935.