

FISIOLOGIA.

LA DENSIDAD DE LA SANGRE
Y SU TENSION MOLECULAR

EN LOS HABITANTES DE LAS ANTIPLANICIES DE GRAN ALTITUD.

MEMORIA EN TURNO

PRESENTADA POR EL SOCIO DANIEL VERGARA LOPE,
EN LA SESION ORDINARIA DEL DÍA 7 DE NOVIEMBRE DE 1912.

SEÑORES ACADÉMICOS:

Los estudios que he tenido el honor de presentar ante esta docta Corporación, han demostrado plenamente el fenómeno denominado "Hiperglobulia de las Altitudes" que debiera llamarse propiamente: "Concentración de la sangre en las altitudes."

Al germinar en mi cerebro la idea de que este hecho fuese únicamente debido a la concentración de dicho líquido en nuestro ambiente enrarecido y seco, pensé rectificar directamente si tenía las características de mayor densidad, y riqueza molecular más considerable: supuesto que conforme a tal estado debería tener una proporción más grande de elementos fijos. Los resultados que vamos a ver han venido a corroborar mis suposiciones; y presentarlos al juicio de ustedes en esta ocasión, es el principal objeto de esta memoria.

La cantidad proporcional de estos elementos fijos que constituyen el fluido sanguíneo, es determinable por el análisis cuantitativo, y toca a nuestros químicos ponerse a la obra para comparar sus resultados con los míos; yo los invito con entusiasmo para que así lo hagan, para bien de nuestros semejantes y especialmente de nuestros compatriotas.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA SANGRE.—Es bien co-

nocido que para determinar el peso específico de la sangre no es dable recurrir a los medios que sirven para cualquier otro líquido, sobre todo, si se quiere que esta determinación sea utilizable en la clínica. La cantidad de sangre viva de que el clínico puede disponer para esta clase de investigaciones es casi siempre extraordinariamente limitada para poder recurrir al uso de los areómetros, del frasco, etc., y si a esto agregamos su rápida coagulación, nos explicaremos por qué los experimentadores han recurrido a múltiples e ingeniosos procedimientos antes de llegar satisfactoriamente al fin propuesto.

No tengo que hacer aquí la historia de todos los métodos desechados: solamente diré que están clasificados en tres grupos:

I.—Determinación por los métodos ordinarios conocidos, previa desfibración.

II.—Cálculo del peso específico por medio de la pesada de un volumen determinado de sangre.

III.—Depositara una gota de sangre en el seno de un líquido de peso específico reconocido, y observar si dicha gota se va a fondo, sube a la superficie o flota indiferente, este último caso querría decir que su densidad es la misma que la del líquido en que se sumerge.

Becquerel, Rodier, Quincke y algunos otros, practicaron conforme a los métodos clasificados en el primer grupo y necesitaban para ello hacer una sangría de 10 a 125 gramos de sangre.

En el segundo grupo deben colocarse los procedimientos de Davy, Magendie, Naase, Tarchanoff, Tzybousky, Schamaltz y Sciolla.

Los métodos clasificados en el tercer grupo son los que han venido a resolver satisfactoriamente el problema.

El estudio de los fenómenos físicos nos enseña, que cuando un cuerpo sumergido en un fluido cualquiera queda equilibrado, sin subir ni bajar, tiene la misma densidad del fluido.

Llamando v el volumen del cuerpo, d el peso específico del fluido y R la fuerza de impulsión, tendremos conforme al conocidísimo principio de Arquímedes:

$$R=vd.$$

Por otra parte: llamando P el peso del cuerpo y D a su densidad, se tiene:

$$P = vD.$$

Como sabemos que la fuerza de impulsión es en este caso exactamente igual al peso del cuerpo; visto que éste permanece inmóvil, lo que quiere decir que su peso queda destruido por la fuerza de impulsión, esto es, que

$$P = R$$

Podremos, pues, poner

$$d = D$$

Lo que equivale a decir que ambas densidades son iguales.

Para realizar este fenómeno tratándose del peso específico de la sangre, se recurre a dos procedimientos: o bien se coloca la gota en el seno de un líquido de densidad aproximada y en seguida se modifica la densidad de este líquido hasta obtener el equilibrio, así proceden Fano y Hammerschlag; o bien se preparan previamente una serie de soluciones de peso específico conocido y en cada una de ellas se depositan distintas gotas de sangre; se observa en cual de todas la gota queda inmóvil y se anota la densidad correspondiente a la solución del líquido, que deberá estar inscrita en una etiqueta.

Este segundo procedimiento ha sido usado por Roy, Lloyd Jones, Siegel, Landois y Lyonet, y es el mismo que me ha servido para mis investigaciones, con alguna pequeña modificación en la técnica que señalaré oportunamente.

La condición indispensable para que el procedimiento dé buen resultado es que la sangre no se mezcle con el líquido en cuyo seno se deposita, razón por la cual yo he preferido la mezcla de benzol y cloroformo aconsejada por Hammerschlag, bien que yo he procedido de manera distinta a la que siguió este observador.

PROCEDIMIENTO DE HAMMERSCHLAG.—Emplea una mezcla de benzol cuya densidad es de 0,899 y cloroformo que tiene por

densidad 1,526. En una copa de 10 cent. de altura coloca dicha mezcla agregando uno u otro líquido hasta tener una densidad media de 1050 a 1060. Al colocar la gota de sangre que se obtiene picando el dedo con una lanceta, se ve que esta gota en vez de mezclarse con el líquido, forma una esferita perfectamente distinta, lo que permite observar bien sus desalojamientos. Si tiende a irse a fondo, se agrega a la mezcla, poco a poco, cloroformo, lo que detiene el descenso de dicha gota hasta el momento en que se equilibra; si tiende a permanecer en la superficie, se agrega el benzol necesario para obtener el mismo fenómeno de la inmovilidad. Hay que mover los líquidos durante la experiencia para que la mezcla sea perfecta en tanto que el benzol o el cloroformo se dejan caer gota a gota. Hay igualmente que impedir que la gota de sangre se fraccione o se le adhieran burbujas de aire. En el momento que la indiferencia o inmovilidad se obtiene, se determina la densidad de la mezcla con un areómetro, tan sensible como sea posible.

Las objeciones que se han hecho a este procedimiento son de escasa importancia, y se ha demostrado que el error que pudiera haber es casi insignificante; de 0.001, y más frecuentemente de 0.0005.

Siegl ha sido uno de los experimentadores que más juiciosamente han estudiado el procedimiento de Hammerschlag, reconoce la excelencia del método general, pero lo cree inferior en rapidez y facilidad a los procedimientos que como el de Roy, buscan el equilibrio de la gota de sangre, sirviéndose de varias soluciones de diferentes densidades. Hace observar, hecho que por mí mismo he podido confirmar, que cuando se agrega cloroformo se forman fuertes corrientes en la masa líquida, que arrastran la gota de sangre consigo, y cuando es el benzol el que se agrega, como es mucho menos denso, queda en gran parte en la superficie y se hace preciso agitar bastante para hacer íntima la mezcla, lo que algunas veces produce la división de la gota.

PROCEDIMIENTO DE ROY.---Este Profesor ideó la preparación previa de líquidos de distintas densidades.

La preparación de éstos ha sido comunmente salina; Lloyd, Jones, Siegl, Landois, Lyonet y otros, han usado la sal de

Glauber y el oxalato de sosa, mezclas de agua y glicerina, de cloroformo y aceite, de agua, glicerina y timol o bicloruro de mercurio, etc. Más aun cuando la práctica ayuda mucho para acostumbrarse a expulsar la gota, de tal manera que la sangre no se mezcle con la solución densimétrica dentro del tubo de la pipeta que la deposita en su seno, ni en el vaso mismo, no deja de suceder esto algunas veces, razón por la cual yo he preferido siempre las mezclas de cloroformo y benzol, de densidad previamente titulada y conservadas en frascos herméticamente tapados con un corcho parafinado. Un areómetro ligero, pequeño, dividido en décimos de grado, me sirve para rectificar el grado densimétrico de cada mezcla en los momentos en que se va a determinar la de la sangre. Como cada frasco se destapa solamente en el momento mismo de introducir la gota y se vuelve a cubrir inmediatamente después de depositada, desaparece el temor de una alteración del peso específico del líquido, por la volatilidad de los cuerpos que entran en su composición.

La manera de tomar la gota de sangre y depositarla en el seno del líquido, ha sufrido variantes en algunos detalles, aunque en el fondo siempre ha consistido en absorber por una pipeta delgada, la que así mismo la conduce a su sitio. La aspiración se hace, ya por succión con la boca, ya con una pequeña pera de caucho, con un simple tubo de esta substancia cerrado por una de sus extremidades o por medio de una pequeña geringa aspiradora. La extremidad de la pipeta es siempre muy delgada, casi capilar, algunas veces rectilínea y otras acodada en ángulo recto: disposición que ha sido preferida por mí. Con la pipeta acodada, la gota es lanzada de la pipeta en un plano horizontal y si la gota tiene una densidad diferente, sigue una trayectoria oblicua hacia arriba o abajo, sosteniéndose equilibrada en el mismo plano cuando es la misma. Yo he usado una pipeta que me ha parecido cómodamente manejable, muy fácil de construir y muy económica. La figura adjunta da una idea perfecta de su disposición y modo de usarla.

Las soluciones preparadas deben tener densidades desde 1,025 hasta 1,070. Roy usó los siguientes títulos: 1,040; 1,045; 1,047; 1,049; 1,051; 1,052; 1,054; 1,055; 1,056; 1,057; 1,058; 1,059; 1,060; 1,061; 1,062; 1,065; 1,067.

Copio esta serie, porque una simple ojeada sirve para dar una idea acerca de las densidades que con mayor frecuencia miden los europeos; siendo que entre nosotros, las densidades entre 1,060 y 1,070, son las más frecuentes, lo que nos obliga a tener mayor número de soluciones entre estas altas densidades.

La gota se toma de la extremidad digital o del lóbulo de la oreja; yo prefiero, siempre que es posible, hacer la punción cerca del borde marginal externo de la uña del meñique izquierdo: una sola gota no muy grande, tal como se necesita para el aparato hematoscópico de Hénocque, es casi siempre suficiente. Es preferible tener listas cuatro a seis pipetas para la aspiración de la sangre. La operación no dura más de un minuto.

Las soluciones que yo he empleado han tenido densidades de 1,055 a 1,070. No se necesita más para determinar la cifra consabida, tratándose de personas sanas o normales.

¿CUÁL ES LA DENSIDAD NORMAL DE LA SANGRE?—Después de haber pasado revista, aunque sólo sea respecto a lo más esencial de la técnica empleada, se impone dar cuenta con los resultados obtenidos.

Becquerel y Rodier, valiéndose de los métodos imperfectos ya mencionados, encontraron: para la sangre del hombre 1,060.2 y para la mujer, 1,057.5.

Autores.	Sangre del hombre.	Sangre de la mujer.	En general.
Quinche.....	1,059.9	1,058	
Schmidt.....	1,059.9	1,050.3	
Nease de Margurg.....	1,055.5	1,054.4	
Davy.....	1,056	1,050	
Gamgee.....			1,055
Duclaux.....			1,055
Roy.....	1,055	1,051	
Lloyd Jones.....	1,059		
Landois.....	1,055	1,051	
Eevoto.....	1,058.5		
Loukachevitch.....	1,058		
Peiper.....	1,055	1,053.5	
Schmaltz.....	1,059.5	1,055.5	

Arrónet (sangre desfibri-		
nada).	1,060.7	
Schlesinger.	1,058	1,056
Hammerschlag.	1,060.5	1,057
Lyonnet	1,057.5	

Las medidas que yo hice siguiendo el procedimiento mixto ya indicado, me suministraron como promedio para el hombre 1,063.5, oscilando las cifras obtenidas en 42 observaciones, entre 1,056 y 1,068, como puede verse en el cuadro a la vista.

¿CUÁLES SON LOS FACTORES PRINCIPALES DE LA DENSIDAD DE LA SANGRE?—El número de eritrocitos y la proporción de hemoglobina son los primeros factores que según todos los autores influyen forzosamente para determinar el peso específico de la sangre.

Pflüger, Hemmerich, Schmaltz, Siegel y Hammerschlag, han demostrado esta relación constante en el hombre sano: al último de estos autores se debe la tabla siguiente, que establece la relación entre la densidad de la sangre y la proporción de hemoglobina.

A un peso específico de:	Corresponde una cantidad de hemoglobina, de:
1,033-1,035	25 a 30%
1,035-1,038	30 a 35%
1,038-1,040	35 a 40%
1,040-1,045	40 a 45%
1,045-1,048	45 a 55%
1,048-1,050	55 a 65%
1,050-1,054	65 a 70%
1,053-1,055	70 a 75%
1,055-1,057	75 a 85%
1,056-1,060	85 a 90%

Hammerschlag nos proporciona los datos siguientes:

Hemoglobina		Globúlos rojos
A 1,035 de densidad corresponde:	30	3.364.000
1,042	40-45	3.440.000
1,049	45-50	4.164.000
1,058	70	4.352.000

Esta relación ha sido demostrada por el mismo autor y algunos otros, en muchos enfermos anémicos y tuberculosos, y por razones semejantes, se ha visto la repetición del fenómeno en todos aquellos casos en que el suero, o mejor dicho, la parte acuosa de la sangre varía; como en los casos de hidremia experimental o patológica, después de traspiraciones abundantes, etc., todo lo que altera la relación entre el agua de la sangre y sus componentes fijos.

La proporción de fibrina desempeña también, según el Dr. Lyonnet, cierto papel sobre el grado de densidad de la sangre; pero este dato no se ha precisado aún.

En resumen, podremos señalar con Copemann, como causas principales de las alteraciones de la densidad de la sangre:

1º El aumento o la disminución de los glóbulos rojos sin alteración de la densidad de éstos.

2º El paso al exterior de una parte del agua de la sangre.

3º Las alteraciones de la densidad del plasma, independiente de la de los glóbulos: o de la de los glóbulos independientemente de las del plasma; o de ambas simultáneamente.

Entre los factores que puedan intervenir para alterar fisiológicamente la densidad de la sangre el Dr. Lyonnet señala.

1º La edad y el sexo.

2º La menstruación, el embarazo y el parto.

3º Los alimentos, especialmente las bebidas.

4º El ejercicio.

5º El sueño.

6º EL PAÍS.

7º El temperamento.

8º Las diferentes partes del cuerpo.

9º La congestión pasiva o activa,

Cuanto pudiéramos decir acerca de la intervención de estos nueve factores resultaría casi una repetición de las causas físico-biológicas que acabo de considerar un poco antes.

Nos bastará recordar que la cifra de glóbulos rojos es sumamente notable en los momentos del nacimiento; que es mayor en el adulto que en los niños y en los ancianos, en sexo masculino que en el femenino, etc., para poder deducir las alteraciones consecutivas de esta densidad; pero lo que sí nos interesa mucho para nuestro estudio y para nuestro país, por

ser una confirmación completa de mis estudios en México sobre la biología del hombre de las altiplanicies, es lo que acerca de la influencia del país nos dice el Dr. Lyonnet, quien basándose en trabajos bien distintos de los míos se expresa textualmente como sigue:

“Cierta número de trabajos recientes nos da cuenta sobre las modificaciones de la sangre en los lugares elevados de la tierra.

“Müntz, ha visto que la cantidad de materiales fijos y de hemoglobina aumentaba en los conejos conducidos por él al vértice del Pic du Midi.

“Viault, de Burdeos, encontró que la altitud produce el aumento de los glóbulos rojos; estudió la sangre de los habitantes de las altiplanicies peruanas y entre otros ejemplos se cita a sí mismo. En Lima, tenía él 5,000,000 de glóbulos; en Morococha, a 4,392 metros, después de 15 días en la montaña, tenía 7,100,000; y 23 días mas tarde había llegado a la cifra 8,000,000. En este caso la densidad debía estar forzosamente aumentada no solamente por la mayor cantidad de glóbulos sino por la proporción más grande de hemoglobina.”

Estas observaciones de Müntz, Viault, Regnaud y algunos otros, constan con detalles completos y sumamente importantes en el libro, “La Vida en las Altiplanicies” pero aproveché esta oportunidad para transcribir textualmente este párrafo del Dr. Lyonnet tan apropiado para el estudio que vengo desarrollando en esta memoria.

Las apreciaciones del Dr. Lyonnet sobre este punto no han sido para mí una sorpresa, como no lo ha sido tampoco encontrar por mi parte que el peso específico de la sangre de los sujetos a mi observación, haya sido más considerable que el señalado como normal por los autores europeos citados aquí con tanta frecuencia.

TENSIÓN MOLECULAR DE LA SANGRE DEL HOMBRE EN MÉXICO.— Ligada forzosamente con el peso específico de los cuerpos se encuentra la tensión molecular de los mismos y por lo tanto su presión osmótica, supuesto que ésta depende esencialmente del número de las moléculas en solución, es decir del grado de su concentración o de su dilución.

Al evocar estos principios y haciendo a un lado las incon-

formidades de algunos autores (*) sobre estos problemas de física molecular, cualquiera, pues, que sea la explicación del hecho, nos encontramos al frente de fenómenos de los más trascendentales para la biología, pues sabemos actualmente la importancia que juegan las leyes de la ósmosis en todos los actos biológicos y muy especialmente sobre los cambios nutritivos. Averiguar, pues, por los medios que están a nuestro alcance la tensión molecular de todos los líquidos y semi-líquidos que entran en la constitución de los tejidos; averiguar cual es la presión osmótica, que en unión de los fenómenos de quimiotaxis determina la salida o penetración de los principios constitutivos al través de las envolturas celulares, tiene para nosotros una importancia vital.

Si en el seno de un líquido sujeto a menor presión como está la sangre en nuestros vasos, circulan glóbulos cuyo estroma tiene una tensión osmótica mayor, nos encontraremos desde luego al frente de circunstancias que tienden a sostener en equilibrio los intercambios nutritivos con nuestro medio interno, y así como se facilita por un lado la penetración de las sustancias reparadoras, se facilitará igualmente la expulsión de los desechos nocivos.

Pero además de esta importancia general, existe otra muy especial para el médico y para el enfermo. Sabemos perfectamente la importancia que tiene para uno y otro, que los sueros artificiales preparados ya con fines meramente médicos o ya quirúrgicos, sean isotónicos con nuestro medio interno; esto es, que tengan con la mayor aproximación posible el mismo grado de tensión osmótica que el estroma de las hemacias; de no ser así, los fenómenos de hemolisis, el escape de la hemoglobina fuera de sus células naturales se hace forzosamente, y los accidentes a que esto puede dar lugar llegan algunas ocasiones hasta a ser mortales.

Atendiendo a estos principios, y con el fin de obtener esta comprobación más, acerca de la densificación de nuestra sangre, me propuse determinar este nuevo dato, y hoy presento por la vez primera a ustedes los resultados de estas investigaciones.

(*) Véase estudio del Sr. Prof. Alfonso L. Herrera.—“Terapéutica Moderna” México 1912.

CÓMO SE DETERMINA LA CONCENTRACIÓN MOLECULAR.—Cuando se ignora la concentración molecular de una solución, puede conocerse por varios métodos prácticos. Entre los que dan mejores resultados, sobre todo tratándose de líquidos orgánicos, se consideran la crioscopia o determinación del punto de congelación, y el método de Hamburger, aplicable precisamente a los glóbulos rojos.

La crioscopia, sabemos que está basada en el principio ya bien establecido de que el punto de congelación de una solución es menos elevado que el del disolvente y que este abatimiento es proporcional al número de moléculas contenidas en la solución: las soluciones equi-moleculares tienen forzosamente el mismo punto de congelación.

Este método es perfectamente aplicable a la determinación del grado de concentración de ciertos líquidos como la orina.

El método de Hamburger, aplicable a los glóbulos rojos, consiste en introducir éstos en soluciones de concentración molecular ya fijada. Supongamos una serie de frascos conteniendo soluciones de cloruro de sodio químicamente puro en agua destilada, cuya concentración va en progresión creciente, si depositamos en cada una de ellos una pequeña gota de sangre, veremos algunas horas más tarde que en las soluciones de título más débil el color de la hemoglobina se difunde en toda la masa del líquido, este cuerpo impulsado por su mayor tensión molecular escapa de las hemacias para disolverse al exterior. Conforme la solución es más concentrada la coloración del líquido por la hemoglobina será menos y menos notable, hasta llegar a una en la que la hemoglobina no se difunde. Esto sucede desde el momento en que el grado de concentración de la solución sódica es isotónica con la hemoglobina.

La experiencia es muy fácil y por tanto, el fenómeno puede confirmarse en cualquier momento.

Las soluciones se depositan en pequeños frascos o en tubos de ensaye con una etiqueta marcada con un número de orden y la fórmula que indica con toda claridad el grado de concentración ponderal correspondiente a la molecular que se va a medir. Así sabemos que una solución cloruro-sódica al

7.5 por mil es considerada como equimolecular del suero sanguíneo del europeo.

Dispuesta así la serie, se practica la punción del dedo tal como se hace para determinar la oxihemoglobina o practicar la numeración de los glóbulos, y por medio de una o varias pipetas se toma la sangre que es prontamente depositada en cada uno de los frascos. En los primeros momentos queda en suspensión, tiende a mezclarse y comunica al líquido su coloración, pero media hora más tarde la sangre se encuentra depositada en el fondo y la solución se observa transparente como antes. A las seis horas, aproximadamente, el fenómeno de la difusión de la hemoglobina comienza a ser aparente en las soluciones más débiles: la coloración comienza a ser muy visible en las capas inferiores que están en contacto con la sangre y poco a poco va ganando las superiores. 24 horas después el fenómeno es ya muy claro, pero no se define completamente sino hasta las 48 horas, que el límite se marca con absoluta precisión, sin dejar lugar a la menor duda.

Procediendo así, he formado un cuadro de observaciones para formar el cual y tratándose de una determinación seguramente nueva entre nosotros, he consignado otros datos indispensables para juzgar sobre la normalidad de la sangre, la proporción de hemoglobina y dar una idea sobre el sujeto sometido a mi observación.

RESULTADOS OBTENIDOS.—Los resultados van hasta hoy de acuerdo con las premisas; en la mayoría de los observados la equivalencia se ha encontrado superior al 10 por mil, en tanto que para el europeo se señala por algunos el 7.5 por mil o cuando más el 9 por mil.

Las primeras observaciones consignadas en esta misma página dan inmediatamente idea sobre la intensidad del fenómeno, sin que por ahora me atreva aún a fijar cifras como promedios, esperando para ello que mis observaciones sean mucho más numerosas.

Núm.	Nombres.	Edad.	Nacionalidad.	Profesión.	Globulos rojos.	Hemoglobina %	Equivalencia con la solución.
1	Víctor Urius	52	Español	Farmacéutico	7.270.800	15 %	10.250
2	D.	45	Mex.	Médico.	6.550.000	14.50 %	9.750
3	G. Bates	43	Inglés	Prof. indio	7.851.050	15.25 %	11.250
4	H. V.	13	Mex.	Estudiante.	7.337.500	15.25 %	11.075
5	R. López	31	Mex.	Doméstico.	7.300.000	14.75 %	10.750
6	J. S.	40	Mex.	Obrero.	6.700.000	15.00 %	11.250
7	Manuel P.	45	Mex.	Médico.	6.300.000	14.50 %	10.500
8	Nazario L.	28	Mex.	Profesor.	7.000.000	15.25 %	11.075
9	J. López.	30	Mex.	Jornalero.	7.300.000	15.50 %	11.080
10	J. Martínez.	50	Mex.	Doméstico.	6.500.000	14.50 %	10.250
11	N. P	47	Español.	Empleado.	7.700.000	15 %	11.500
12	L. S.	21	Mex.	Estudiante.	7.000.000	15.50 %	12.000