

DIAMETRO DE LOS ERITROCITOS HUMANOS EN LA ALTIPLANICIE MEXICANA*

DR. DANIEL NIETO ROARO

FUERON investigadores mexicanos los que a principios de este siglo demostraron que la cantidad de eritrocitos por mmc. de los pobladores de las altitudes eran superiores a las de aquellos habitantes de las regiones bajas. Lucha tenaz, difícil y no desprovista de aspectos sociales mantuvieron estos médicos mexicanos que hubo de continuarse a través de más de una generación desde Brioso Vasconcelos, hasta Ocaranza y González Guzmán.

No es la finalidad de este trabajo volver a referir todo el proceso seguido para que el mundo diera la razón definitiva a los médicos mexicanos. Hoy es del dominio común que todos los habitantes de lugares altos presentan cifras más altas de eritrocitos en su torrente sanguíneo.

Hace algunos años hice una primera breve comunicación a la Asociación de Médicos Laboratoristas de México llamando la atención sobre las observaciones por mí hechas de que el diámetro de los glóbulos rojos entre nosotros era ligeramente menor que el determinado para los habitantes de los lugares bajos. Efectivamente todos los autores de hematología sugieren como cifras regulares para el diámetro de tales eritrocitos el de 7.7 (de 7.6 a 7.8) y como ustedes, señores académicos, podrán colegir del trabajo bioestadístico que les presento en la ciudad de México, ese diámetro oscila entre 7.0 y 7.4 (sea un promedio de 7.2 micras).

CONSIDERACIONES SOBRE LAS MEDIDAS

En primer lugar debemos aclarar algunos conceptos. Si recordamos que el poder resolutivo de los microscopios ópticos no va más allá de 0.2 de micra podemos desde luego excluir cualquier método basado en la observación directa microscópica para apreciar pequeñas diferencias de la medida del diámetro de los eritrocitos. Hoy se recurre a un ingenioso procedimiento que va más allá de estas limitaciones microscópicas. Se aprovecha un dispositivo que permite

* Trabajo de Sección leído por su autor el 28 de marzo de 1962.

mediante un fenómeno de difracción medir la desviación de los máximos espectrales y esto aparte de hacernos apreciar medidas inferiores a una décima de micra, nos da en cada caso un promedio de las medidas de los diámetros de los eritrocitos en cada preparación y en cada campo.

En este trabajo se empleó el método de difracción usando el aparato de Haden Hausser que es una modificación del primitivo aparato de Pijper Zeiss, que vimos en el mercado ya antes de la guerra.

GRÁFICA 1

CÁLCULO POR EL SISTEMA DE ELDERTON

$t=0.1$	f'	d'	$f'd'$	$f'^2[d']^2$	d	$d/\mu z$	f_0	$f_0 \times f'$
6.4	10	-8	-80	640	-8.3	3.03	0.0115	11.90
6.5	51	-7	-357	2499	-7.3	2.66	0.0291	33.02
6.6	63	-6	-378	2268	-6.3	2.30	0.0710	73.48
6.7	70	-5	-350	1750	-5.3	1.93	0.1533	164.66
6.8	172	-4	-688	2752	-4.3	1.59	0.2825	292.38
6.9	244	-3	-732	2196	-3.3	1.20	0.4868	503.77
7.0	450	-2	-900	1800	-2.3	0.84	0.7027	727.29
7.1	470	-1	-470	470	-1.3	0.47	0.8954	926.73
7.2	495	0	0	0	-0.3	0.11	0.9940	1028.79
7.3	402	1	402	402	1.3	0.47	0.8954	926.73
7.4	377	2	754	1508	2.3	0.84	0.7027	727.29
7.5	168	3	494	1482	3.3	1.20	0.4868	503.77
7.6	123	4	482	1928	4.3	1.59	0.2825	292.38
7.7	71	5	355	1775	5.3	1.93	0.1533	164.66
7.8	34	6	204	1224	6.3	2.30	0.0710	73.48
7.9	22	7	158	1106	7.3	2.66	0.0291	33.02
8.0	20	8	160	1280	8.3	3.03	0.0115	11.90
8.1	9	9	9	81	9.3	3.28	0.0100	
	3251		-3955	25161				
			+3018					
			- 937					

$$V_1 = \frac{\sum f' d'}{N} = \frac{-937}{3251} = -0.2882$$

$$V_2 = \frac{\sum f' [d']^2}{N} = \frac{25161}{3251} = 7.7395$$

$$V_1'^2 = 0.2882 \times -0.2882 = 0.083$$

$$\sigma = \sqrt{V_2 - V_1'^2} = 0.083 = 0.1 \times \sqrt{7.739} = 0.083 \quad 0.083$$

$$= 0.1 \times \sqrt{7.5635} = 0.1 \times 2.744$$

$$= 0.2744$$

$$M = f_0 + (V_1 \times L) = 7.2 + (0.2882 \times 0.1) = 7.22882$$

$$CV = \frac{\sigma \times 100}{M} = \frac{27.44}{7.23} = 3.79$$

$$E_p = \frac{20}{3} = 0.181$$

$$Q_1 = M - E_p = 7.22882 - 0.181 = 7.04$$

$$Q_2 = M + E_p = 7.22882 + 0.181 = 7.41$$

$$\mu_z = \frac{\sigma}{0.1} = \frac{0.2744}{0.1} = 2.744; \sqrt{\mu_z} = 1.652$$

$$f_0 = \frac{N}{\sqrt{2\pi} \sqrt{\mu_z}} = \frac{3251}{2.506628 \times 1.652} = \frac{3251}{3.14} = 1035$$

$$d = \frac{m - M}{L}$$

Haciendo 3,251 mediciones en personas que varios años solicitaron empleo en las diversas secretarías de Estado hice la siguiente elaboración estadística. La sangre que se les tomó a esas personas destinada a la práctica de reacciones serológicas era en parte separada para las observaciones de medición de diámetros mediante el sistema de difracción.

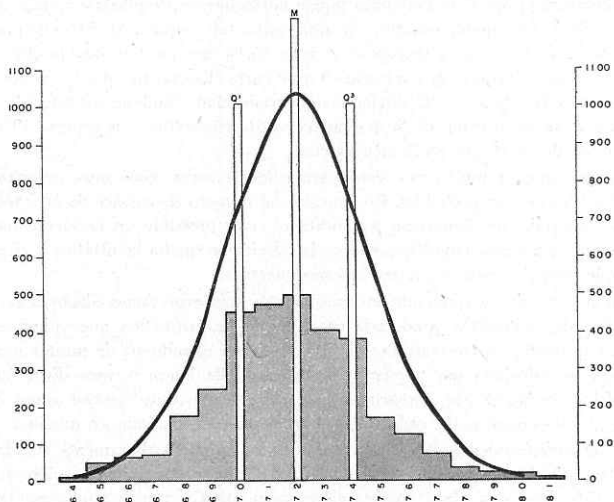
Explicación de las gráficas: En la primera columna tenemos una serie de cifras que va del número 6.4 hasta el número 8.1. Esto indica la medida en micras, ejemplos: 6.4 significa 6 micras y 4 décimas (la apreciación en décimas de micra

sólo es posible usando el método de difracción como ya se indicó antes). A su vez cada cifra significa el punto medio (m) de una medición y el intervalo entre cada punto medio es de 0.1 (una décima de micra).

En la columna que sigue anotamos las frecuencias (f), aquí está diríamos concentrado todo el esfuerzo del trabajo. Un ejemplo: entre 3,251 casos, 244 tuvieron un promedio de diámetro de sus hematíes de 6.9 micras. De inmediato vemos que la mayor acumulación de frecuencias está en 7.2 micras, aquí hay

GRÁFICA 2

DIAMETRO DE LOS HEMATIES EN LOS HABITANTES DE LA ALTIPLANICIE MEXICANA



495 casos entre los 3,251. El histograma que veremos en una proyección posterior nos ilustra objetivamente y sin ninguna modificación teórica estas acumulaciones de frecuencias. Precisamente esa clara acumulación en 7.2 nos permite poner nuestro punto medio (0) en ese lugar, lo que constituye una diferencia arbitraria. Y así disponemos que los números (esta vez teóricos y arbitrarios) sean del 1 al 8 negativos correspondientes a las cifras de 7.2 y hasta 6.4. Y de 0 a 9 positivos entre 7.2 y 8.1 micras. A partir de esta columna se hicieron las concentraciones para la elaboración del sistema bioestadístico que elegí que es

el sistema de los momentos de Paul Elderton; este sistema es sencillo y exacto y se presta admirablemente para trabajos de esta índole.

La cuarta columna (fd^1) es el producto de las frecuencias por la diferencia arbitraria. Y así la quinta columna que es esta cifra de frecuencias por la diferencia arbitraria al cuadrado. Y estas operaciones nos sirven para determinar los momentos.

Así tenemos que el V_1 es la fórmula: suma de fd^1 entre el número de frecuencias. El momento v_2 es la suma de los factores $f(d^1)^2$ entre el número de frecuencias. Esto nos permite determinar sigma, que es la desviación media cuadrática. La desviación media cuadrática nos indica si un fenómeno tiene desviaciones muy amplias o muy cortas, o sea que en una curva de acumulación de frecuencias el ápice de esa curva puede normalmente desplazarse mucho a los lados o poco. En nuestro estudio, con una sigma tan pequeña 0.2744 claramente nos está indicando que el fenómeno es muy fijo y que no hay una posible desviación amplia sino que al contrario es muy corta. Eso mismo más o menos nos expresa la cifra de C.V (Coeficiente de variabilidad) símbolo introducido por Pearson y que en función de la desviación media cuadrática nos expresa el tanto por ciento de la media aritmética efectiva.

Y esta sigma también nos sirve para calcular otras cosas muy importantes como son los errores probables. En función del número de casos y de las características especiales del fenómeno nos indica el error probable un factor de oscilación y por esta razón también nos sirve la desviación media cuadrática y el error probable para determinar las desviaciones cuartiles.

En pocas palabras podemos interpretar así estas expresiones algebraicas.

La media aritmética ponderada no es la media aritmética que vulgarmente se hace sumando las frecuencias y dividiéndolas en el número de puntos medios sino que es calculada por nuestro procedimiento de los momentos. Esta media aritmética verdadera (la llamaríamos así) nos da un dato preciso como diferencia de promedios entre cada uno de los datos y la mediana (o media).

La desviación media cuadrática (algunos le llaman bárbaramente standard) se halla influida por los valores de cada uno de los datos. La desviación media cuadrática tiene una clara significación matemática y puede emplearse en el cálculo algebraico. Es la medida que es menos influida por las fluctuaciones de los datos. En el estudio de la curva normal teórica, sobre todo en lo que se refiere al cálculo del error hace esta medida de un valor inapreciable.

El error probable tiene clara significación en la distribución de frecuencias en una curva normal teórica. Halla el error probable su mejor aplicación como índice de confianza en medidas cuantitativas.

Y de todas las medidas es la desviación media cuadrática la más general de todas y a la que debe recurrirse cuando se desee obtener gran exactitud en los cálculos de bioestadística.

Las cuartilas expresan (siempre en función de sigma) la oscilación normal del fenómeno.

La expresión (d) es la diferencia efectiva del fenómeno y naturalmente con el auxilio de la desviación media a cuadrática.

Esta diferencia se calcula con los puntos medios, la media aritmética entre el intervalo del fenómeno, en este caso 0.1 de micra.

La expresión μ_2 es otro de los métodos de Elderton, sigma entre el intervalo y volvemos a ver la importancia de la desviación media cuadrática.

Nos sirve la cifra μ_2 para calcular los puntos medios de la curva normal teórica o sea una curva que nos daría la determinación de millones de casos.

Exactamente en nuestro estudio encontramos que el diámetro de los hematíes en la altiplanicie mexicana es ligeramente más pequeño de la media que nos dan otros investigadores para personas que viven en lugares bajos. Esas cifras de autores europeos y americanos nos revelan un diámetro medio de 7.7 micras para el hematíe del nivel del nivel del mar. El nuestro es de 7.2 o sea exactamente 0.5 (media) micra menos. Las cuartilas nos indican que debemos encontrar como normales las cifras entre 7.0 y 7.4 micras.

COMENTARIO AL TRABAJO DEL DR. DANIEL NIETO ROARO
"DIAMETRO DE LOS ERITROCITOS HUMANOS
EN LA ALTIPLANICIE MEXICANA"*

DR. LUIS GUTIÉRREZ VILLEGAS

El trabajo del Dr. Nieto Roaro, que acabamos de escuchar, nos presenta un hecho: el diámetro medio de los eritrocitos de la sangre del adulto, habitante de la ciudad de México, es de 7.2 micras, o sea 0.5 micra menor que el diámetro medio de 7.7 micras señalado por diversos autores para el hombre al nivel del mar.

Veamos cómo llegó a obtener este dato:

El número de sangres estudiadas fue de 3,251, procedentes de individuos aparentemente sanos, habitantes del altiplano desde hace largo tiempo o por toda su vida. El material empleado es, por lo tanto, adecuado desde el punto de vista de ser representativo del grupo humano estudiado y de estar suficientemente estabilizadas sus constantes fisiológicas en el medio ambiente de vida.

El procedimiento de medición elegido para realizar la observación es adecuado, puesto que su sensibilidad permite apreciar diferencias hasta de una décima de micra, exactitud mayor que la dada por los microscopios ópticos, aunque menor que la de los electrónicos.

El método difractométrico empleado por el autor, fue aplicado por primera vez por Tomas Young, en 1813, a la medición de pequeños objetos, y posteriormente, en 1918, Pijper, utilizando el mismo principio ideó un aparato que utilizó para medir el tamaño de las bacterias y el diámetro de los eritrocitos. Otros investigadores idearon aparatos similares, basados en la difracción y así tenemos, en 1927, el eriómetro de Emmons; en 1929, el halómetro de Eve; y, en 1933, el eritrómetro de Bock.

En 1940, Russell Haden hizo fabricar por Hausser el eritrocitrómetro que lleva el nombre de ambos y que el Dr. Nieto Roaro utilizó para efectuar sus mediciones.

Con este aparato se obtiene en una forma rápida y fácil la medición del

* Leído el 28 de marzo de 1962.

diámetro eritrocitario, lográndose en una sola lectura la cifra del diámetro medio de varios cientos o miles de eritrocitos; lo que permite obtener datos de suficiente valor para dar base a la elaboración de los cálculos estadísticos que tan detalladamente se aprecian en el trabajo.

Sin embargo, no debemos olvidar que los procedimientos de medición difractométrica han tenido como punto de referencia o comparación para el calibramiento de los aparatos, las medidas micrométricas hechas con microscopios ópticos y por otra parte, al medir fracciones tan pequeñas como décimas de micra, debemos tener presentes las posibilidades de deformación artificial del glóbulo rojo, según se trate de preparaciones secas, teñidas o de suspensiones en un medio isotónico.

Es por estos finos detalles técnicos que sería deseable que el doctor Nieto Roaro, hiciera una investigación semejante, siguiendo en todas sus partes el mismo procedimiento que empleó con la sangre de habitantes del altiplano, en individuos que vivan al nivel del mar, pues las cifras que se reportan como normales en ellos, nunca indican el procedimiento de medición que se utilizó.

El tratamiento bioestadístico de los datos obtenidos que hace el Dr. Nieto Roaro, como parte muy importante de su trabajo, nos muestra por una parte, la competencia del autor en esta actividad, ya que utiliza los datos y desarrolla los cálculos con toda atingencia y por otra, comprueba la corrección de sus observaciones y la validez de su conclusión.