

# Una excursión a las aguas termales de Choachí

## Medición de alturas

Si entendemos por clima, como Caldas, no simplemente a la temperatura de un lugar, sino a todo el conjunto de factores, meteorológicos, geográficos, físicos, etc., que pueden caracterizar a una región, no podemos menos de admitir con él que el clima tiene una marcada influencia sobre los individuos, no sólo en cuanto a sus caracteres puramente raciales, sino también en cuanto a su mentalidad y a sus costumbres.

Si es cierto que la influencia del hombre sobre el suelo en que habita es a veces muy grande, no es menos cierto que el suelo influye sobre el hombre, encauzando sus actividades en sentidos a veces perfectamente definidos.

Admitida esta tesis, se explica fácilmente por qué nuestros científicos han tenido predilección por el estudio de la medición de alturas:

Viviendo en una tierra increíblemente quebrada y montañosa, en donde se encuentran a cada paso cimas perennemente nevadas, muy próximas a valles de clima ardiente y típicamente tropical, contemplando siempre en el fondo del paisaje largas cadenas de altísimas montañas, hay razones suficientes para que el hombre, queriendo conocer el suelo, busque los medios de medirlo y de determinar su forma y dimensiones, para que estudie los problemas referentes a la medición de alturas: es por eso que el aporte de Colombia a los estudios altimétricos no es en manera alguna despreciable.

Tres fórmulas poseemos para la medición de alturas o de alturas barométricas, que pueden calificarse de genuina-

mente colombianas, fórmulas todas que por desgracia, aún entre nosotros, son poco conocidas:

Caldas, en medio del aislamiento en que en la Colonia se hallaba Popayán, encuentra una fórmula empírica para determinar la presión atmosférica de un lugar, mediante el punto de ebullición del agua, adelantándose así en varios años a los estudios que luégo realizara en Europa el inmortal Regnault.

Garavito, genio matemático de primera talla, nos da sus "tablas para el uso del hipsómetro" en que incluye su fórmula para determinar en forma muy sencilla la altura del lugar, a partir del dato que aquel aparato suministra.

El Dr. Barriga Villalba, aplicando la fórmula de Caldas, descubre una expresión sencilla y muy exacta para determinar las alturas, a partir del punto de ebullición del agua, directamente, por simples operaciones aritméticas, sin el empleo de logaritmos ni de tablas auxiliares.

Nosotros, los estudiantes de último año de bachillerato, nada esquivos al estudio de tan interesantes problemas, quisimos practicar también la medición de alturas y el trazado del perfil general del camino.

Los resultados de este trabajo, verificado con gran interés por parte de todos nosotros, pueden resumirse en las siguientes líneas:

Principiaremos por enumerar rápidamente las fórmulas y métodos de observación que pusimos en práctica en el paseo:

1.—Ante todo, era natural, habíamos de usar la fórmula de Laplace, tan clásica como exacta, y con este fin llevamos un barómetro de mercurio.

2.—Más interesante, tal vez, que la anterior era para nosotros la fórmula del Dr. Barriga, pues a más de no exigir barómetro, cuyo transporte requiere tantos cuidados, es sencilla, exactísima, de fácil aplicación, y *es colombiana*.

Para la aplicación de ésta y de las dos fórmulas siguientes, llevábamos un hipsómetro, aparato que, aunque corre con el nombre de Regnault, parece que alcanzó a ser ideado por Caldas, que no llegó a publicarlo.

3.—La fórmula de Caldas, que mediante la diferencia de los puntos de ebullición del agua en dos estaciones dife-

rentes, deduce fácilmente el valor de la diferencia de alturas barométricas en ambas estaciones.

4.—La fórmula de Garavito, que aplicada a sus tablas del hipsómetro da en forma muy sencilla la altura del lugar, por una parte, y la del barómetro allí mismo, por otra.

Considerando que, como decíamos atrás, las fórmulas altimétricas colombianas son poco conocidas, ensayaremos una explicación de las dos principales, es decir, de la de Caldas y de la del Dr. Barriga. Principiaremos por esta última:

Si mediante la fórmula de Laplace se determinan las alturas de los lugares de latitud igual en que el agua hierve a 100, 99, 98, 97, 96 . . . ° C., empleando como alturas barométricas de esos lugares las tensiones del vapor de agua que para cada una de tales temperaturas dan las tablas de Regnault, se ve que la diferencia de altura entre los lugares en que el agua hierve a temperaturas que difieren entre sí 1° C., crece según una proporción aritmética. La determinación del primer término y de la razón de ésta se hace experimentalmente.

Las experiencias del Dr. Barriga, realizadas entre Bogotá y Girardot, dieron como primer término de la citada proporción el valor 0.8 m., y para la razón de la misma el de 0.51 m. Como la diferencia de alturas entre los puntos en donde el agua hierve a 99 y 100° C. respectivamente es de 316.3 m., la expresión de la altura de un lugar sobre el nivel del mar será  $h = 316.3 (t-t') + 0.8 + 0.51 (n-1)$ . en que  $t$  y  $t'$  son las temperaturas de ebullición del agua al nivel del mar y en el lugar considerado, respectivamente, y  $n$  representa esa diferencia pero en *décimas de grado*.

Las ventajas de esta fórmula se evidencian al momento:

Suprime el uso del barómetro, aparato cuyo transporte es engorroso y delicado.

Evita el empleo de los logaritmos.

Su manejo es rápido y sencillo.

Es especialmente exacta, hasta el punto de que para Bogotá dio resultados muy superiores a los de la de Laplace, por lo cual la tomamos como base de nuestras observaciones.

Finalmente, sus constantes sirven en una extensión de 3 a 4 grados de latitud y son de fácil determinación. Por lo demás, no es despreciable la ventaja que presenta de no re-

querir el conocimiento de la latitud en que se opera, valor que no siempre puede determinar el aficionado a la determinación de alturas.

*Fórmula de Caldas.*—A partir de las experiencias realizadas en Popayán y sus alrededores, y comprobadas más tarde a lo largo de sus viajes, llegó Caldas a la conclusión de que cuando la altura barométrica desciende 12 líneas (1 pulgada), el punto de ebullición del agua sufre un descenso de 0.974° R. y así, haciendo a su ciudad natal la base de sus experimentos, pues desconocía la altura del barómetro al nivel del mar en estas regiones ecuatoriales, expresó su descubrimiento por la fórmula

$$z = a - \frac{(12 b-d)}{0.974}$$

en que  $a$  es la altura del barómetro en la estación inferior (Popayán),  $b$  es el punto de ebullición del agua allí mismo, dado en grados Réaumur, y  $d$  es el punto de ebullición del mismo líquido en la estación superior. Con una notación un poco más moderna, podría expresarse esto:

$$H' = H - \frac{12 (t-t')}{0.974}$$

Esta ecuación, producto del genio y los desvelos del primer sabio que existió en Colombia, pierde algo su valor —para nosotros— por el hecho de no haber en el sistema métrico una equivalencia exacta de la pulgada.

Podríamos, sin embargo, reducir a las unidades de dicho sistema la fórmula de Caldas, puesto que, de acuerdo con una reducción de pulgadas a centímetros, que hace el Sabio en su artículo titulado “Elevación del pavimento del salón central del observatorio de Santa Fe”, artículo publicado en los números 46 y 47 del “Semanario” y editado nuevamente en el Volumen II, pág. 181 de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, se deduce que el valor de la pulgada que él usaba es de 2.7029052 . . . cms. Como se ve, no es éste un dato exacto, y por eso, para no desvirtuar la fórmula, hemos resuelto plantearla directamente en el sistema métrico:

Las experiencias de Caldas se realizaron en Popayán y en el cerro de Tambores, en donde hierve el agua a 75.65° R. (94.56° C.) y a 71.75° R. (89.69° C.) respectivamente. Las tablas de Regnault (usamos las editadas en 1921 por la oficina de longitudes y sobre ellas basamos nuestros cálculos posteriores) nos dicen que, de acuerdo con esto, la altura barométrica en Popayán es de 623.55 mm., y en tambores 519.28 mm. Tenemos, pues, que la variación de presión es 104.07 mm. y la del punto de ebullición del agua 4.87° C. con lo que el coeficiente será

$$\frac{104.7}{4.87} = 21.3696 \approx 21.37$$

y así la ecuación de Caldas se convierte en

$$H' = 623.55 - 21.37 (94.56 - t')$$

o sea  $H' = H - k (t - t')$

que puede transformarse en  $H - H' = k (t - t')$

o de otro modo  $\Delta H = k \Delta t$

de dónde  $\frac{\Delta H}{\Delta t} = k$

lo que nos dice que la gráfica de la ecuación es una recta.

Es evidente que este resultado está en desacuerdo con las experiencias de Regnault, que admiten fórmulas como la de Biot: o la de Roche modificada por Régnault:

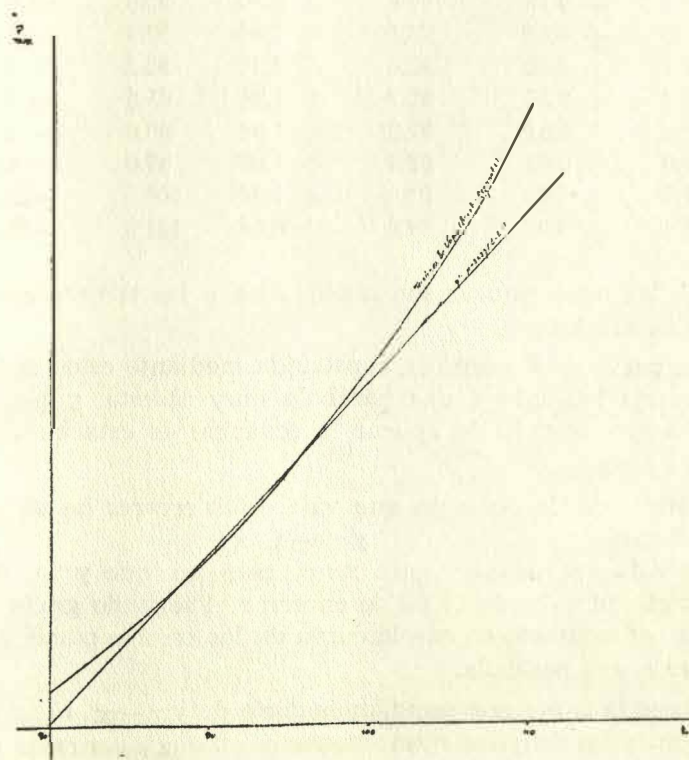
$$P = ab \frac{t+20}{1+m(t-20)}$$

funciones exponenciales ambas, cuyas respectivas derivadas crecen cuando la temperatura se eleva, indicando que la gráfica de las tensiones con relación a las temperaturas, es

una curva cuya inclinación se acentúa cuando la temperatura sube.

Si trazamos la curva de las tensiones de vapor halladas experimentalmente por Régnault, y le superponemos la gráfica de la ecuación de Caldas, veremos que se cortan en  $t=89.56$  y  $t=94.56$ , dando un error positivo máximo para 92.15°C, error que decrece hacia los puntos de sección para hacerse luego negativo y aumentar rápidamente en valor absoluto, a partir de dichos puntos.

Como la variación de los errores parece seguir una marcha regular, se ve la posibilidad de introducir en la fórmula de Caldas términos que hagan nulas, o al menos muy pequeñas, las divergencias entre sus datos y los de la experiencia. La corrección, eso sí, debe ser sencilla, pues de otro modo resulta preferible aplicar las fórmulas de las tensiones de vapor directamente.



Con esta mira, calculamos unos cuantos de los errores de la ecuación de Caldas, entre 85 y 101° C., que son las temperaturas empleadas comúnmente para las valoraciones alimétricas; se obtuvo así la siguiente tabla:

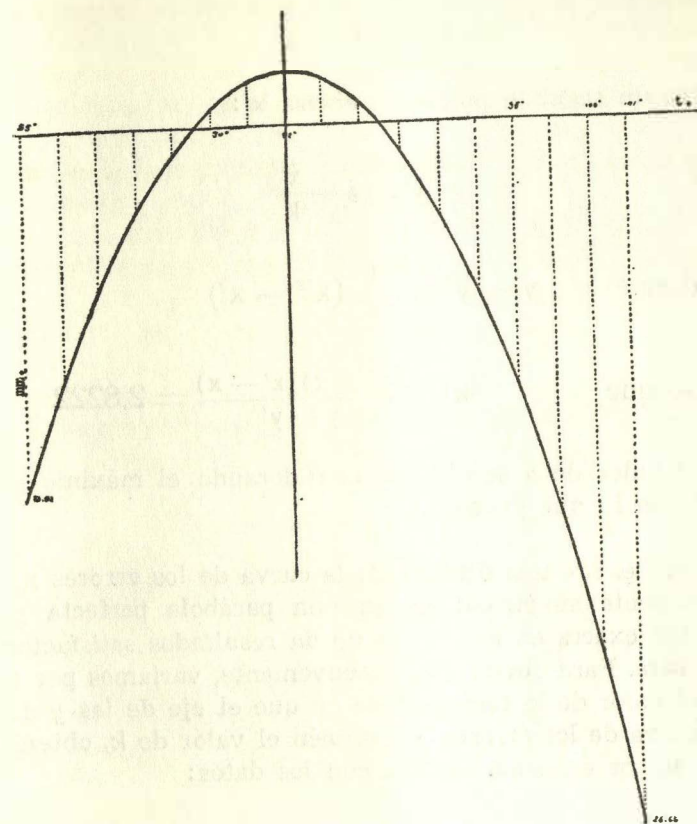
Temperatura	Error	Temperatura	Error	Temperatura	Error
85.0	-13.82	91.5	+ 1.97	94.1	+ 0.71
86.0	- 9.75	91.6	+ 2.00	94.2	+ 0.57
87.0	- 6.26	91.7	+ 2.04	94.3	+ 0.42
88.0	- 3.36	91.8	+ 2.06	94.4	+ 0.27
89.0	- 1.05	91.9	+ 2.07	94.5	+ 0.11
89.1	- 0.86	92.0	+ 2.08	94.6	- 0.06
89.2	- 0.67	92.1	+ 2.09	94.7	- 0.23
89.3	- 0.48	92.2	+ 2.09	94.8	- 0.41
89.4	- 0.30	92.3	+ 2.08	94.9	- 0.60
89.5	- 0.13	92.4	+ 2.06	95.0	- 0.80
89.6	+ 0.04	92.5	+ 2.04	95.1	- 1.00
89.7	+ 0.20	92.6	+ 2.01	95.2	- 1.21
89.8	+ 0.36	92.7	+ 1.98	95.5	- 1.89
89.9	+ 0.51	92.8	+ 1.94	96.0	- 3.22
90.0	+ 0.65	92.9	+ 1.87	97.0	- 6.64
91.0	+ 1.69	93.0	+ 1.80	100.0	-20.40
91.4	+ 1.93	94.0	+ 0.84	101.0	-26.66

en que las temperaturas son centígradas y los errores están dados en milímetros.

La curva de los errores, construída mediante estos datos, se asemeja bastante a una parábola muy abierta, y por lo tanto hemos tratado de aplicar la ecuación de esta curva a nuestro caso.

Ante todo, la ecuación que valore los errores ha de ser de la forma  $y=a-f(x)$  que nos da un máximo para  $x=0$ , caso en que  $y=a$ . Por otra parte, el valor  $f(x)$  ha de encerrar el segundo grado de  $x$  desde el momento en que la curva de los errores pueda asimilarse a una parábola.

Como la curva que estudiamos parte de  $y=-\infty$ , tiene un máximo, para dirigirse nuevamente a  $y=-\infty$ , podemos re-



ducir la ecuación de los errores a la general de esta clase de parábolas, que puede expresarse por

$$y = a - \frac{x^2}{k}$$

ecuación que hace referencia a un eje  $yy'$  que pasa por el máximo, y a uno  $xx'$  que corta a la curva en los puntos de error nulo. La determinación de  $a$  y  $k$  puede realizarse como sigue:

Para un punto de abscisa  $x$ , tendremos la ecuación



$$y = a - \frac{x^2}{k}$$

y para un segundo punto de abscisa  $x'$ :

$$y' = a - \frac{x'^2}{k}$$

de donde  $y - y' = \frac{1}{k} (x'^2 - x^2)$

con lo que  $k = \frac{(x' - x)(x' + x)}{y - y'} = 2.8222$

El valor de  $a$  se obtiene considerando el máximo para  $x=0$  con lo que  $y=a=2.1$ .

Pero existe una dificultad: la curva de los errores no es exactamente simétrica: no es una parábola perfecta y la ecuación exacta en una rama no da resultados satisfactorios en la otra. Para obviar este inconveniente, variamos por tanteos el valor de la temperatura en que el eje de las  $y$  corta a la curva de los errores, y también el valor de  $k$ , obteniendo la mejor ecuación posible con los datos:

$$e = 2.1 - \frac{(t - 92.06)}{2.86}$$

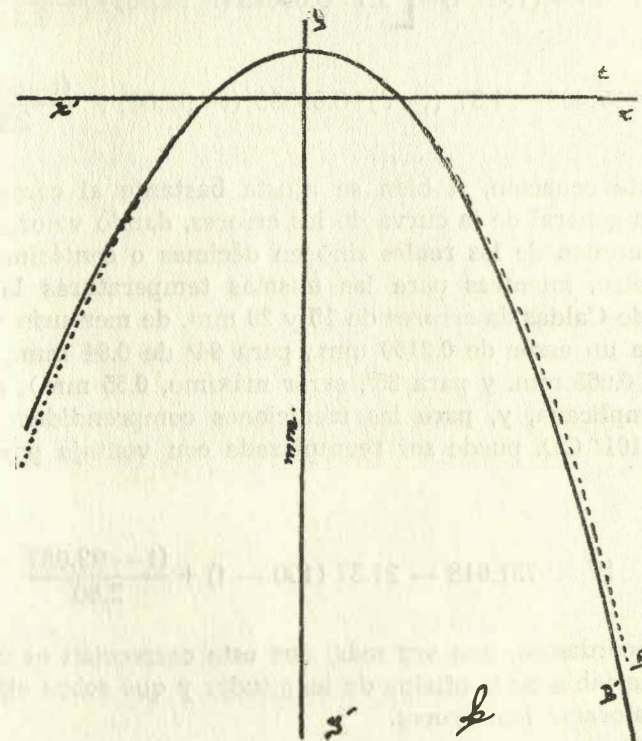
error que ha de restarse siempre de la ecuación de Caldas, que en esta forma se convierte en

$$H' = H - 21.37 (94.56 - t) - 2.1 + \frac{(t - 92.06)^2}{2.86}$$

Sin embargo, la aplicación de esta fórmula no conduce a resultados plenamente satisfactorios: trasformada de manera que se refieran las diferencias de punto de ebullición al mar y no a Popayán, como lo planteó la primitiva ecuación de Caldas, la fórmula se convierte en

$$H' = 739.773 - 21.37 (100 - t) - \left[ 2.1 - \frac{(t - 92.06)^2}{2.86} \right]$$

expresión que da valores algo superiores a los reales hacia  $100^\circ$  C., e inferiores a ellos hacia los 85; es decir, que el gráfico de los errores planteado mediante esta ecuación, es inferior al real en la parte inferior de la rama AC, y superior a él en la extremidad de AB. Si introducimos un tercer término de corrección en la fórmula, el término  $-bx$ , cuando



do  $x$  sea negativo, dicho término será positivo, con lo que los valores de las ordenadas respectivas serán mayores, al paso que serán más bajos en la parte correspondiente a las ordenadas positivas: con esto las curvas están más de acuerdo, o, en otros términos, la corrección se acomodará más exacta-



tamente a toda la extensión de la curva. Si llamamos B' al error real para 100° y B al calculado, se podrá establecer que

$$B - B' = bx$$

de donde

$$\frac{B - B'}{x} = b = 0.09685$$

y en esta forma la ecuación corregida completa se expresa por

$$H' = H - 21.37(100 - t) - \left[ 2.1 - 0.09685(t - 92.06) - \frac{(t - 92.06)^2}{2.86} \right]$$

$$H' = 737.403 - 21.37(t - t') + 0.09585(t - 92.06) + \frac{(t - 92.06)^2}{2.86}$$

Esta ecuación, si bien se ajusta bastante al comportamiento general de la curva de los errores, dando valores que no discrepan de los reales sino en décimas o centésimas de milímetro, mientras para las mismas temperaturas la fórmula de Caldas da errores de 15 y 20 mm. de mercurio (para 100° da un error de 0.2150 mm., para 94° de 0.04 mm., para 87° de 0.065 mm. y para 85°, error máximo, 0.55 mm), es algo complicada, y, para las mediciones comprendidas entre 90° y 101° CD. puede ser reemplazada con ventaja por esta otra:

$$H' = 737.618 - 21.37(100 - t) + \frac{(t - 92.06)^2}{2.86}$$

Recordamos, una vez más, que esta corrección es relativa a la tabla de la oficina de longitudes y que sobre ella deben valorarse los errores.

#### ERROR MEDIO DE LA FORMULA DE CALDAS

El error medio de la fórmula de Caldas entre 85 y 101° C. es la ordenada media de la curva de los errores entre dichas temperaturas, para las cuales  $x = -7.06$  y  $x = 8.94$ .

Para determinarla, se busca el valor de la superficie comprendida entre la curva y el eje de las  $x$  dentro de los límites expresados, y se divide luego por la base sobre la cual descansa esta superficie, con lo que se tiene la altura de un rectángulo de la misma base y la misma superficie, es decir, se obtiene la media real a cuyo alrededor han oscilado los errores. La determinación de la curva se hace integrando la ecuación del error entre los límites citados:

$$A = \int_{x_1}^{x_2} y \, dx = \int_{x_1}^{x_2} \left( a - bx - \frac{x^2}{k} \right) dx$$

lo que nos da el área comprendida (dentro de los límites  $x_2$  y  $x_1$ ) entre la curva y el eje de las abscisas. El error medio tendrá el valor

$$\begin{aligned} e_m &= \frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} \left( a - bx - \frac{x^2}{k} \right) dx = \\ &= \frac{1}{x_2 - x_1} \left[ ax - \frac{x^3}{3k} - \frac{bx^2}{2} \right]_{x_1}^{x_2} \end{aligned}$$

o sea:

$$e_m = \frac{1}{x_2 - x_1} \left( ax_2 - \frac{x_2^3}{3k} - \frac{bx_2^2}{2} - ax_1 + \frac{x_1^3}{3k} + \frac{bx_1^2}{2} \right)$$

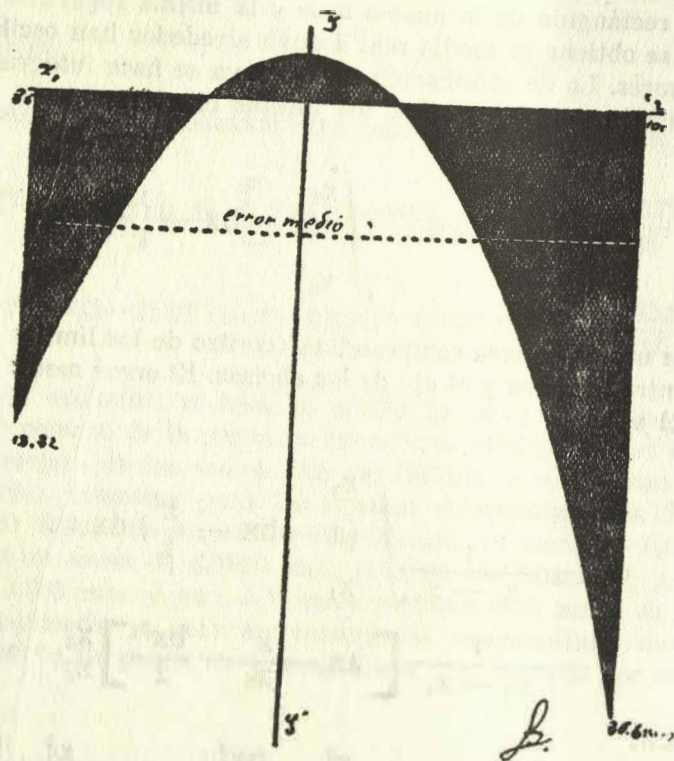
de donde

$$e_m = a - \frac{1}{3k} \left[ (x_2 + x_1)^2 x_2 x_1 \right] - \frac{b}{2} (x_2 + x_1)$$

$$e_m = -5.7594 \text{ mm. de mercurio.}$$

Hemos de disculpar a Caldas por este error, puesto que los conocimientos que por su tiempo había, aun en Europa, relativos a la variación de las tensiones de vapor con la temperatura, eran sumamente imperfectos, y, operando entre lí-

mites estrechos de temperatura, con medidas poco propias como la pulgada, y con aparatos inexactos, como contruídos que eran por él mismo, era casi imposible que hubiera notado que su fórmula no es absolutamente exacta.



Esa misma frase suya "No difiere, pues, el cálculo de la observación sino 1.4 l. y no hay barómetros que no den entre sí mayores diferencias" y su relato de la discrepancia existente entre los barómetros de Bouguer, el suyo y el de Humboldt en la misma ciudad de Popayán, muestran bien claro que todo el error radica en los aparatos imperfectos que se veía obligado a emplear.

Desde dos puntos de vista puede admirarse el invento de Caldas: en el terreno moral es de un valor incalculable y unánimemente reconocido, pues es el drama de una inteligencia superior en lucha con la frialdad científica de nues-

tra tierra y con la carencia absoluta de todo instrumento propio para los estudios naturales.

Desde un punto de vista puramente físico, el valor real del invento de Caldas no radica tanto en los resultados numéricos que su fórmula suministre, sino en el descubrimiento *racional* del principio que Régnault publicó *más tarde*, a partir de una ingeniosa experiencia suya, *como dato empírico*; y por eso, después de haber anotado el error que encierra la fórmula del Sabio, admiramos una vez más su mentalidad de genio que lo llevó a dominar todas las ciencias naturales que estuvieron al alcance de su mano; porque Caldas fue físico, astrónomo, botánico, zoólogo, escritor, ingeniero, y, en una palabra, fue cuanto en su época y forzando nuestro atrasado medio podía ser un hombre.

## CALCULOS

### I.—Determinaciones en Bogotá.

A las 12 h. 50 m. del de mayo se hicieron las determinaciones de altura correspondientes a Bogotá, primeras de la serie que habríamos de verificar. Se contó con los siguientes datos:

Presión dada por el altímetro, 560 mm.

Presión dada por el barómetro de mercurio: 563 mm.

Temperatura ambiente en el salón del barómetro: 16.15°C.

Punto de ebullición del agua (hipsómetro) 91.8°C.

La fórmula del Dr. Barriga da

$$h = 316.3 (t-t') + 0.8 + 0.51 (n-1) = 316.3 (100-91.8) + 0.8 + 0.51 (82-1).$$

$$h = 2635.747 \text{ m.}$$

Obtenido este dato, se hizo corresponder en el altímetro la presión de 560 con la altura obtenida, quedando con esto listo para todo el curso del paseo.

La Academia Colombiana de Ciencias da en el Vol I, pág. 418 de su Revista el valor de 2636.5 m. como altura del

Colegio de S. Bartolomé. Como nuestro dato no difiere sino en 74 cm. del dato de la Academia, podemos considerar esta altura como especialmente exacta.

*Fórmula de Caldas.*—Bajo este título daremos los valores obtenidos mediante la fórmula de Caldas expresada en el sistema métrico, y luégo los obtenidos con la fórmula corregida.

Fórmula de Caldas:  $523.55 - 21.37 (94.56 - 91.8) = 564.5$  mm.

Fórmula corregida:

$$737.18 - 21.37(100 - t) + \frac{(91.8 - 92.06)^2}{2.86} = 562.508 \text{ mm.}$$

La tabla de la oficina de longitudes da 562.51, valor del que el primer resultado difiere en 2.06 mm. y el segundo en 0.002 mm.

Fórmula de Garavito:

$$z = (2396.3 - 11.4) \left[ 1 - \frac{2(t' - 30)}{1000} \right] = 2605.03 \text{ m.}$$

Fórmula de Laplace:

$$z = 1839 \left( 1 + 0.002837 \times \cos. 9^\circ 11' 50'' \right) \left[ 1 + \frac{(t - t')}{1000} \right] \log. \frac{H}{H'}$$

$$z = 2632.06 \text{ m.}$$

Para  $H'$  empleamos el valor dado por el barómetro de mercurio, después de hecha la corrección de temperatura. Dicho valor fue:

$$H_0 = \frac{H'}{1 + kt} = \frac{564}{1 + 0.00018 \times 16.15} = 561.37 \text{ mm.}$$

No habiéndose hecho determinación especial alguna en el páramo de Ubaque, se tomó la media aritmética de las dos

observaciones del altímetro a la ida y la vuelta, obteniéndose como altura aproximada 3.163 m.

*Determinaciones en Ibáñez.*

El altímetro indicaba una presión de 611.5 mm. y una altura de 1.890 m. El punto de ebullición del agua allí es de  $94.1^\circ \text{ C.}$

con esto se obtiene:

Fórmula del Dr. Barriga:

$$h = 316.3 (100 - 94.1) + 0.8 + 0.51 (59 - 1) = 1.904.21 \text{ m.}$$

Fórmula de Caldas:  $H' = 523.55 - 21.37 (94.56 - 94.1) = 613.72$  mm.

Fórmula de Caldas corregida:

$$737.18 - 21.37 (100 - t) + \frac{(t - 92.06)^2}{2.86} = 613.09 \text{ m.}$$

El primer resultado envuelve un error de 0.71 mm., y el segundo de 0.08 mm.

Fórmula de Garavito:

$$z = (1711.6 - 11.4) \left[ 1 + \frac{2(17 + 30)}{1000} \right] = 1863.42 \text{ m.}$$

Presión atmosférica: 613.01 mm.

*Determinaciones en Santa Ana.*

Altímetro: presión 579 mm. Altura, 2.335 m.

Barómetro de mercurio, 585 mm. Temperatura ambiente,  $17.2^\circ \text{ C.}$

Hipsómetro:  $92.3^\circ \text{ C.}$

Fórmula del Dr. Barriga:

$$h = 316.3 (100 - 92.3) + 0.8 + 0.51 (77 - 1) = 2.485.07 \text{ m.}$$

Fórmula de Caldas:  $H' = 523.55 - 21.37 (94.56 - 92.3) = 575.254$  mm.

Fórmula corregida:

$$H' = 737.718 - 21.37 (100 - 92.3) + \frac{(92.3 - 92.06)^2}{2.86} = 573.17$$

lo que indica un error de 2.07 mm. para la primera fórmula y de 0.01 mm. para la segunda.

Fórmula de Laplace:

$$z = 18393 (1 + 0.002837 \cos 2\alpha) \left[ 1 + \frac{2(17 + 28)}{1000} \right] \log. \frac{760}{582.06}$$

en que 582.06 es la altura barométrica reducida a 0° C.

Fórmula de Garavito:

$$z = (2246 - 11.4) \left[ 1 + \frac{2(17 + 30)}{1000} \right] = 2488.5 \text{ m.}$$

Presión atmosférica: 573.18.

*Determinaciones en Choachí (Hotel Termal).*

Aneroide: Altura, 1.859 m. Presión, 619.5 mm.

Hipsómetro, 94.3° C.

Fórmula del Dr. Barriga:  $h = 316.3 (100 - 94.3) + 0.8 + 0.51 (57 - 1) = 1.832.16$  m.

Fórmula de Caldas:  $H' = 623.55 - 21.37 (94.56 - 94.3) = 617.994$  mm.

Fórmula corregida:

$$H' = 737.718 - 21.37 (100 - 94.3) + \frac{(t - 92.06)^2}{2.86} = 617.66 \text{ mm.}$$

El error en el primer caso es de 0.414 mm. y en el segundo, de 0.083 mm.

Fórmula de Garavito:

$$Z = (1652.6 - 11.4) \left[ 1 + \frac{2(20 + 30)}{1000} \right] = 1805.32 \text{ m.}$$

Altura barométrica, 617.58 mm.

**LUIS M. BORRERO,**

Preparador de física y química y estudiante de bachillerato de este Colegio Mayor.

---

**NOTA.**—El presente estudio, en que se plantea una corrección a la fórmula de don Francisco José de Caldas, debía aparecer en esta Revista con el título "Algo sobre la fórmula de Caldas; medición de alturas en el camino de Choachí", mas por haberse corregido e impreso las tres primeras páginas de acuerdo con el original suministrado a la Dirección y sin revisión de las pruebas por parte del autor, debe corregirse el título que lleva y además, en la línea 17 de la página 312, el término **proporción** por **progresión**.

**N. de la D.**