

ENSAYO DE UNA MEMORIA

SOBRE

UN NUEVO MÉTODO

DE MEDIR

LAS MONTAÑAS,

POR MEDIO DEL TERMÓMETRO, Y EL AGUA HIRVIENDO ?

SEGUIDA

DE UN APÉNDICE

Que contiene algunas observaciones muy importantes y útiles para la mejor inteligencia de dicha Memoria ;

POR D. FRANCISCO JOSÉ CALDAS.

BURDEOS,

EN LA IMPRENTA DE LAWALLE JÓVEN Y SOBRINO,

PASEO DE TOURNY, N.º. 20.

1819.

NOTA.

Por una casualidad llegó á mis manos una copia de esta Memoria á la que, por haber padecido algo del *Comagen*, fué preciso llenar algunos claros de lo que habia devorado; pero temiendo que el original que se dirigió al célebre Mutis, haya tal vez padecido la suerte que la mayor parte de los trabajos de este sabio, me he resuelto á publicarla, para honrar la memoria de este desgraciado Americano, cuya muerte temprana y trágica, nos ha privado de sus trabajos y descubrimientos. Yo espero que se conocerá su mérito y lamentará su pérdida, por la idéa que este corto rasgo da de sus luces y talento: motivo por el que he puesto á continuación las longitudes y latitudes que se expresan, de la carta que levantó del camino de Malbucho; y una relacion de sus trabajos y observaciones en los mas de los lugares de la Nueva Granada, extractada de otros papeles que llegaron igualmente á mis manos. ¡Ojalá llegasen los mismos trabajos, que verian tambien la luz pública, y no quedarian en el olvido, ó usurpados, como lo temo!

ENSAYO DE UNA MEMORIA

SOBRE

UN NUEVO MÉTODO

DE MEDIR LAS MONTAÑAS

Por medio del Termómetro.

1. **E**N un pequeño viaje (1) que hizimos al Volcan de Purace, distante cinco leguas al E. de Popayan, por reconocer sus bocas, elevacion, término de la nieve permanente en esta latitud, muchas vertientes de aguas minerales, y plantas; no tuve acontecimiento mas feliz, que romper un Termómetro por la extremidad del tubo. Sí: este fué el fruto mas precioso de esta expedicion, porque él fué la causa de que naciesen en mi alma, ideas que de otro modo nunca se habrian excitado.

(1) El autor de este viaje fué D. Antonio Arbolcda, jóven de luzes, y amante de los conocimientos útiles. Nos acompañó D. Juan José Hurtado, que jo anima igual espíritu. Gastamos ocho dias asistidos con magnificencia nada comun, y auxiliados con quanto quisimos. Formamos una *Memoria sobre el Volcan de Purace*: ella contiene la determinacion de la vegetacion à 2°. 20'. de lat. boreal; reflexiones sobre este particular: el analisis de dos fuentes minerales: la descripcion de ellas: de dos cascadas: nuestras observaciones geodésicas: conjeturas sobre las erupciones del Volcan: y en fin, la descripcion de un número considerable de plantas.

2. Restituido á Popayan sin mas Termómetro que el que acababa de romper, con el dolor de ver interrumpida una serie de observaciones comenzadas, traté de hacer útil lo que me quedaba de este instrumento. El término del hielo, me decía, aunque ha quedado invariable, es preciso que baje á causa del mercurio, que se ha de derramar cuando le hierva; pero nosotros gozamos de la nieve todo el año, y es fácil obtener el término inferior de mi escala. En mis primeras reflexiones, creí que el calor del agua hirviendo me daría con igual seguridad el término superior. Sin profundizar mas sobre la verdad de estos principios, tomo agua de lluvia con precaucion, la hiervo, sumerjo mi Termómetro, dejo que evacue todo el mercurio superabundante, le cierro, y creo tener un extremo de mi nueva escala. Hago venir nieve, la machaco, y envuelvo en ella la bola del Termómetro: señalo él punto en que se detiene, y pienso que no faltaba ya otra cosa, que dividir el espacio contenido entre estos dos puntos en 80 partes, si queria la escala de Reaumur, y en 180, si la de Farenheit. Pongo en ejecucion mi pensamiento, hallo unos grados demasiado pequeños, comparados con los que tenia el Termómetro ántes de romperse. El calor de la atmósfera de Popayan, tan conocido para mí por mis anteriores observaciones, crece; y habria creído cualquiera desnudo de este conocimiento, que esta Ciudad tenia el temperamento de Neiva ó Mariquita. Concluí en general, que habia error en los extremos de mi escala, y que era necesario profundizar la materia. ¿Ambos puntos, el hielo y el calor del agua estarán afectos de alguna correccion precisa que he omitido? Tendrá la nieve mas frio en la vecindad de la linea? Resucitará la opinion de que el hielo es mas frio en razon de la latitud? Yo habia tenido cuidado de sumergir mi Termómetro muchas veces en la nieve ántes de que se rompiese, y siempre habia bajado exactamente al término de la congelacion. No podia pues

concluir nada contra la invariabilidad del término inferior. Por el contrario, mis observaciones sobre este objeto confirmaban su sijeza de un modo mas victorioso que las del Dr. *Martine*. Este Físico (1) habia visto solamente que el hielo era igualmente frio á 56°. 20'. y 52°. 30'. de latitud boreal, entre quienes no hay mas diferencia que 3°. 48'. Pero mis trabajos en este género prueban que mi Termómetro que señala 0., en Lóndres á 51°. 30. de latitud, se detiene en el mismo punto á 2°. 24'. de latitud, cuando se le sumerge en el hielo, y acabo de ver, que lo mismo sucede en Quito á 13'. de latitud austral. El hielo es pues igualmente frio bajo de la linea, que á 51°. 30'. de latitud boreal: en un pais bajo, como Lóndres: á 800, toesas en Popayan, y á 1600 sobre el mar en Quito: en unos paises tan diferentes por su clima, y por sus producciones, que parecen los extremos.

3. Si tenía ideas claras, y hechos que demuestran el término del hielo, habia pensado muy poco en el del agua hirviendo. Desde entónces conocí, que el error de la escala se acumulaba sobre el término superior, y traté de adquirir nociones exactas sobre él, como las tenía del inferior. Bien presto ví, que aunque el calor del agua hirviendo es constante, supone igual presion atmosférica: que aumentándose ó disminuyéndose esta, se aumenta ó disminuye el calor del agua: y en fin, que yo obraba á 800 toesas sobre el nivel del mar, y con solo la presion de 22p. 10^l. 9. elevacion del mercurio en Popayan, en lugar de 28, que se requieren para obtener el término superior de una buena escala. Era, pues, preciso aumentar el espacio entre los dos puntos fundamentales, tanta cantidad, cuanta corresponde á 5p. 1^l. 1. de mayor presion sobre el agua. ¿ Pero sobre qué principios debia esta-

(1) Física experimental de M. Sigaud, t. 3, p. 195.

blecer mi cálculo? Muy poco, ó nada se ha escrito; diré mejor, ha llegado á mis manos sobre este particular. Todos los Físicos, todos los artistas, cierran sus Termómetros cuando el Barómetro está á 28^p. y Dé-Luc adopta la altura de 27 como mas general en las ciudades de Europa. La única luz, y esta escasa, que tenia, era un pasaje de M. Sigaud de la Foud(1); del Dr. Martine, dice: « Este Físico ha experimentado, que » la elevacion, ó descenso del mercurio, siendo de una pulgada » en el Barómetro el calor del agua cociendo, varia algo » menos de dos grados segun la escala de Farenheid ». La expresion *algo menos*, que no asigna una cantidad determinada, me arrojaba en la incertidumbre, y en la imposibilidad de poder verificar en mi Termómetro el término superior de la escala, sin pasar á un lugar bajo, en que ascendiese mi Barómetro á 28^p. La necesidad era urgente, y no podia hacer un viaje costoso por solo este interes. Dirigí todas mis fuerzas, á ver si podia verificar mi escala sin salir de Popayan.

4. Dos grados de Farenheid hacen 0°. 888 de Reaumur ¿ Será acaso el *algo menos* del Dr. Martine las dos últimas cifras de la fraccion antecedente? Quiero creer que esta es la cantidad que asigna este Físico; quiero por ahora calcular con solo 0°. 8 de Reaumur, por una pulgada del Barómetro y será... $12^{\text{l.}} : 0^{\circ}, 8 :: 5^{\text{p.}} 1^{\text{l.}} 1^{\text{s.}} = 61^{\text{l.}} 1 : \frac{61,1 \times 0^{\circ} 8}{12} = 4^{\circ} \text{ B.}$

Debo, pues, conforme á este cálculo; añadir 4°. 73 al término superior que de el calor del agua en Popayan, y la unidad que debe servir para verificar esta cantidad le hallo
80°. - 4°. 0 73 = 75, 927.

(1) Física experimental, t. 3, p. 89.

Por consiguiente debo dividir en el mío, el de Popayan, el espacio comprendido entre el hielo y agua hirviendo en 75,927, y este es el calor que tiene este fluido á la presion de 22P. 10^l. 9.

5. Tales fueron los resultados de mis combinaciones, resultados que no contentaban mi escrupulosidad. Ellos eran el producto de dos números que aun no conocemos bien. La elevacion media del mercurio en el Barómetro al nivel del mar bajo del equador, y en sus inmediaciones, y lo que aumenta ó disminuye el calor del agua por una pulgada de este instrumento, son cantidades inciertas.

6. A pesar de las observaciones hechas en Portobelo, en Panamá, Manta, Guayaquil, por los astrónomos Codin Bouguer, de la Condamine, Juan, Ulloa, quedamos en la incertidumbre sobre la altura del Barómetro al nivel del mar entre los trópicos. El tiempo que se mantuvieron estos sabios sobre nuestras costas, fué muy limitado, y el resultado de sus observaciones vario. Si reflexionamos sobre sus escritos, si nos tomamos el trabajo de compararlos, y tenemos presente el estado de nuestros conocimientos en aquella época, hallarémos, que las variaciones son mayores en los lugares bajos, y mucho menores en el clima de las montañas; que sus determinaciones van desde 27p. 11^l. hasta 28p. 1^l 1/2, que en 1735, y 36, no se pensaba en disminuir la columna del mercurio dilatada por 27, por 28, y muchas vezes por 29 grados de calor en la escala de Reaumur, que es bien dudoso se haya tomado la precaucion de no deducir la altura media de la suma de todas las observaciones, partida por su número, método que ha expuesto á muchos á los mayores errores, y que ha inutilizado tantos trabajos preciosos; y en fin, que su elevacion media es la indicada por Barómetro simple y único, y nunca por mu-

chos tubos de diferente densidad y calibre. ¿ Qué desconfianza no deben inspirarnos estas reflexiones ! Esta materia la he tratado con mas extension en una *Memoria sobre la elevacion media del mercurio entre los trópicos al nivel del mar.*

7. Aun es mas dudoso el otro dato de mi cálculo , y si he de hablar con la ingenuidad propia de un amante de la verdad , mi fraccion $0^{\circ} . 8$ por $12^{\circ} . 4$ del Barómetro es una adivinanza. De estos principios , que se me presentaban con toda la fuerza de su verdad , concluí que el calor del agua en Popayan era incierto , y que era preciso buscarle de un modo directo , é indispensablemente de toda suposicion.

8. Aquí habria acabado la lucha con mi escala , si hubiera hallado un Termómetro que sustituir al primero. Las observaciones comenzadas , se iban á inutilizar , y he aquí un poderoso motivo que me anima : duplico mis esfuerzos , leo los pocos Físicos que tengo , y comienzo á meditar con seriedad. Un dia , revolviendo en mi espíritu todas las ideas expuestas hasta aquí , quiero volver sobre mis pasos para aclararlas , y tomo un camino inverso. « El calor del agua hirviendo es proporcional á la presion atmosférica : la presion atmosférica es » proporcional á la altura sobre el nivel del mar : la presion » atmosférica sigue la misma ley que las elevaciones del Barómetro , ó hablando con propiedad , el Barómetro no nos » enseña otra cosa , que la presion atmosférica : luego el » calor del agua nos indica la presion atmosférica del mismo » modo que el Barómetro : luego puede darnos las elevaciones de los lugares sin necesidad del Barómetro y con » tanta seguridad como él » ¿ Será este un verdadero descubrimiento ? ¿ Habré adivinado en el seno de las tinieblas de Popayan , un método que estará hallado , y perfeccionado por algun sabio Europeo ? O por el contrario , ¿ seré yo el primero ¿ quien se hayau presentado estas ideas ? Siendo tan claras ,

¿se habrían ocultado á Reaumur, Delisle, Farenheid, Deluc, y Suncio? El libro mas reciente que tengo es Sigaud, le consulto de nuevo, no hallo nada que se parezca á mi teoría. Indica, es verdad, un método de medir las alturas por el Termómetro, pero ¡qué diferente! ¡qué imperfecto! ¿Habria suprimido el del calor del agua, si hubiera sido conocido al tiempo que escribia? Por lo menos concluyo, hasta esta época no se ha pensado en él. La simplicidad de los principios, la claridad de las ideas, me inspiraban, á pesar de estas reflexiones, una gran desconfianza. ¿Es posible, me volvia á preguntar, que se hayan ocultado estas pequenezes, á unos hombres tan grandes? Es verdad que la historia nos presenta ejemplos que no se pueden leer sin humillacion. ¿Quien creyera que los antiguos que poseyeron el arte de hacer el vidrio, no alcanzaron á usar de él para defenderse del aire y del frio, sin privarse de la luz? ¿Que los Peruanos que erigieron unos edificios que hacen nuestra admiracion, no supieron formarse unas ventanas? Puede ser que á estos sabios, ocupados siempre de grandes objetos, se hayan escapado estas ideas. ¡Qué dudas! ¡Qué suerte tan triste la de un americano! Despues de muchos trabajos, si llega á encontrar alguna cosa nueva, lo mas que puede decir es; *no está en mis libros*. ¿Podrá algun pueblo de la tierra llegar á ser sabio, sin una acelerada comunicacion con la culta Europa? ¡Qué tinieblas las que nos cercan! ¡Pero ah! ya dudamos, ya comenzamos á trabajar, ya deseamos. Esto es haber llegado á la mitad de la carrera. ¿Cual es ese genio bienhechor, que nos ha conducido hasta este término? Mutis llega á nuestras costas, la luz raya sobre nuestro hemisferio, levanta el grito, y despierta á este mundo aletargado. Ilustre sabio, yo os veo en este momento cercado de una gloria, que vuestros mas implacables enemigos no os podian arrebatár. Mutis nos trajo las primeras nociones de las ciencias. Si aun no somos sabios, no es culpa vuestra, todo

se debe imputar á nuestra pereza , y á esa funesta adhesión á nuestras antiguas preocupaciones. Si correspondiendo á vuestras miras paternales seguimos, la gloriosa carrera que nos habeis abierto ; si hacen progresos las ciencias entre nosotros ; si alguno quiere reproducir en el nuevo mundo á Montaña, Bailli, Andres, si se escribe la historia literaria de la América, Mutis estará al frente , Mutis será el Padre de nuestras luces. Yo me desvío sin advertirlo , he dado con el objeto de mi amor, y de mi delirio. Mis paisanos , los jóvenes que aspiran á la sabiduría , querrian que olvidando la materia de este ensayo de Memoria , se convirtiese en el panegírico del autor de sus luces. ¡ Qué objeto ! ¡ qué héroe ! Tiemblo, no me atrevo á tocarlo. Las cenizas de Fontenelle y de Tomás, los genios sucesores de estos sabios , reclamarían sus derechos : no quiero disputarlos : pongo en sus manos un material que no es digno de las mias : me contento con no ceder á ninguno de ellos en mi amor , y con hablar del agua hirviendo , y del Termómetro.

9. Sean conocidas ó nuevas , yo debo perfeccionarlas , me decia , debo consultar la experiencia. Si lo primero, tendríamos un ejemplo de que una misma verdad , se presenta al mismo tiempo á muchos : compararíamos los trabajos del Europeo con los del hijo de Popayan , veríamos los caminos que han seguido , sus resultados , y tal vez unos corregidos por los otros , perfeccionaran esta teoría. Aun cuando haya salido perfecta de las manos del primero, no habria perdido mi trabajo. Mis observaciones , en este caso , serian unos hechos , que la confirmen , probáran que es general, que bajo la línea , á pequeñas latitudes , en todas las elevaciones , los resultados son iguales á los de la zona templada , y que no influyen en ella, ni la distancia , ni el clima. Si lo segundo , ¿ no es , decia , no es una pereza reprehensible abandonar una materia , que puede tener resultados importantes ?

10. Estas reflexiones me inspiran un valor superior á los obstáculos que me rodean, me hacen tomar la resolucion de trabajar en cuanto esté de mi parte. Pero ¿ por donde debo comenzar? ¿ Qué principios deben guiarme en mis indagaciones? Solo, aislado, sin luzes, sin libros, sin instrumentos, mi mano debe formar, yo he de ser el criador de cuanto necesite para poder dar un paso en los trabajos proyectados. El primero debe ser una observacion del calor del agua en Popayan con un Termómetro exacto. ¿ Qué dificultad! Aun no he comenzado, ya estoy detenido en mis trabajos. Nada me acobarda: indago con el mayor cuidado, y de todos modos, si existe alguno en Popayan, ¡ y en qué manos! Descubro dos, el uno de espíritu de vino, que no me podia servir; el otro de mercurio hace el objeto de mis deseos: lo consigo sin dificultad, era de Dollond, cerrado en Lóndres: examino el término del hielo, y lo hallo exacto: no puedo sujetar á igual exámen el término superior, y lo sapongo bien establecido: divido el espacio fundamental en 80.º: le adopto un *Nonio* que subdivide en diez partes cada grado: tomo agua de lluvia, la hiervo, sumerjo el Termómetro, avivo el fuego, el mercurio se detiene, se fixa en 75º, 7: salto de contento: ¡ qué cerca de mis primeras conjeturas! (1) Mis ideas se comienzan á confirmar por la experiencia. Depongo por este momento mis escrúpulos: adopto 28.ª del Barómetro al nivel del mar, y 80º. del Termómetro por calor del agua á esta presion: conozco que este es de los 75, 7 á 22.ª 10, 9 en Popayan: emprendo el cálculo de lo que debe variar por una pulgada en el Barómetro: obro así. (2)

(1) Véase el num. 4., de este ensayo. (2) Tomando un numº. redondo, por que 0º. 1 de mas es despreciable en nuestro caso y complicaria el cálculo sin fruto.

$$28^{\circ} - 22^{\circ} \cdot 11^l = 5^{\circ} \cdot 1^l = 61^l.$$

$$80^{\circ} - 75^{\circ} \cdot 7 = 4^{\circ} \cdot 3.$$

$$61^l : 4^{\circ} \cdot 3 :: 12^l : \frac{12 \times 4^{\circ} \cdot 3}{61} = 0^{\circ} \cdot 8$$

grados de x o — en el Termómetro de Reaumur por 12^l. de x o — de — en el Barómetro : ¡ que bien habia adivinado el *algo menos* del Dr. Martine ! (1)

11. Con este resultado , comienzo un cálculo inverso : emiendo conocer por él , y por el calor del agua en Popayan la altura del Barómetro que le corresponde

$$0^{\circ} \cdot 8 : 12^l :: 4^{\circ} \cdot 3 : \frac{4^{\circ} \cdot 3 \times 12^l}{0^{\circ} \cdot 8} = 64^l = 5^{\circ} : 4^l \cdot 28^{\circ} -$$

5^p. 4^l. = 22^p. 8^l. altura del mercurio en el Barómetro que corresponde á Popayan. No difiere de la que indica este instrumento , sino en 2^l. 9. Este resultado tiene una precision superior á mis esperanzas ; pero no me satisface : resucitan mis escrúpulos , mis dudas se aumentan . ¡ Cuantos principios de error se presentan á mi imaginacion ! La impureza del agua , la forma de la vasija , la altura del Barómetro en nuestros mares , el exponente , la escala , y sobre todo mi poca práctica en este género de experiencias , me afligen ; me avergüenzo de mi flojedad , me reprendo : entro en nuevas reflexiones : para remover obstáculos , distingo los que me parecen invencibles , de los que no lo son ; solo queda la altura del Barómetro en el mar , entre los primeros : los segundos no exigen sino paciencia y trabajo para desaparecer.

12. A este tiempo un amigo (2) quiere que le acompañe á

(1) Vease el n.º. 4.º.

(2) El Dr. Dn. Manuel Maria Arboleda , Vicario general del Obispado de Popayan.

una bella casa de campo, que posee en las faldas de la famosa cordillera de los Andes, y situada á muchas toesas sobre el nivel de Popayan. No pierdo esta ocasion : manifiesto á mi amigo mis ideas, hallo las mas favorables disposiciones en él, y animados del mismo zelo, partimos con nuestros instrumentos. ¡ Qué actividad, que constancia la del compañero de mis trabajos ! No se desdena de hacer los oficios mas penosos, y humildes. A pesar de la educacion bárbara que se le dió en su juventud, ha sabido sacudir las preocupaciones; conoce el camino de la verdad, trabaja con utilidad propia, y de sus compatriotas. Libros, instrumentos, luzes, he aquí el objeto de su ambicion. ¡ Cuanto debo á este amigo generoso ! La mitad de la gloria, si alguna merecen estos pequeños trabajos, á él le pertenece. Estoy seguro, que á no haberme auxiliado con su persona, y con sus bienes, estarian ya mis ideas sepultadas en el olvido. Faltaria á las leyes del reconocimiento, si no le diera este testimonio de mi gratitud y amor.

13. Hacemos muchas experiencias en Poblason (1) : subimos á un cerco inmediato nombrado Buena-vista, observamos el calor del agua; los resultados son aproximados y tienen el mismo grado de precision, que el hallado para Popayan. Nuevas pruebas de la incertidumbre de la altura media del Barómetro en el mar. ¡ Qué elemento tan necesario para mis indagaciones ! ¡ Cómo asegurarse, cómo saber con exactitud la altura de esta columna sobre nuestras costas ? O verificarla bajando á ellas, ó dirigir el cálculo de modo que no exija este principio : tomo este camino, y el modo de ejecutarlo es el siguiente.

(1) Este es el nombre de la casa de campo de mi amigo á 3 leguas al E. de Popayan.

14. Hago á Popayan el centro de mis operaciones : fijo la altura media del mercurio en esta ciudad , de un modo escrupuloso y seguro : determino el calor del agua destilada en su nivel , por repetidas experiencias : refiero á este mis observaciones , y destierro de mis cálculos el principio de 28^p. al nivel del mar. Cuando por nuevas y exactas observaciones , conozcamos este principio fundamental, no tendrédmos sino aplicarlo, sin alterar en nada los resultados de mis observaciones.

15. Los cálculos relativos al nivel de Popayan con el exponente 0^o, 8 me manifiestan que es preciso aumentarlo, y resuelvo un viaje á la cordillera. Rectifico de nuevo mis instrumentos : destilo agua que sujeto á las pruebas de la solucion de plata (*nitrate de plata*) y de mercurio (*nitrate de mercurio*) y provisto de lo necesario, parto el 22 de Julio de 1801.

16. Antes de exponer los resultados de mis trabajos sobre esta famosa cadena de montañas , es preciso saber, que la altura del Barómetro en Popayan por mis últimas observaciones hechas con el mayor cuidado, es de 22^p. 11^l, 2 : es decir, 0^l. 3 mayor que la que asignamos anteriormente , y que el calor del agua á esta presion es 75^o, 65 de la escala de Reaumur.

17. En un sitio nombrado *Las Juntas*, hago mi primera observacion. El Barómetro se sostuvo aqui en 21^p. 9^l, 0, 14^l. mas bajo que en Popayan : hiervo el agua ; el licor del Termómetro se detiene en ella á 74^o, 5 : calculo el exponente por esta observacion.

Altura del Barómetro en Popayan.	22 ^p . 11 ^l , 2.	Calor del agua	75 ^o . 65
En las Suntas.....	21. 9, 0	.....	74 50
Diferencias	1 ^p . 2 ^l , 2	.....	1 ^o . 15

$$1^p. 2^l, 2 = 14^l. 2 : 1^o, 15 :: 12^l. : \frac{12 \times 1^o. 15}{14, 2} = 0^o. 971 \text{ grados}$$

de Reaumur por 12^l. del Barómetro.

18. Subo un poco mas; hago mi segunda observacion en *Paispamba*, pequeña hacienda á 5 leguas al S. de Popayan. El Barómetro se sostiene en 20^p. 9^l. 1 y el calor del agua es de 73^o, 5.

Altura Barómetro en Popayan.	22 ^p . 11 ^l . 2	Calor del agua.....	75 ^o . 65
En Paispamba.....	20. 9, 1	.....	73. 50
Diferencias.....	2 ^p . 2 ^l . 1	.....	2 ^o . 15
		$12 \times 2^{\circ}, 15$	
		26, 1	
		$2^{\text{p}}. 2^{\text{l}}, 1 = 26^{\text{l}}. 1 : 2^{\circ}, 15 :: 12^{\text{l}}. :$	$\frac{12 \times 2^{\circ}, 15}{26, 1} = 0^{\circ}. 988 \text{ grados}$

del Termómetro de Reaumur por 12^l. del Barómetro.

19. Mi alegría fué extrema al ver el resultado de esta segunda observacion. ¡Qué conformidad en el exponente! no difiere del primero sino en 0^o, 017 milésimas, cantidad que no la puede indicar el mas delicado instrumento.

20. Animado por unos resultados tan felices, doy un paso mas: subo á un cerro al E. de Paispamba llamado *Sombrosos*: el Barómetro se mantiene en 19^p. 6^l. 05: el agua 72^o, 4.

Altura del Barómetro en Popayan.	22 ^p . 11 ^l . 20	Calor del agua.....	75, 65
En Sombrosos.....	19. 6, 05	.....	72, 40
Diferencias.....	3 ^p . 5 ^l . 15	.....	3, 25

grados del Termómetro de Reaumur por 12^l. del Barómetro.

21. He aquí un resultado acorde con los antecedentes; he aquí tres observaciones que demuestran, que mas de nueve décimas de un grado en el Termómetro de Reaumur de x o' — en el calor del agua, corresponden á 12^l. del Barómetro.

22. Resuelvo subir mas; llevo á la cima de otro cerro llamado

Tambores. El Barómetro se mantiene aquí á 18^{p.} 11^{l.} 6 : el agua es 71^{o.} 75.

Altura del Barómetro en Popayan.	22 ^{p.} 11 ^{l.} 2	Calor del agua.....	75, 65
En Tambores.....	18. 11, 6		71, 75
Diferencias.....	3 ^{p.} 11 ^{l.} 6		3, 9

$$3^{p.} 11^{l.} 6 = 47^{l.} 6 : 3^{o.} 9 :: 12^{l.} \frac{12 \times 3^{o.} 9}{47, 6} = 0^{o.} 983 \text{ grados del}$$

Termómetro de Reaumur por 12^{l.} Barómetro.

23. Me lleno de satisfacción al ver este último número, se disipan mis dudas, me confirmo en la incertidumbre sobre la altura del Barómetro en el mar, y conozco que mas de nueve décimas es el exponente verdadero; que la presión que indica el Barómetro no se distingue de la que da el calor del agua; y en fin, que mis ideas están comprobadas por la experiencia.

24. Emprendo un nuevo trabajo: combino las mas satisfactorias: las elijo con prudencia, y con precaucion, pues se trata de fijar un exponente que ha á ser el fundamento de todos los cálculos posteriores: tomo las observaciones de las Juntas y de Sombreros, y calculo de nuevo el exponente.

Altura del Barómetro las Juntas...	21 ^{p.} 9 ^{l.} 00	Calor del agua.....	74, 60
En Sombreros.....	19. 6, 05		72, 40
Diferencias.....	2 ^{p.} 2 ^{l.} 95		2, 02

$$2 \cdot 21, 95 = 26^{l.} 95 : 2^{o.} 2 :: \frac{12 \times 2^{o.} 0}{26, 95} = 0^{o.} 979 \text{ grados del}$$

Termómetro de Reaumur por 12^{l.} del Barómetro.

25. Hago lo mismo con las observaciones de Paispamba y Tambores.

Altura del Barón. en Paispamba..	20P.	9 ^l ,	1	Calor del agua.....	73o.	5o
En Tambores.....	18.	11,	6	.....	71.	75
Diferencias.....	1P.	9 ^l ,	5	.....	1o.	75

$$1P. 9^l. 5 = 21^l. 5 : 1^o. 75 :: 12 \frac{12 \times 1^o, 75}{21, 5} = 0^o. 976 \text{ grados del}$$

Termómetro de Reaumur por 12^l. del Barómetro.

26. No podemos ya dudar, que mas de nueve décimas es el exponente verdadero. Fijemos de una vez este elemento suspirado. Reuno en una suma los seis resultados, parto por el número de ellos, y el cociente 0^o, 974 es el número que buscamos, expresa la cantidad de x y — en el Termómetro de Reaumur por 12^l. del Barómetro.

27. Ya estamos en el caso de resolver el problema. *Dado el calor del agua hirviendo de un lugar, hallar la elevacion del mercurio en el Barómetro, que le corresponde, y su altura sobre el nivel del mar.*

28. Como el exponente 0^o, 974 : á 12^l. :: así la diferencia del calor del agua del lugar con el de Popayan, por ahora, ó con el del mar cuando se conozca : á un número de pulgadas, lineas etc. del Barómetro que se quitarán si el lugar está sobre, y se añadirán si está debajo del nivel de Popayan : con el mar siempre se quitarán de su altura. Ensayemos aplicar estos principios.

29. El calor del agua en Tambores es 71^o, 15: se pide la altura del Barómetro, que le corresponde.

Calor del agua en Popayan.....	75,	65
En Tambores.....	71,	75
Diferencia.....	3,	90

$$0^{\circ}, 974 : 12^{\circ} : 3^{\circ}, 96 \frac{3^{\circ}, 9 \times 12}{0^{\circ}, 974} = 48^{\circ}, 05 = 4^{\circ}, 0^{\circ}, 05. \text{ Como}$$

Tambores está sobre el nivel de Popayan, resto este resultado de la altura del Barómetro en esta ciudad.

Altura del Barómetro en Popayan..... 22. 11, 20

Resultado..... 4. 00, 05

Residuo..... 18. 11, 15 altura del Barómetro en Tambores.

Comparémos el resultado del cálculo, con la observacion que hice sobre esse cerro.

Altura del Barómetro en Tambores..... 18p. 11^l, 60

Altura del Barómetro calculada por el calor agua..... 18. 11, 15

Diferencia..... 00p. 00^l, 45

30. No se puede desear mayor exactitud. Si queremos una expresion general de este cálculo, sean

a = la altura del Barómetro en Popayan, ó el mar

b = calor del agua en los mismos lugares

c = el exponente

e = 12 lineas

d = calor del agua en un lugar qualquiera.

z = altura del Barómetro en él:

$$\text{Valdrá á } x \frac{b - d x e}{c} = z \text{ para Popayan.}$$

$$a - \frac{b - d x e}{c} = z \text{ para el mar.}$$

31. Bajo de estos principios he calculado las alturas del Barómetro que corresponden á los lugares en que he observado el calor del agua, como llevo referido, y de otros en que observé á mi regreso á Popayan. La tabla siguiente presenta de

una ojeada los lugares, calor del agua en la escala de Reaumur y de Farenheid, las alturas del Barómetro observadas, y las mismas calculadas por el calor del agua con las diferencias entre unas y otras.

LUGARES.	CALOR DEL AGUA T. R.	CALOR DEL AGUA T. Farenh.	ALTURAS DEL BARÓMET. observadas.	ALTURAS DEL BARÓMET. calculadas por cal. agua.	Diferenc.
Popayan.....	75°, 65	202, 21	22P. 11, 2		
Juntas.....	74, 50	199, 62	21, 9, 0	21, 9, 04	+ 0, 04
Paisanaba...	73, 50	197, 37	20, 9, 1	20, 8, 72	- 0, 38
Sombreros...	72, 40	194, 90	19, 6, 05	19, 7, 15	+ 1, 10
Tambores....	71, 75	193, 43	18, 11, 6	18, 11, 15	- 0, 45
Estrellas.....	73, 30	196, 97	20, 7, 0	20, 6, 25	- 0, 75
Poblasou.....	74, 30	199, 17	21, 6, 9	21, 6, 59	- 0, 31
Buenavista...	73, 80	197, 05	21, 1, 15	21, 0, 5	- 0, 65

32. Siete observaciones del calor del agua, siete alturas del Barómetro calculadas por ellas, y comparadas con las observaciones, que no difieren sino en cantidades, que nuestros instrumentos no nos pueden indicar, que en seis, no llega el error á una linea, y en otra no pasa de 11, 1 anuncian un modo seguro para medir las elevaciones de los lugares sin el auxilio del Barómetro:

33. Este era el estado de mis trabajos, cuando me fué preciso pasar á Quito, por intereses particulares. Me alegraba de una ocasion que se me iba á presentar para poder multiplicar mis observaciones, en niveles tan diferentes, como tienen los paises que era preciso atravesar. A pesar de los deseos que me animaban de ponerlas en práctica, no pude hacer sino tres: la una en el Valle abrasador de Patia; la otra en Pasto;

y la última en Quito. Aun estas no se habrían verificado, sin el socorro de un amigo (1) zeloso é ilustrado, que era mi único compañero de viaje. No puedo dejar de nombrarle, como una muestra de mi reconocimiento. La pequeña tabla siguiente, presenta de un golpe los resultados.

LUGARES.	CALOR	CALOR	ALTURAS	ALTURAS	Diferenc.
	DEL AGUA T. R.	DEL AGUA T. de Far.	DEL BARÓMET. observadas.	DEL BARÓMET. calculadas por el ag. hir.	
Herradura...	78, 50	208, 62	25. 11, 85	25. 10, 31	- 1, 54
Pasto.....	73, 60	197, 60	20. 9, 85	20. 9, 95	x 0, 10
Quito.....	73, 05	196, 30	20. 2, 00	20. 3, 18	x 1, 18

34. La llegada del Señor Baron de Humboldt, se acercaba: espero con impaciencia á este jóven sabio por salir de mis dudas. Con su trato me confirmo, en que la altura media del mercurio al nivel del mar en la vecindad del Ecuador es dudosa, y que absolutamente ignoramos, el calor del agua en el mismo. Manifiesto mi método, pregunto si es nuevo. Cree este sabio, á primera vista, que Suncio habia trabajado bajo de esta idea: ve sus manuscritos, y me contesta, *Suncio no ha pensado como V. en agua hirviendo: sus trabajos se han limitado al temple de la atmósfera: asigna 640 pies de altura por un grado en el T. y yo he observado que va muy bien este expediente en el pico de Teide cuando el dia es sereno, y no se obra en lugares elevados. Desde este momento entro en posesion de este, si se puede llamar pequeño descubrimiento. ¡ Qué diferencia del método de Suncio al mio! ¡ qué imperfecto el primero! ¡ qué precario! Suncio no es sino el perfeccionador de*

(1) El D. D. Toribio Miguel Rodriguez, Abogado en Quito.

las ideas de Heberden, ideas expuestas á los mayores errores, casi impracticables, y que exigen el juicio, y la prudencia de un físico experimentado para poderlas aplicar con suceso. ¿Cómo es posible, que el temple de la atmósfera variando hasta el infinito sobre un mismo nivel, en que influye el lugar, la reflexion, un viento, una nube, la hora, pueda servir con firmeza para determinar la elevacion? Aun quando se supongan dos observadores, que de convenio observen al mismo momento; ¿cuantas causas locales, y particulares á cada estacion alterará el licor del Term? ¡Qué raro! ¡qué difícil hallar un dia perfectamente sereno! Y solo esta circunstancia, ¡qué limitado hace el metodo de Heberden y de Sacio! Por el contrario, el del agua hirviendo presenta toda la comodidad, toda la precision que se puede apetecer. Que sea el tiempo sereno, nublado, frio, caloroso, con viento, que el observador esté á cubierto, ó expuesto, el agua hirviendo indicará siempre en el Termómetro un calor proporcionado á la presion.

35. Por otra parte: el exponente 640 pies por un grado en el Barómetro es un exponente relativo á la altura, y es menester variarlo en los lugares bajos, en los medios, en los elevados, sin lo cual estaria el método expuesto á los mas groseros errores, y en contradiccion con la teoria. Este exponente constante, es lo mismo que si le diésemos uno al Barómetro, como lo hace Paulian, asignando 12 toesas de altura por una linea de menos en este instrumento. Es preciso no estar iniciado en la física, para admitir un principio tan erróneo. Los trabajos hechos en Quito á principios del siglo pasado, hacen ver, que en la elevacion de Caraburin, ya es necesario subir 17 toesas para que el Barómetro baje una linea. Yo pienso que todo exponente constante relativo á la altura, es un absurdo.

36. No se pueden objetar estos defectos á mi exponente. El

es relativo á la presion, aumenta la altura en donde se disminuye esta, es relativo al Barómetro, y todas las indagaciones sobre la ley y la progresion, que conviene á este instrumento, se acomodan y convienen al calor del agua, pues ambos no tienen otro fundamento, que la presion atmosférica. El señor Baron de Humboldt á quien he manifestado una parte de mis ideas, creyó que mi exponente tenia los mismos defectos que el de Suncio; pero meditada la cosa, convino conmigo en esta precisa propiedad de mi exponente que le distingue de todos.

37. Este mismo sabio, me objetó, que el calor del agua variaba á la misma presion hasta un grado. Yo habria suscrito con el mayor gusto, á una autoridad tan respetable, si hubiera autoridad contra la experiencia. Una larga práctica, me ha enseñado, que el calor del agua á igual presion, es invariable, observando con las precauciones convenientes. La autoridad de todos los fisicos apoya mi modo de pensar. De otro modo ¿podia haber Termómetros comparables? ¿No es esta invariabilidad del calor del agua hirviendo á la presion de 28^o. el fundamento del término superior de la escala de todos los Termómetros? Es verdad que á los primeros hervores no ha adquirido el agua todo el calor de que es capaz, pero avivando el fuego, aumentando el hervor hasta su *maximum*, adquiere siempre el mismo calor.

38. Se podia creer que este método exige grandes Termómetros para obtener la presion; pero ya dije lo que la experiencia me ha enseñado en este punto. El Termómetro que he usado en todas mis observaciones, tiene de largo 11 pulgadas 1 línea del pie de Rey, y cada grado en la escala de Reaumur 11 pulgadas 15 líneas, espacio demasiado grande para admitir una subdivision considerable. Por medio de un *Nonio* he dividido

cada grado en 10 partes, y percibo hasta una media décima con la mayor claridad. Los resultados de mis experiencias tienen tal grado de precisión, que las mayores diferencias no pasan de $1 \frac{1}{2}$ líneas en el Barómetro; y esta diferencia, espero que se corregirá con observaciones posteriores, hechas con mas cuidado y mejores instrumentos.

39. He apreciado los errores que se pueden cometer con esta escala, y he hallado, que si el observador es tan poco atento, que llegue á errar en 0°, 1 en el Termómetro, produce solamente 1. 25 en el Barómetro. Si se advierte, que es muy difícil engañarse en esta cantidad, obrando con precaucion y con cuidado, se convendrá en que el método del calor del agua tiene tanta exactitud, y quien sabe si mas, que el Barómetro; en fin, que merece ponerse en práctica.

40. Todos los que tienen alguna práctica del uso del Barómetro, convienen en que es un instrumento de difícil transporte, voluminoso, mucho mas expuesto que el Termómetro, y que el montarlo bien exige mil cuidados y atenciones, de que no es capaz el comun. Solo la purificacion del mercurio, ¿qué inteligencia no requiere? Si añadimos la preparacion del tubo, el modo de llenarlo, purgarlo de aire, la escala, el cálculo de rectification, concluirémos, que este instrumento no puede salir de mano de los fisicos: jamas puede vulgarizarse, y jamas pueden multiplicarse sus observaciones, porque jamas pueden vulgarizarse estos conocimientos. El Termómetro es de poco valor, su transporte cómodo, no hay que purificar, no hay que llenar, no hay que purgar de aire, no exige cálculo de rectificacion; en fin, no necesita como el Barómetro otro instrumento auxiliar para obtener un resultado preciso.

41. Se pueden simplificar de tal modo las observaciones del

calor del agua que el mas ignorante , el menos versado en materia de física pueda por sí solo hacerlas , y calcular las elevaciones. Añadiendo al Termómetro una escala que indique las pulgadas del Barómetro , es inútil el cálculo de reduccion expuesto arriba , y se puede suprimir.

4a. Ya he trabajado sobre esta escala , y en los principios sobre que se debe formar. La fraccion $0^{\circ}, 974$ de la escala de Reaumur equivale á 12^{\prime} . ó á una pulgada del Barómetro. Si se multiplica por 12, 13, 14, etc. hasta hallar un producto sin fraccion , ó con esta , fácil de verificarse con el compas , y se toma en la escala del Termómetro tantos grados como unidades tiene el multiplicador , se tendrán los extremos de la escala del Barómetro. Hagamos mas perceptible este método. El producto de $0^{\circ}, 974$ por 19, es $18^{\circ}, 506$: despreciemos las 6 milésimas como una cantidad infinitamente pequeña é insensible en la práctica : tendrémós que $18^{\circ}, 5$ de la escala de Reaumur , corresponden á 19^{\prime} . del Barómetro. Tomo sobre la escala del Termómetro $18^{\circ}, 5$, los paso á la izquierda desde el término superior hácia abajo ; divido este espacio en 19 partes , y quedan expresadas en el Termómetro las pulgadas del Barómetro : aplico un Nonio que subdivida á estas en 24 partes , y tengo una escala que me da hasta media línea del Barómetro. ¡ Ah! es preciso no haber saludado esta materia , para no suscribir á estos principios ! No hay Barómetro con Barómetro , no hay tubo con tubo. Sus diferencias en un mismo lugar , con el mismo mercurio , la misma escala , llegan hasta $\frac{1}{2}$ líneas : diferencia espantosa , nacida del calibre y de las atracciones , á que no está sujeto el Termómetro ni el método del calor del agua. Conozco las variaciones á que están expuestos los Termómetros cerrados y preparados del mismo modo ; pero comparadas con las del Barómetro , me parece que los resultados son mas uniformes los del Termómetro , que los

del Barómetro. ¡ Ah! si los estrechos límites en que me ha encerrado mi escasa fortuna me hubieran permitido, si los obstáculos hubieran sido menores, yo hablaría ahora de un modo positivo, podría valuar los errores y compararlos; pero no puedo; me han faltado instrumentos, facultades, ocasión.

43. La figura adjunta representa mi Termómetro con la misma extensión que tiene: en ella se ve con la mayor claridad la escala común para el calor, y la que indica la altura del Barómetro. ¿Habríamos unido en un pequeño instrumento los célebres descubrimientos de Drobbel y Torricelli? Los sabios, la experiencia decidirán este problema.

44. Esta no es una Memoria, es un ensayo para formarla. ¡ Cuantos trabajos, cuantas observaciones faltan que hacer para darle la última mano! Cuantas atenciones, que yo he omitido por la escasez de mis instrumentos, son preciso observarlas y practicarlas! Todas las alturas del Barómetro hechas en Popayan, Poblason, Juntas, Tambores, etc. no las he podido corregir de los defectos del frío y del calor, á falta de un Termómetro que me indicase el temple de la atmósfera, al momento que mi único Termómetro me daba el calor del agua. ¿ Quien sabe si las pequeñas diferencias que he hallado provienen de falta de rectificación?

45. Cuando yo pienso, que á poca costa, y en poco tiempo, puede adquirir esta materia todo el grado de perfección de que es capaz, cuando me veo en las inmediaciones del mas bello lugar que se puede hallar sobre la tierra, que parece que la naturaleza le formó con este designio, salgo de mí, y ardo en deseos de verificarlo cuanto ántes. Chimborazo, esta maza colosal, situado por $2 \frac{1}{2}$ grados de latitud austral, cuyas faldas descienden directamente hasta las costas del Pa-

zífico, y sobre quienes corre el camino que une á Quito con el Puerto de Guayaquil, presenta toda la extension y toda la comodidad imaginable para observar el calor del agua desde el término de la nieve hasta el nivel del mar. Si es verdad que el Barómetro se sostiene en aquel á 16 pulgadas, se pueden verificar doce observaciones de pulgada en pulgada hasta las 28, en Guayaquil. Aquí, verificando la altura media y el calor del agua sobre la costa misma, se habrian eebado los fundamentos de una teoría, se habria perfeccionado el método mas sencillo, el menos costoso, y tal vez, el mas seguro, de medir las montañas, y la elevacion de todos los lugares.

46. Las utilidades parecen notorias. Apenas hay Ciudad, apenas hay Pueblo, en que no se halle un Termómetro en manos de algun particular: este es sin contradiccion, el instrumento mas generalizado, y se puede decir, que á cien Termómetros apenas se puede oponer un Barómetro: el método es fácil, la observacion sencilla, y proporcionada al alcance del comun. ¡Qué esperanzas tan lisonjeras concibo, que dentro de un corto numero de años, podemos conocer la elevacion de todos los Pueblos! Este cuerpo de observaciones, ¡qué conocimientos tan extensos nos proporcionará, sobre la forma de los continentes, sobre las corrientes del agua, sobre las misteriosas revoluciones de esta costa del globo que habitamos! Este material puesto en manos de los sabios sucesores de Woodward y de Bafon, producirá una teoría de la tierra mejor fundada, menos poética, mas católica.

47. Cuando por una serie de trabajos, haya comparado el calor del agua destilada con el del agua de lluvia, cuando haya dado la última mano á mi memoria, sobre las precauciones necesarias para hacer este género de observaciones, estaremos en el caso de no necesitar sino de un simple Termómetro,

y de una lluvia, para medir todas las montañas, todos los valles y todos los lugares. Si esta comparacion la hacemos con el agua de fuente, tambien habrá duplicado la comodidad. Si se advierte que la pureza del agua no se necesita para las alturas relativas, no deja qué desear este método. Tantos jóvenes laboriosos, que, faltos de Barómetro, arden en deseos de trabajar; de cuantas observaciones nos enriquezerán! Ya me parece que los veo á todos en movimiento, que tomando sus Termómetros escalan las montañas mas espantosas, que descienden gradualmente al fondo de los valles abrasadores, que se forman nivelaciones de las cuatro partes del mundo, que con ellas se desploman los systemas de unos filósofos, que se erigen sobre sus ruinas otros nuevos, que se levanta un ángulo del velo, y da un paso la Geología. Pero esto es mucho: apenas conocemos el momento presente; qué podemos decir de los futuros? No usurpemos los derechos de la posteridad, aspiremos á merecer su reconocimiento, ó á lo menos que no se nos reprenda de pereza.

APÉNDICE.

No quise perder la brillante ocasion de comparar mis miserables instrumentos con los del señor Baron de Humboldt, y hacer lo mismo con las observaciones verificadas en los lugares que nos eran comunes. Solo en Popayan habiamos observado ambos el calor del agua. Este ilustre viajero habia hallado que el agua llovediza habia hecho subir el licor del Termómetro en esta Ciudad á $203^{\circ}, 3$ de Farenheid, cuando el agua destilada me daba $202^{\circ}, 21$, es decir, casi un grado menos. Me sorprendí al ver tan enorme diferencia, pues el agua de lluvia no puede producir un grado de mas en el Termómetro. ¿Estará el error, me decia, en nuestros instrumentos? Si lo hay, seguramente recae sobre mi Termómetro. Deseando salir de la duda, suplico al señor Baron, me confie el mismo Termómetro que le habia servido en Popayan para su observacion: me concede traerlo á mi casa, lo pongo al lado del mio, deajo que adquirieran la temperatura de mi aposento, y hallo que el del señor Baron está justamente un grado mas alto que el mio. ¿Pero cual de los dos está fuera de la temperatura verdadera? El hielo es el mejor camino que se me presenta para salir de mi incertidumbre. Sumerjo ambos Termómetros en él, y veo con admiracion que el bello Termómetro de Nairne se detiene en un grado sobre la congelacion, y á 33 de Farenheid, cuando el mio bajaba con la mayor exactitud á 0 . de Reaumur, y 32 Farenheid. Por consiguiente es necesario quitar 1° , de los resultados de las observaciones hechas con este instrumento. Así, $203, 3 - 1^{\circ}, 0 = 202^{\circ}, 3$. y quitando $0^{\circ}, 1$ por haber sido con agua de lluvia, quedan nuestras observaciones perfectamente acordes: la del señor Baron será $202^{\circ}, 20$, y la mia $202^{\circ}, 21$. He aquí dos Termómetros de autores de escala de tiempos diferentes, dar el mismo calor, al mismo nivel, cuando nuestros Ba-

rómetros se sostienen bien diferentes. El señor Baron halla que su Barómetro en Popayan se mantiene en 23^p. 3^l, 4: el mio á 22^p. 11^l, 2: y el de Bouguer á 22^p. 10^l, 7, casi cinco líneas mas bajo que el primero. ¿Cual es el Termómetro que, graduado con inteligencia, dé tan grande diferencia? ¡ Ah! parece que la experiencia comienza á confirmar que el calor del agua en diferentes Termómetros, es mas constante, menos variable, que la columna de mercurio en Barómetros distintos.

Otra de las observaciones de este sabio, que confirma de un modo notable mis ideas, es la del calor del agua en Santa Fe. He visto que su Termómetro subió en esta Capital á 198°, 6 de Farenheit: si quitamos un grado de error en el instrumento, quedarán 197°, 6 — 0°, 1 por ser agua de fuente, tendríamos 195, 5 el calor del agua en Santa Fe, que son 73°, 55 de Reaumur. Calculemos con este calor la altura que mi Barómetro debia dar en esta Ciudad

Calor del agua en Popayan	75, 65
En Santa Fe.....	<u>73, 55</u>
Diferencia	2°, 10

$0^{\circ}, 974 : 12 :: 2^{\circ}, 1 \frac{2^{\circ}, 1 \times 12}{0^{\circ}, 974} = 25^{\text{l}}, 8 = 2^{\text{p}}. 1^{\text{l}}, 8$ de menos que en Popayan.

Altura del Barómetro en Popayan.....	22. ^p 11 ^l , 2
—	<u>2. 1, 8</u>
Altura de mi Barómetro en Santa Fe...	20. 9, 40

El año, de 1796, he observado y publicado (Correo curioso) que mi Barómetro se sostenia en esta Ciudad, en su mayor elevacion á 20. 8^l. 0, No difiere pues el cálculo de la observacion sino en 1^l, 4, y no hay Barómetros que no den entre si mayores diferencias.

Lo mismo podemos hacer con Guadalupe. El señor Baroa halló que el calor del agua sobre este cerro es de $194^{\circ}, 6 - 1^{\circ}, 0 = 193, 6 - 0^{\circ}, 1 = 193, 5$ que hace $71^{\circ}, 77$ de Reaumur

Calor del agua en Popayan $75, 65$

En Guadalupe..... $71, 77$

Diferencia..... $3, 88$

$3^{\circ}, 88 \times 12$

$0^{\circ}, 974 : 12 :: 3^{\circ}, 88 : \frac{3^{\circ}, 88 \times 12}{0^{\circ}, 974} 47^{\circ}, 8 = 3^{\circ}, 11^{\circ}, 8$ de menos que en Popayan

Altura del Barómetro en Popayan..... $227, 11, 2$

— $3, 11, 8$

Altura de mi Barómetro en Guadalupe. $18, 11, 4$

En 1796 hallé 19° , justas (Correo curioso) que no difiere de la calculada, sino en $0^{\circ}, 6$. No se puede desear mas exactitud.

Quito Abril de 1802.

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

CARTA

DEL

CAMINO DE MALBUCHO

Desde Ibarra hasta la embocadura del Rio Santiago y Bahía de San Lorenzo, levantada en Julio y Agosto de 1803,

POR D. FRANCISCO JOSÉ CALDAS.

LUGARES.	LATITUDES.	LOGITUDES
		Respecto A QUITO.
† Villa de Ibarra.....	0°. 19'. 42".	0°. 26'. 30".
† Sulinas.....	0. 31. 46.	0. 23. 28.
† Quajara.....	0. 39. 44.	0. 21. 54.
† Malbucho.....	0. 48. 51.	0. 06. 58.
Cachujacu.....	0. 49. 43.	0. 02. 40.
† Licta.....	0. 52. 06.	0. 00. 25.
Lombrizero.....	0. 53. 29.	0. 03. 21.
Alto Tambo.....	0. 54. 39.	0. 05. 55.
Alto Carlos Augusto.....	0. 54. 50.	0. 05. 58.
Tablazonas.....	0. 57. 12.	0. 07. 21.
Guarzo Ventanillas.....	0. 59. 31.	0. 09. 39.
Guarzo Machay.....	1. 00. 13.	0. 10. 30.
Mina de Bogota.....	1. 00. 57.	0. 12. 40.
† San Miguel.....	1. 02. 56.	0. 15. 04.
† Carondelet.....	1. 04. 10.	0. 16. 42.
Porquera.....	1. 01. 12.	0. 20. 00.
Embocadura de Cayapas.....	1. 01. 00.	0. 36. 30.
Palma.....	1. 06. 00.	0. 40. 00.
Vigia.....	1. 11. 00.	0. 49. 35.
Limones.....	1. 16. 00.	0. 42. 24.
San Pedro.....	1. 22. 00.	0. 36. 00.
San Lorenzo.....	1. 15. 25.	0. 29. 40.

Nota.

Esta carta se extiende $1^{\circ} 30'$ en longitud, y $1^{\circ} 5'$ en latitud, desde $0^{\circ} 20'$ hasta $1^{\circ} 25'$ en el hemisferio boreal. Hemos usado de la magnitud del grado que determinaron MM. los Académicos del Viaje al Ecuador, de 56.750, toesas, ó de 132.416 varas castellanas. Las distancias de Ibarra á Malbucho, y de Malbucho á Carondelet, se han medido escrupulosamente á cordel, y hemos hallado en la primera 85.750 varas, y en la segunda 82.699. De Carondelet á la Vijía, que es la parte navegable de este camino, hemos hallado 88.100. Nuestras distancias en esta parte se han deducido de la velocidad de nuestro buque, observada con el mayor cuidado y frecuencia. Tenemos, pues, que la longitud total del camino de Malbucho, desde Ibarra hasta las costas del Oceano Pazífico es de 256.555 varas castellanas, que hacen 51, 3 leguas legales de 5 mil varas cada una, y de 26, 5 al grado. Las declinaciones de la aguja se han observado en todos los lugares en que el sol y las circunstancias nos lo han permitido. Hemos conocido que la declinacion se aumenta por grados casi insensibles en razon de la latitud, y tomando un medio, la hemos establecido generalmente en toda la extension de esta carta de $6^{\circ} 45'$ N. E., atendiendo, que el aumento es de poca consideracion para el intento. Las latitudes de Ibarra, Salinas, Guajara, Malbucho, Lieta, San Miguel, Carondelet y boca de San Pedro las hemos determinado astronómicamente, por alturas meridianas del sol y de las estrellas, con un cuarto de círculo de Im Brid, á doble nomo. Las de los puntos intermedios las hemos deducido de aquellas, combinadas con nuestros rumbos y medidas. Pero merecen tanta confianza como las astronómicas, si se advierte que las mayores diferencias que hemos hallado no pasan de $4''$. La latitud

de Licta deducida de la de Malbucho, de nuestras medidas geodésicas, y de nuestros rumbos corregidos, con $6^{\circ} 45'$ nordeste, es de $0^{\circ} 52' 9'' . 5$; y nuestra determinacion astronómica por muchas alturas meridianas del sol, es de $0^{\circ} 52' 6''$, cuya diferencia $3'' . 5$ no pasa de $4''$. A pesar de haber transportado un telescopio acromático de tres pies, y de hallarse Júpiter separado del sol, no pudimos determinar astronómicamente ningun punto en longitud, porque las nubes siempre nos han robado aquel planeta. Nuestras longitudes son solamente el resultado de medidas y rumbos, combinadas con la de Quito, cuyo meridiano tomamos por fundamento en los trabajos de este género. No delineamos sino lo que hemos visto y recorrido, dejando lo demas en blanco, paraque se pueda distinguir nuestro trabajo, del de los Geógrafos que nos han precedido. Naturalmente se divide este camino en tres partes: la 1^a. alta, desnuda de bosque, y de unos temperamentos suaves, en que el Termómetro de Reaumur no sale de 10° . 20. sobre la congelacion: la 2^a. baja, cubierta de bosque espeso, y elevado, y en que el Termómetro va desde 13° . hasta 21° .: y en fin, la 3^a. casi al nivel del oceano Pazífico, anegadiza, y toda ella navegable: su calor de 19° . — 24° . R. En la 1^a. llueve poco, en la estacion de las lluvias, y nada en los meses de Junio, Julio, Agosto y Setiembre; las explosiones eléctricas 2^a. despues de la culminacion del sol, poquísimo granizo y sequedad. Los mosquitos, zancudos, chinches, pulgas, con alguna abundancia, aunque no tanta como vamos á ver. En la 2^a. llueve con la mayor abundancia casi todo el año: las explosiones eléctricas abundantes y 6^a. despues de la culminacion del sol; ningun granizo, y la humedad sin límites: los mosquitos y zancudos se aumentan algo. En la 3^a. llueve con mas abundancia, las explosiones eléctricas mas frecuentes, mas abundantes, y á 9^a. ó 10^a. de la culminacion: los mosquitos en una abundancia imponderable.

Las producciones naturales de los países que abraza esta costa, tienen un lugar en ella, y hemos escrito su nombre en los lugares en que las hemos visto. Esto á mas de dar una idea de lo físico del país, interesa á la historia natural y al comercio. Como la parte cubierta de bosque de este camino no ha sido frecuentada jamas, se hallan muchos arroyos, altos, etc. sin nombre: hemos creído, que teníamos derecho para ponerlos, como lo hemos verificado. En lugar de tomarlos arbitrariamente, en lugar de llamar á este *Palmar*, á aquel *Zapotal*, por un árbol que se halló aquí, y una palma en aquel, les hemos dado el de los hombres benéficos, patriotas y sabios, que han trabajado en la abertura de este camino, ó en la geografía de nuestros países. No se extrañe, pues, hallar en esta carta los nombres de Caluma, Pose, Bello, Maldonado, Tritz, Maquin, Ulloa y Juan: y sobre todos, los ilustres de Matis y de Pombó (1), bajo cuya dirección y expensas, se ha levantado este trozo interesante de nuestra geografía. El conocimiento de este país, su extensión, naturaleza, posibilidad de atravesarlo, las dudas que tanto tiempo han agitado al Gobierno y á todo buen patriota, disipadas: las esperanzas de un comercio activo, y de una felicidad próxima, afirmadas sobre medidas y observaciones exactas; son bienes que debemos á la ilustración y á la generosidad de estos dos ilustres ciudadanos. Si ellos no nos hubiesen apoyado y provisto de luzes y de buenos instrumentos, el camino de Malbucho y su posibilidad, seria un problema por resolver. ¡Cuanto os debe, almas generosas, la Provincia de Quito! ¡Cuanto el que escribe esta línea! El, inflamado del mas vivo reconocimiento, os la consagra, y suplica la acepteis con la misma hondad, con que le habeis

(1) D. José Ignacio, hijo de Popayan, aveciudado en Cartagena.

protegido. El embarcadero lo hemos consagrado al Presidente Barón de Carondelet, bajo de cuyas órdenes y por cuyo zelo, vemos realizar este camino, que va á hacer la felicidad pública. En fin, el monte mas elevado que se halla en el camino de estos bosques, y que carecía de nombre, lleva el *Carlos Augusto*, bajo cuyo reynado se ejecuta. Quito y Febrero 6, de 1804.

Esta carta debe existir en la Secretaría del Gobierno de Quito, en la Suprema de Indias, y en los papeles de Mutis, á quien es regular mandase Caldas una copia, y quizas á Pombo.

En otro manuscrito de Caldas, consta que describió el curso de los rios Mira, Bogotá (el de la costa) Santiago, y Coyalpa: que sondó el puerto de la *Tola*, y lo estableció en 1°, 24'. latitud boreal: que formó un perfil barométrico desde el oceano hasta las nieves eternas de Imbabura: que fijó los términos del oro, del agua salada, de las mareas, fundado en mas de 300 observaciones barométricas. Estableció la altura del mercurio al nivel del mar, y el calor del agua hirviendo. Estas observaciones las habia seguido hasta 1809, en que tenia las bastantes, para una obra original de la materia.

En 1802, remitió Caldas al señor Mutis una Memoria sobre la *nivelacion de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador*: fruto de su viaje de Popayan á Quito en 1800. De este ensayo habia concebido la idea de formar cartas botánicas de todo el Reyno, en las que se verian los Andes en perfil desde cuatro y medio grados de latitud austral, hasta cuatro y medio de latitud boreal: la altura en que nace cada planta, el clima que necesita, y en cual prospera mejor; para cuya obra tenia las observaciones y datos necesarios.

En Julio de 1802, recorrió los Corregimientos de Ibarra,

y Otavalo, y levantó la carta apoyada en observaciones astronómicas y geodésicas: midió las montañas de Cotagache, Mojanda é Ibarra, y entró al crater de este último volcan. Aquí comenzó á coleccionar los materiales para la *Geografía de las plantas de la Nueva Granada*.

En Junio y Diciembre de 1802, observó los solsticios en Quito para fijar la latitud de esta Ciudad, que miraba como centro de sus operaciones científicas, para deducir la oblicuidad de la Ecliptica, y compararla con la de Jorge Juan, Ulloa, Condamine, etc. Estas observaciones las verificó con un cuarto de círculo, que el Baron de Humboldt dió para él.

Recorrió los bosques de Intac, en solicitud de quinas; levantó la carta; halló la primera especie de quina, y coleccionó ricos materiales para la *Geografía de las plantas*. Visitó el bello y espacioso Valle de Alanci: levantó su carta, coleccionó plantas; vió las reliquias de las famosas pirámides; diseñó los despojos de este monumento desgraciado, y comparó su Barómetro con el de Juan, Ulloa, Condamine, etc. Visitó varios monumentos de los antiguos habitantes de aquellas regiones.

Subió tres veces á Pitchincha: reconoció su cráter inmenso, y á esta prodigiosa elevacion hizo observaciones sobre el calor del agua, presion atmosférica, término constante de la nieve, el de la vegetacion en el ecuador y barométricas, etc. que aumentaron los materiales para la *Nivelacion y Geografía de las plantas*.

En su residencia en Quito, se dedicó á fijar de un modo irrevocable su posicion, por haber grado y medio de incertidumbre en los resultados de los trabajos de los astrónomos del Ecuador. Aunque no pudo lograr la observacion del

eclipse de sol de 1804, ni la ocultacion de Antures por la Luna, en el mismo año, como fenómenos interesantes para las longitudes, puso su atencion en los eclipses de los satélites de Júpiter, y quedó en estado de pronunciar sobre este punto importante de la geografía del Reyno. Las observaciones, cálculos, y resultados los tenia en sus manuscritos, para publicarlos, luego que con vista de las Efemérides de Europa, les diese todo el grado de precision. Estos manuscritos contenian muchísimos trabajos sobre las refracciones de los Andes, y la observacion del último paso de Mercurio por el sol, que logró felizmente en Otavalo.

En 1804, recorrió, Latacunga, Hambato, Riobamba, Alausi, Cuenca, y Loja : levantó la carta de estos países apoyada en observaciones astronómicas y geodésicas : fijó su elevacion sobre el mar ; el calor del agua en ellos, su temperatura, méteoros y plantas. Entró á los desiertos de Pibao, Tagualo, Macuchí, colectó dos quinas y otras plantas, y reconoció los antiguos socabones de las minas del Conde. Se ocupó mucho en la vista de los Andes, y fisonomía de los volcanes. Diseñó, y midió las bellas fortalezas y Palacios de los antiguos Incas, situados en Callu, Tatumcañar, Cucusmada, Zaragura, y otros.

Escaló la terrible montaña de Alausi, en la que adquirió muchos conocimientos, para sus objetos favoritos, geografía, plantas y Barómetro. En Cuenca, rectificó su plano, y topografía : recorrió los bosques de los alrededores y colectó muchas plantas. Recorrió tambien á Cañar, Bueste, Delec, Azogues, Taday, Paute, Gualaceo, Baños, Tarquí. Cinco especies de quinas, centenares de plantas, determinaciones barométricas y astronómicas, la carta y una lápida de los Astrónomos del Ecuador, fueron los frutos de estas correrías.

En Cuenca observó mas de 50 veces de la latitud, y el paso de Thita de Antinoo. Esta observacion era capital, estaba consignada en la lápida, y fué la que decidió sobre la figura de la tierra.

En Loja, se dedicó á su geografía, y determinar su posición, y altura sobre el mar, la temperatura, etc. de esta Ciudad célebre, por la produccion de la mejor quina que conocemos. Urito-Singa, Cajanuma, Malucalos, Ulibamba, y otros departamentos fueron el teatro de sus operaciones astronómicas, y botánicas. En ellos formó los diseños de todas las quinas, que produce Loxa, describiéndolas menuda y escrupulosamente, y formó un hermoso herbario de ellas, que existe en la biblioteca de Mutis, el que sirvió para fijar á este sabio sobre las dudas que tanto han agitado en Europa, las disputas entre los Botánicos de la expedicion del Perú, y D. Francisco Zea, sobre si la Naranjada de Bogota era la misma que la de Loja, y sobre la que aun el señor Baron de Humboldt opinó distintamente, pues al Ex^{mo}. señor Virrey dijo en 7 Noviembre de 1802 que las de Urito-Singa, y otras especies de Loja, eran las mismas que el célebre Mutis describió, y determinó en Santa Fe. A Mutis dijo, que la Naranjada era una variedad de la de Loja; y á Caldas en carta de 30 Septiembre 1802, fecha Trujillo, le dice; *la quina de Loja, la fina, es verdaderamente diferente á la Naranjada lancifolia de Mutis, por el tamaño de los estambres, y los tubérculos axilares.* Lo que excitó á Caldas á recoger todas las noticias, y cuanto pudiese contribuir á este punto interesante.

En 1806, regresó á Santa-Fe, recorrió los montes de Zipacon, Anolaima, Mesa de Juan Diaz, de Limones, Melgar, Cunaday, Pandi y Fusagasuga, para completar sus conocimientos y trabajos en el ramo de quinas, que lo pusieron en

estado de asegurar habia visto vivas, todas las del Virreynato de Santa Fe, en sus mismos lugares nativos. Por los diseños de Caldas, se formaron las grandes láminas que existen en la Flora de Bogota, y Mutis mandó se publicasen en su nombre y el de Caldas.

En el regreso de Quito á Santa Fe, trabajó en los objetos dichos hasta aquí, en Guaca, Fusa, Provincia de los Pastos, Pasto, Popayan, Quilichao, Caloto, cercanías de Caly, Guanacas, Plata, Timana, Neiva, etc., y reconoció las quinas de Guaca, Berrnecos, Popayan, y las bellas de la Ceja, Plata, y Aguabendita. Corrigió la posicion en longitud de Guaca, Guachucal, Santa Lucía, Popayan, Matarredonda, la que hace variar la carta de Maldonado en esta parte.

Tenia escritos dos volúmenes acerca de las costumbres, industria, agricultura, tintes, recursos, poblacion, enfermedades, vicios, letras, etc., de los pueblos que visitó en sus correrías.

El resumen de sus trabajos hasta 1805, se reduce á un herbario de cerca de seis mil esqueletos: dos volúmenes de descripciones: muchos diseños de las plantas mas notables: cortezas de las útiles: algunos minerales: los materiales necesarios para formar la carta geográfica del Virreynato de la Nueva Granada: la carta botánica: la carta zoográfica: los perfiles de los Andes en mas de nueve grados: la altura geométrica de las montañas mas célebres: mas de mil quinientas alturas de diferentes pueblos y montañas, deducidas barométricamente: un gran número de meteorológicas: un volumen de observaciones astronómicas y magnéticas: algunos animales y aves. Todo este material contenido en diez y seis cargas, lo presentó á Mutis, y debe existir en la expedicion botánica de

Santa Fe, pues aunque Caldas lo reclamó despues de la muerte de Mutis, para arreglar los trabajos y publicarlos, no lo consiguió.

El observatorio astronómico, que levantó Mutis en Santa Fe, lo estrenó Caldas, montando los instrumentos, que aun existian en las cajas en que fueron de orden del Rey, y tiró en el una exacta meridiana, y siguió una serie escrupulosa de observaciones, como deben constar en los diarios desde 1805 hasta 1808, en que murió Mutis.

FIN.